

# VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 29 / 2023 / 5 / Oktober

Fakulteta za strojništvo z novo raziskovalno opremo

Razvojni trendi na področju fluidne tehnike

Granulacija odpadnega mulja

Mikrokanalni prenosniki toplote

# OPL

# rexroth

A Bosch Company

## NOVOST

### 7 osni kolaborativni roboti

OPL industrijska avtomatizacija d.o.o.

Dobrave 2, 1236 Trzin, Slovenija

tel.: +386 (0)1 560 22 40

e-mail: info@opl.si



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN  
Hydraulics

Parker

la&co

Control  
Technics  
FESTO



MIEL® omron  
www.miel.si

ppt commerce

OPL

hpe  
www.hpe.si info@hpe.si

OMEGA AIR  
more than air

# ZAVORNE REŠITVE

*Vrhunske zavorne rešitve za traktorje, off-road vozila in prikolice z dvolinijskim sistemom, zasnovane in proizvedene v Sloveniji*

VSESTRANSKOST / VARNOST / ENOSTAVNOST UPORABE / ERGONOMIJA



Ventil za delavno zavoro



Ventil za parkirno zavoro



Ventil za polnjenje akumulatorja



Zavorni ventil za dvolinijski zavorni sistem – traktor



**NOVO**



**Poclain Hydraulics d.o.o.**  
Industrijska ulica 2, 4226  
Žiri, Slovenija  
+386 (0)4 51 59 100

[www.poclain-hydraulics.com](http://www.poclain-hydraulics.com)



# PRODUKTIVNOST, UČINKOVITOST IN DODANA VREDNOST NA ZAPOSLENEGA



V naslovu uvodnika so trije izrazi, ki določajo blaginjo države in naroda ter standard ljudi. A pri nas se te besede zelo redko slišijo pri običajnih ljudeh in tudi pri tistih, pri katerih bi vsebina teh izrazov morala biti glavna in dnevna tema pri samem delovanju – to je v politiki.

Zakaj je pri nas produktivnost dela skoraj za polovico nižja kot v Avstriji? Zakaj je BDP na zaposlenega v standardih kupne moči leta 2021 dosegel 84 odstotkov povprečja EU. V tem letu pa je celo nižji. Zakaj je pri nas prenos znanja iz akademske sfere v industrijo tako nizek? Zakaj je pri nas inflacija višja kot drugod v evrskem območju? Zakaj slovenske univerze padajo na svetovnih lestvicah kakovosti? Zakaj se pri nas vlada največ ukvarja z nevladnimi organizacijami? Zakaj imamo razsuto zdravstvo?

Zaradi izjemnega pomena, ki ga ima področje produktivnosti za nadaljnji harmoničen razvoj naše družbe ob izjemnih izzivih, ki nas v današnjem času čakajo, je bil spomladi leta 2021 narejen **Akcijski načrt za višjo rast produktivnosti**, katerega osrednji avtorji so profesorji na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani in člani Observatorija Združenja Manager.

Kaj je danes po dveh letih in pol s to akcijo? Zakaj se o tem nič ne sliši in zakaj so v tej skupini le ekonomisti in managerji? Zakaj niso tudi strojniki, tehniki in naravoslovci? To so tisti, ki bi s svojim znanjem, z inovacijami, z razvojem novih produktov in izboljšavami v proizvodnji lahko pripomogli k višji produktivnosti.

To so vprašanja, katerih odgovori so v tesni povezavi s standardom neke družbe. Ali se mi in na splošno naši državljani tega sploh zavedamo? Dvomim!

Marsikdo, ki bere te vrstice, pozna odgovore na vsa zgornja vprašanja, kar pomeni, da niso izjemno težka. Zakaj pa naši politiki, tisti, ki so na vladi, ne poznajo odgovorov? Preprosto zato, ker jim ni treba, in še bolj verjetno, ker oni ne vedo, kaj je delo, kaj je podjetje, kaj učinkovitost.

Minister za delo do nastopa te službe še ni bil v rednem delovnem razmerju. Kaj on ve, kaj je produktivnost, še

mного manj, kaj je inovacija, dodana vrednost, podjetje itn. Finančni minister ima reference pri številnih podjetjih, ki jih je on pripeljal v stečaj. Minister za gospodarstvo ima le poklicno šolo. Ministrica za kulturo živi v preteklosti in deluje maščevalno. Itn.

Ali je možno, da ta vlada želi dvigniti produktivnost z javnim razpisom, ki ga je konec letošnjega marca objavilo Ministrstvo za javno upravo in se glasi: **Javni razpis za krepitev državljskih pravic in opolnomočenje nevladnih organizacij na tem področju?** Vrednost celotnega razpisa je približno 10,6 milijona evrov.

Ali pa z razpisom, ki ga je Ministrstvo za obrambo objavilo pred kratkim in pri katerem bosta porabljena dva milijona evrov za propagando služb v slovenski vojski. Zakaj se takšna propaganda ne naredi za inženirje strojništva?

Kaj naj si mislimo o šolstvu, če imamo največ študentov na število prebivalcev, če naši diplomanti študirajo najdlje v Evropi in če kakovost na naših univerzah na mednarodnih lestvicah kakovosti pada, in to drastično. Kakšne so to nevladne organizacije, če jih financira vlada? Samo v tem letu bodo tiste nevladne organizacije, ki se »gredo« politiko, dobile več deset, če ne celo več sto milijonov. Ali je to dvig produktivnosti neke družbe?

Kaj naj si mislimo o zdravstvu pri nas, če politiki govorijo eno, porabljajo milijone evrov, ljudje pa so brez zdravnika in brez specialistov? Ali obstaja statistika o produktivnosti našega zdravstvenega osebja v primerjavi s tujim? Če bi obstajala, bi bil za naše zdravstvo rezultat porazen.

Kaj naj si mislimo o delovnem času pri nas, ki je med krajšimi v Evropi? Pri nas se povprečno dela 37,5 ure na teden. Da pa je zmeda še večja, naši mediji objavljajo, in ne samo naši, da na teden delamo 39,5 ure, kar pa ni resnica.

Kje so tisti časi, pred desetletji, še v rajnki Jugoslaviji, ko smo Slovenci po mednarodnih raziskavah spadali med najbolj pridne narode na svetu? Ko je bilo za naše ljudi delo najpomembnejša vrlina in čast, brezdelje pa sramota.

Dokler ne bo prišlo do politične odločitve, da se produktivnost podjetij in vseh drugih ustanov v javnem sektorju nagrajuje z različnimi stimulacijami, davki in drugimi olajšavami, ne bo izboljšanja. Dokler ne bodo v vladi podjetniki in gospodarstveniki z izkušnjami v praksi, prav tako ne bo izboljšanja.

Do takrat pa bomo nazadovali na več področjih in predvsem na standardu državljanov. In večino, kot kažejo rezultati volitev in referendumov, to ne zanima.

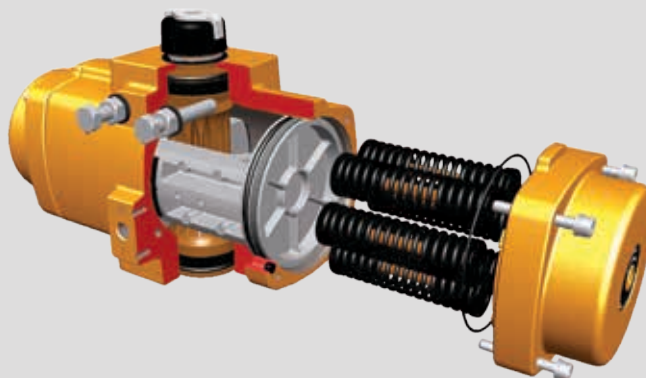
Janez Tušek



  
**EMERSON**<sup>™</sup>  
 Process Management



**EL Matic**<sup>™</sup>



**Field**



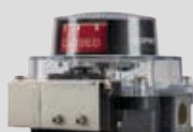
**BETTIS**<sup>™</sup>



 **BIFFI**



**FISHER**



Dantorque

**HYTORK**

**Shafer**

**ppt commerce**

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA  
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

PPT commerce, d.o.o.  
 Celovška cesta 334, 1210 Ljubljana – Šentvid  
 tel. 01/ 514 23 54, fax 01/ 514 23 55, gsm 041 639 008  
 e-mail: info@ppt-commerce.si  
[www.ppt-commerce.si](http://www.ppt-commerce.si)

<b>  OBLETNICA</b>	
30 let Slovenskega društva za fluidno tehniko .....	286
<b>  DOGODKI • POROČILA • VESTI</b> .....	292
<b>Darko Lovrec</b>	
Mednarodna konferenca Fluidna tehnika FT2023 v trendu smeri razvoja .....	294
<b>Janez Tušek</b>	
Obisk sejma Varjenje in rezanje (Schweißen und Schneiden) v Essnu v Nemčiji .....	300
<b>  PREDSTAVITEV</b>	
<b>Tanja Potočnik Mesarić</b>	
Nova raziskovalna oprema za prebojne raziskave in še bolj poglobljeno sodelovanje z gospodarstvom - 1. del .....	226
<b>  NOVICE • ZANIMIVOSTI</b> .....	303
<b>  BIONIKA</b>	
<b>Janez Škrlec</b>	
Potencial bionike za prilagajanje na ekstremna okolja .....	308
<b>  FLUIDNA TEHNIKA</b>	
<b>Franc Majdič</b>	
Razvojni trendi na področju fluidne tehnike .....	312
<b>  PROCESNA TEHNIKA</b>	
<b>Andrej Bombač, Uroš Orehek</b>	
Granulacija odpadnega mulja .....	318
<b>  TOPLOTNA TEHNIKA</b>	
<b>Alessandro Alaia, Edoardo Lombardi, Marco Cisternino, Giacomo Uffreduzzi, Claudio Domenico Arlandini, Tommaso Tirelli, Alberto Tacconelli, Paolo Ambrogiani</b>	
Optimizacija topologije mikrokanalnih prenosnikov toplote .....	324
<b>  AKTUALNO IZ INDUSTRIJE</b>	
Strojne noge z blaženjem tresljajev in krogelni zglobi iz SUPER termoplasta (ELESA+GANter) .....	329
Povratne informacije naredijo rešitve pametnejše (INOTEH) .....	330
Frekvenčni pretvorniki 3G3M1 OMRON (MIEL Elektronika) .....	331
Optični ojačevalnik OMRON-E3X-ZV (MIEL Elektronika) .....	333
Inovativni Coboti za industrijsko avtomatizacijo (OPL) .....	334
Energijsko učinkovit ojačevalnik pretoka SMC ZHV (SMC) .....	336
<b>  NOVOSTI NA TRGU</b>	
Kovinska mehasta sklopka EWM za slepo montažo (ENEMAC) .....	338
Nova »heavy duty« energetska veriga TKHD85 proizvajalca KABELSCHLEPP (INOTEH) .....	339
Paletiranje s prijemalom LBG-50 (INOTEH) .....	340
Najmanjši aktuator easyE-25 iz družine aktuatorjev easyE-line (INOTEH) .....	341
Združitev ležajev Super Smart in gredi 60 Case LinearRace (INOTEH) .....	341
<b>  PODJETJA PREDSTAVLJAJO</b>	
Cevne črpalke Ponndorf (HENNLICH) .....	342
Zajem in uporaba ogljikovega dioksida (CO <sub>2</sub> ) s sistemi OMEGA AIR (OMEGA AIR) .....	344

# 30-LETNICA SLOVENSKEGA DRUŠTVA ZA FLUIDNO TEHNIKO (SDFT)

Anton Stušek

Praznujemo 30 let od ustanovitve SDFT. Kot prvi predsednik društva, želim mlajše članstvo spomniti na izhodišča in predloge za ustanovitev društva, o njegovih namenih in ciljih ter pomembnih dosežkih v prvih letih delovanja. V dodatnem prispevku v tej izdaji Ventila pa sedanji predsednik društva prof. dr. Darko Lovrec podaja podrobnejše poročilo o svečani akademiji ob 30-letnici SDFT.



## 1. Izhodišča in predlogi za ustanovitev SDFT

Konec osemdesetih let v prejšnjem stoletju smo bili priče vse hitrejšemu razvoju in uvajanju avtomatizacije v industrijo in gospodarstvo. Pri tem sta že takrat imeli velik pomen hidravlika in pnevmatika – tako za pogonsko kot krmilno tehniko. V takratni skupni državi Jugoslaviji je imela vodilno vlogo tovarna hidravlike in pnevmatike Prva Petoletka Trstenik v Srbiji. Prisvojila si je monopolno vlogo na vseh pomembnih področjih, kot so: mednarodna trgovina, raziskave in razvoj, standardizacija itd.

V Sloveniji se je takrat z razvojem in proizvodnjo fluidne tehnike, v manjšem ali večjem obsegu, ukvarjalo že okoli 50 podjetij. Med njimi je bilo od 12 do 15 dejavnih v okviru Združenja kovinskopredelovalne

industrije pri Gospodarski zbornici Slovenije. Omenimo najpomembnejše: Slovenske železarne, Lito-stroj, TAM, LIV Postojna, Pionir Novo mesto, Gostol Nova Gorica, Vozila Gorica in druga, med njimi tista z dominantno proizvodnjo fluidnotehnične opreme, kot sta Kladivar Žiri za hidravliko in TIO Lesce za pnevmatiko. Vse omenjene so že takrat sodelovale v *Odboru za fluidno tehniko v okviru Združenja kovinskopredelovalne industrije Slovenije*.

Fluidna tehnika je že takrat bila prisotna na fakultetah za strojništvo v Ljubljani in Mariboru. V srednješolskih programih pa je skoraj še ni bilo. Zelo dejavno pa je bilo dopolnilno izobraževanje: domače v okviru *Zavoda za tehnično izobraževanje Ljubljana* ter povezano z mednarodnimi podjetji *Festo-Didaktik* in *Marton-air* za pnevmatiko, *Rexroth* in *Vickers* za hidravliko ter *Herion* za obe področji. Neposredni povod za kompleksno raziskavo stanja fluidne tehnike v Sloveniji z upoštevanjem celotne Jugoslavije pa je bila namera podjetja Tehnika iz Ljutomera za uvedbo širokega programa proizvodnje kmetijske mehanizacije, predvsem z uporabo hidravlike, ter širitev takratne jugoslovanske

**Mag. Anton Stušek**, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil

obrambne industrije, posebno na področju opreme za oklepne enote in topništvo.

V okviru takratne Republiške raziskovalne skupnosti Slovenije je bila zasnovana in izvedena v dveh delih kompleksna raziskovalna naloga, katere nosilca sta bila: za ekonomski del *Ekonomski inštitut* iz Maribora, za tehnično-tehnološki del pa *Fakulteta za strojništvo v Ljubljani*. Nosilec naloge je bil magister Anton Stušek z okoli 45 sodelavci iz Slovenije, Hrvaške in Srbije. Sklepno poročilo je predstavljeno v matrično razdeljenem gradivu po področjih hidravlika, pnevmatika in fluidika, npr. oljna hidravlika, vodna hidravlika, nizkotlačna in visokotlačna pnevmatika, ter področjih uporabe, npr. industrijska, mobilna, rudarska hidravlika. Na koncu je predložen seznam nalog in opravil za nadaljnji razvoj in uporabo fluidne tehnike v Sloveniji.

Med temi sta najpomembnejši zasnova in oblikovanje ustreznih združenj strokovnjakov, ki se ukvarjajo z raziskavami, razvojem, izdelovanjem in vzdrževanjem ustrezne opreme.

## 2. Ustanovitev SDFT

Ob upoštevanju opisanih izhodišč, soglasju Fakultete za strojništvo v Ljubljani in vodstva Združenja za kovinskopredelovalno industrijo Slovenije pri GZS ter z delovnim sodelovanjem vseh članov OFT in strokovnjakov iz omenjenih podjetij smo potem na občnem zboru 18. 11. 1993 ustanovili Slovensko društvo za fluidno tehniko, sprejeli ustrezna pravila delovanja ter izvolili vodstvo.

## 3. Nameni in cilji SDFT

3.1 Osnovni namen SDFT je promocija nadaljnega napredka raziskav, razvoja, izdelave in uporabe hidravlike in pnevmatike, enako pa tudi ustreznih novih področij pogonske in krmilne tehnike.

3.2 Osnovni cilj dejavnosti društva je povečanje strokovnega znanja, učinkovitosti dela, zaščite človekovega okolja, splošnega blagostanja in osebnega zadovoljstva sodelujočih.

3.3 Izpolnitev opredeljenih namenov in zastavljenih ciljev omogočajo predvsem:

- ▶ neprestano prizadevanje za ustrezno zastopnost fluidne tehnike v programih rednega izobraževanja na vseh stopnjah;
- ▶ lastna organizacija in koordinacija ter podpora prizadevanjem drugih inštitucij pri organizaciji ustreznih oblik in vsebine dopolnilnega izobraževanja na obravnavanem področju;
- ▶ organizacija rednih strokovnih in znanstvenih srečanj, seminarjev in posvetov;
- ▶ strokovna izmenjava spoznanj in izkušenj na področju fluidne tehnike in robnih področij pogonske in krmilne tehnike med posamezniki, podjetji, društvi, združenji, državnimi uradi in drugimi

zainteresiranimi na regionalni, državni in mednarodni ravni;

- ▶ vzpodbujanje nadaljnega razvoja fluidne tehnike s pomočjo in podporo raziskovalnega in razvojnega dela;
- ▶ javne objave in izmenjava informacij o rezultatih raziskovalno-razvojnega in strokovnega dela članov sekcije (društva) in njihovih podjetij;
- ▶ ustrezna dejavnost na področjih standardizacije, zakonodaje, priprave lastnih priporočil, slovenskega izrazoslovja ipd. na domači in mednarodni ravni;
- ▶ skrb za ustrezno strokovno povezavo in sodelovanje s sorodnimi organizacijami doma in v svetu;
- ▶ neprestano vzpodbujanje rednega in dopolnilnega izobraževanja mladih strokovnjakov z uvedbo ustreznih priznanj in nagrad ter
- ▶ vse druge dejavnosti, ki so po pomenu in ciljih v soglasju z osnovno opredelitvijo napredka fluidne tehnike v naši domovini.

## 4. Začetna leta delovanja

V prvih letih delovanja društva smo bili posebno uspešni na področju izmenjave informacij o ustreznih dosežkih in medsebojnih izkušnjah na področju fluidne tehnike. Med prvimi je bila zasnovana redna strokovna konferenca o novostih in dosežkih, ki se še vedno bienalno izvaja v organizaciji Fakultete za strojništvo v Mariboru.

Druga pomembna dosežka društva sta zasnova in izdajanje revije za fluidno tehniko Ventil, ki že 29 let izhaja v založništvu Fakultete za strojništvo v Ljubljani.

Prizadevanja in dejavnost članov društva pa so zagotovilo, da ima večina srednjih strokovnih šol v učnem programu ustrezno obliko izobraževanja za fluidno tehniko samostojno ali v okviru predmeta mehatronika. Nadaljevali smo tudi z rednim dopolnilnim izobraževanjem v sodelovanju z domačimi in tujimi podjetji.

V prvem obdobju delovanja društva je bila še posebno delovna skupina za standardizacijo pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo pod vodstvom kolega Antona Marolta. Prevedena so CETOP-ova priporočila za risanje hidravličnih in pnevmatičnih shem ter povzeta večina standardov ISO za fluidno tehniko.

V tem času smo pričeli skupaj z OFT sodelovati tudi z mednarodno organizacijo za hidravliko in pnevmatiko CETOP in postali njen član. Organizirali smo tudi letni občni zbor na Bledu in v Ljubljani.

O dejavnostih SDFT v poznejših letih pa več v prispevkih mlajših kolegov na akademiji ob 30-letnici 21. 09. 2023 v Mariboru.

## SVEČANA AKADEMIJA SLOVENSKEGA DRUŠTVA ZA FLUIDNO TEHNIKO OB 30-LETNICI DELOVANJA

Zavedajoč se pomena hidravlike in pnevmatike na vseh področjih tehnike ter v skrbi za njun nadaljnji napredek in razvoj se nas je nekaj zanesenjakov pred 30. leti združilo v Slovensko društvo za fluidno tehniko – SDFT. Društvo je bilo uradno ustanovljeno 18. novembra 1993 v Ljubljani. Temu pomembnemu jubileju in vsem drugim dogodkom v letu 1993, ki so pripeljali do ustanovitve društva, smo se poklonili v okviru Svečane akademije SDFT, kjer smo se na kratko spomnili naših začetkov, prehojene poti in dosežkov ter tudi, v katero smer se razvija fluidna tehnika.



*Otvoritev Svečane akademije SDFT ob 30-letnici obstoja*

Za leto 1993 lahko brez dvoma rečemo, da je izstopalo glede aktivnosti povezanih s fluidno tehniko v Sloveniji. Različne strokovne aktivnosti so dolgoročno vplivale na ves nadaljnji razvoj dogodkov. Mednje zagotovo spadajo aktivnosti Združenja za fluidno tehniko, priprave na izdajo prvega slovenskega standarda s področja fluidne tehnike, povečane aktivnosti za polnomočno članstvo v mednarodni krovni organizaciji CETOP, povečana aktivnost slovenskih raziskovalcev s področja fluidne tehnike z mednarodnimi objavami ter tudi zelo pomembna ustanovitev Slovenskega društva za fluidno tehniko – SDFT. Od njegove ustanovitve dalje društvo ves čas deluje kot samostojno društvo pod okriljem Zveze strojnih inženirjev Slovenije, njegov namen pa je povezati in združiti vse, ki se pri svojem delu srečujejo s hidravliko ali pnevmatiko ali pa jih to izredno pomembno področje stroke le zanima.

Vseh dogodkov, ki so pred tridesetimi leti pripeljali do ustanovitve društva, smo se spomnili tudi v okviru Svečane akademije SDFT, ki je potekala 21. septembra 2023 v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru v okviru mednarodne konference Fluidna tehnika 2023. Svečana akademija je tako bila letošnji

osrednji slavnostni dogodek društva, s katerim smo želeli ob njegovi 30-letnici izkazati priznanje ter spoštovanje vsem smelim pobudam in idejam, ki so pred tremi desetletji vodile do bolj organizirane in usmerjene dejavnosti na področju fluidne tehnike v Sloveniji in prispevale k njeni prepoznavnosti v svetu.

Pomen in vlogo SDFT je v uvodnem pozdravnem nagovoru izpostavil sedanji predsednik društva prof. dr. Darko Lovrec, ki je omenil, da so danes člani društva uspešni razvojni inženirji in projektanti hidravličnih in pnevmatičnih komponent in sistemov, vodje projektnih skupin, predstavniki podjetij in ponudniki opreme s področja hidravlike in pnevmatike, monterji, vzdrževalci ter študentje in tudi ugledni direktorji ter univerzitetni in srednješolski profesorji. Člani društva smo dejavni tako v gospodarstvu in industriji kot na področju izobraževanja ter razvoja in raziskav pa tudi v različnih domačih in tujih strokovnih združenjih. Imamo svojega predstavnika v Evropskem združenju za hidravliko in pnevmatiko – CETOP, bili smo pobudniki izdavanja strokovne revije VENTIL, ki je danes prepoznavna ne samo kot revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, temveč tudi širše. Prav tako je na kratko omenil vse aktivnosti, ki smo jih



v zadnjem letu organizirali v okviru društva – zlasti strokovna predavanja in ekskurzije tako doma kot v tujini.

V imenu Zveze strojnih inženirjev Slovenije, krovne organizacije vseh društev, je prisotne nagovoril tudi njen predsednik prof. dr. Iztok Golobič, ki je poudaril pomen povezovanja vseh segmentov strojniške stroke z industrijskim, akademskim in izobraževalnim okoljem. Omenjeno ne zadeva samo ožjega področja posamezne stroke, temveč zagotavlja in omogoča kakovostnejše življenje vseh, kar je eno izmed temeljnih poslanstev Zveze strojnih inženirjev Slovenije. Tudi slavnostna akademija SDFT in 30-letnica aktivnega delovanja društva potrjuje ta pomembno vlogo inženirstva na Slovenskem in uspešen razvoj te stroke. Slovenska dežela z raznoliko pokrajino in bogato tehniško dediščino vzpodbuja posameznike, da delujejo v luči tehnološkega napredka ter ustvarjajo inovacije, ki prispevajo k trajnostnim ciljem Slovenije.

Društvo SDFT tesno sodeluje z danes že upokojenimi člani, ki so bili pred tridesetimi leti »gonilna sila« na področju hidravlike in pnevmatike in izredno aktivni in tudi vizionarski pri nalogah – to so t. i. veterani fluidne tehnike oz. člani Foruma fluidne tehnike, kot se sami imenujejo. Na Svečani akademiji je bilo prisotnih blizu dvajset njegovih članov. Dogodke, težave, s katerimi so se srečevali, ter pobude in aktivnosti, ki so pripeljale do ustanovitve SDFT, je slikovito povzel mag. France Jeromen. V svojem nagovoru, poimenovanem »Še pomnite tovariši, kako smo začeli? In kaj smo počeli?«, je na iskrič način povzel vse pomembnejše dogodke, ki so se navezovali na področje hidravlike, ne samo v letu 1993, temveč tudi precej pred njim. Čeprav ima vsak od prisotnih »veteranov in veterank« fluidne tehnike vsaj ali več kot sedem križev, tudi devet, je njihova misel jasna in vedra, spomin pa odličen.

Kaj vse smo v zadnjih tridesetih letih delovanja društva omembe vrednega dosegli na področju fluidne tehnike, je bilo kronološko predstavljeno za vsako desetletje delovanja od leta 1993 pa do danes. Dosežke tako industrijskih podjetij kot raziskovalcev tega področja je predstavil Stane Kocutar, znan radijski novinar, napovedovalec, zgodovinar, mariborski mestni viničar in skrbnik najstarejše Stare trte – pa še kaj. Na podlagi pregleda pomembnejših dosežkov smo se dejansko zavedli, kako hitro rastoče in izredno pomembno ter strokovno uspešno je področje fluidne tehnike v Sloveniji, tako s stališča podjetij kot raziskovalcev. Njihovi dosežki niso opazni samo doma in pomembni samo v slovenskem merilu, temveč tudi v mednarodnem. Pomembnih dosežkov slovenskih podjetij, ki so povezana z našo stroko, je zagotovo še veliko več, kot smo jih uspeli predstaviti v omejenem programu, zato smo se omejili samo na tista, ki najtesneje in tvorno sodelujejo s SDFT in njegovo delovanje podpirajo na različne načine.

Razen v spomine in dosežke v treh desetletjih delovanja smo se zazrli tudi v prihodnost. »Kam teče



*Veterani fluidne tehnike na Svečani akademiji SDFT*

razvoj fluidne tehnike?» je predstavil izr. prof. Franc Majdič. Zagotovo lahko rečemo, da je področje fluidne tehnike povsem v trendu s smermi razvoja tehnologij sodobnega sveta, zeleno in trajnostno naravnano ter podprto z digitalizacijo. Daleč so že časi, ko so npr. za hidravliko menili, da je »sicer močna, a žal neumna«, ko pa se je spoprijateljila z elektriko in elektroniko pa »še vedno močna, a tudi malo pamejnejša«. Že za sedanje predstavljeno stanje razvoja pa bi lahko rekli, da je »neslutena moč pod popolnim nadzorom« in vse bolj energetsko primerna in okolju prijaznejša bi lahko brez dvoma dodali. Nikakor ne zaostajamo za dosežki na drugih področjih sodobne tehnike in tehnologij, saj jih skorajda brez zamika in učinkovito prenašamo na naše področje stroke.

V industriji in izobraževalnih ustanovah ter seveda tudi društvu se zavedamo, da brez prihodnjih generacij strokovnjakov ni svetle prihodnosti fluidne tehnike in da morajo biti najboljši med njimi nagrajeni za svoje delo. Tako smo v imenu SDFT, tokrat v okviru Svečane akademije, podelili nagrado za najboljšo diplomsko delo s področja hidravlike in pnevmatike – zlato diplomo SDFT. Letošnji nagradi sta prejela Jan Bartolj, ki je diplomiral na Univerzi v Ljubljani, in Aleks Petrovič, ki je diplomiral na Univerzi v Mariboru.

Ob koncu Svečane akademije SDFT, kiUM, Fakulteta za strojništvo jo je v celoti povezoval Stane Kocutar, dopolnilo pa glasbeno popotovanje skozi čas, za katero je v duhu dogodka poskrbel The Oldies Dixie Band z vedno zelenimi melodijami, smo bili enotnega mnenja, da pred tridesetimi leti zapisanim in zastavljenim ciljem društvo sledi in jih izpolnjuje tudi danes. Med najpomembnejšimi so zagotovo: strokovna rast in strokovno izpopolnjevanje članov, izmenjava izkušenj med člani ter zastopanje poklicnih interesov kot tudi obveščanje javnosti o vseh strokovnih dogodkih, povezanih s stroko. Strokovnim predavanjem in ekskurzijam, ki smo jih uspešno izvedli v zadnjem letu, bomo v bližnji prihodnosti zagotovo dodali številne nove in seveda o njih tudi poročali.

Prof. dr. Darko Lovrec  
predsednik SDFT; [info@sdft.si](mailto:info@sdft.si)

## OD JADRALNIH LETAL DO 3D-TISKANJA: 10. POLETNA ŠOLA STROJNIŠTVA PRINAŠA INOVATIVNOST IN ZABAVO

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so letos med 22. in 25. avgustom organizirali že jubilejno, 10. Poletno šolo strojništva. 82 udeležencev, starih med 12 in 15 let, se je preizkusilo na 10 delavnicah, na katerih so izdelke najprej načrtovali, jih izdelali in na koncu tudi preizkusili ter jih po koncu šole odnesli s seboj domov.



*Poletne šole se je letos udeležilo tudi kar nekaj deklet, ki so bile, tako kot fantje, nad delavnicami izredno navdušene. Foto: Željko Stevanič, IFP, d.o.o*

Udeleženci so pod mentorstvom strokovnjakov s Fakultete za strojništvo zasnovali in zgradili enostavno jadralno letalo ter 3D-pečatnik s svojim podpisom, spoznali Stirlingov motor in High Performance Computing, ustvarili hidravličnega mehkega robota, pametno solarno rožico in enostavni topelni pogonski stroj, 3D tiskali izdelke in ne nazadnje izdelali tudi mini vetrno elektrarno.

Poleg delavnic, ki so potekale v dopoldanskem času, so bile v popoldanskem času za udeležence organizirane tudi mnoge družabne aktivnosti, v sklopu katerih so se zabavali na bowlingu in v Hiši eksperimentov ter preizkusili svoje sposobnosti na Woop! izzivih.

Poleg Poletne šole strojništva pa so na Fakulteti za strojništvo v prvem tednu julija organizirali tudi poletni raziskovalni tabor za dijake »Raziskuj in poga-

njaj prihodnost«, kjer so imeli ti možnost spoznati najboljše raziskovalce in se jim pridružiti pri raziskovalnem delu. Z omenjenimi aktivnostmi želijo mladim približati svet strojništva in jih navdušiti za močno deficitaren poklic ter jim hkrati dati priložnost za udejstvovanje pri ustvarjalnem in inovativnem premagovanju izzivov prihodnosti.

Na Poletno šolo strojništva se učenci radi vračajo – vsakokrat na drugo delavnico, saj šola vsako leto ponuja zanimiv nabor delavnic, ki prikazujejo bogastvo in raznolikost strojništva – področja, ki nas obkroža v vsakdanjem življenju. Zato bodo na Fakulteti za strojništvo tudi v prihodnjem letu za vse zainteresirane ponovno organizirali tako Poletno šolo kot tudi raziskovalni tabor, informacije pa bodo kmalu objavljene na njihovi spletni strani.

[Neža Markelj Bogataj, UL, Fakulteta za strojništvo](#)

## STIČIŠČE ZNANOSTI IN GOSPODARSTVA V SREDIŠČU DOGAJANJA NA MOS-U

Na *Stičišču znanosti in gospodarstva*, ki je projekt Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije, je bilo več kot 30 sodelujočih. V to so všteti inštituti, fakultete, laboratoriji znotraj fakultet in odseki znotraj inštitutov, centri odličnosti, visokotehnološka podjetja, odcepljena podjetja, medijski partnerji in drugi.



*Stičišče znanosti in gospodarstva*

Predstavili so več kot 100 inovacij. Na razstavnem prostoru so prikazali različne tehnologije s področja elektronike, mehatronike, avtomatike, bionike, energetike, IKT, vesoljske tehnologije, mikro-, bio- in nanotehnologije, nove materiale in tudi usmeritve industrija 5.0 in družba 5.0.

Sodelujoči na Stičišču znanosti in gospodarstva so bili: FERi Univerze v Mariboru (z različnimi laboratoriji in inštituti), Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani (z različnimi laboratoriji), Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, Institut Jožef Stefan (z različnimi odseki), Kemijski inštitut (z različnimi laboratoriji), Fakulteta za management Univerze na Primorskem, Fakulteta

za informacijske študije v Novem mestu, CO Namaste, CO Nanocenter, SIS EGIZ, SRIP - Zdravje in medicina, NIB, ZRS Bistra Ptuj, Višja in visoka strokovna šola za bioniko na Ptuj, visokotehnološka podjetja: Skylabs d. o. o., RLS d. o. o., Dobre rešitve d. o. o., Inea d. o. o., Makro team d. o. o., Miel - Elektronika d. o. o., INTRI d. o. o., Nanotul d. o. o., Mycol d. o. o., ADD ProS d. o. o. in številni drugi. Medijski partnerji Stičišča znanosti in gospodarstva so bili: Revija IRT 3000, Finance - portal Tovarna leta in revija Ventil Fakultete za strojništvo UL.

Izstopajoče inovacije na Stičišču znanosti in gospodarstva so bile: bionski človek v virtualnem okolju s 3D-modelom, obogaten z navideznimi implantabilnimi

bionsko-medicinskimi vsadki. To inovacijo so razvili na FERi Univerze v Mariboru. Tri izume, vezane na nove materiale in kemične procese, je predstavil Kemijski inštitut iz Ljubljane. Bionsko glavo kot kompleksno tehnološko platformo je predstavil Janez Škrlec, sicer vodja projekta Stičišča znanosti in gospodarstva.

Srebrno priznanje na MOS-u je dobilo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije kot pokrovitelj projekta. To je priznanje vsem sodelujočim v okviru Stičišča znanosti in gospodarstva. Znotraj Stičišča znanosti in gospodarstva pa je komisija prepoznala izjemno inovacijo Janeza Škrleca »projekt bionske glave« in inovacije Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru ter izume Kemijskega inštituta. Obrazložitev nagrade: »Janez Škrlec in Ministrstvo za visoko šolstvo in inovacije prejmejo srebrno priznanje za njihovo bionsko glavo, ki predstavlja pomemben korak v razvoju inovativnih tehnologij in interdisciplinarnega raziskovanja. Gre za tehnološko platformo, ki združuje napredne možganske vsadke, senzorje, simulatorje in komunikacijske sisteme.« Srebrno priznanje je priznanje tudi vsem drugim sodelujočim znotraj projekta, ki so prikazali izjemno veliko število visokotehnoloških inovacij in dosežkov slovenske znanosti ter visokotehnoloških podjetij.

[Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije](#)

## MEDNARODNA KONFERENCA FLUIDNA TEHNIKA FT2023 V TRENDU SMERI RAZVOJA

Za vse, ki se pri svojem delu srečujejo s hidravliko ali pnevmatiko, so mednarodne konference Fluidna tehnika osrednji dogodek branže, ki ga ne smejo zamuditi. Tudi na letošnji konferenci Fluidna tehnika 2023 smo se seznanili z zadnjimi novostmi s področja hidravlike in pnevmatike ter s smermi razvoja te tehnike.



*Utrinek s konferenčnega dogajanja*

Srečanja mednarodno priznanih strokovnjakov s področja hidravlike in pnevmatike, poimenovana Fluidna tehnika, že tradicionalno potekajo pod okriljem Univerze v Mariboru od leta 1995 dalje. Organizirane so vsako drugo leto in so največji bienalni dvodnevni dogodek v tem delu Evrope. Po svoji vsebini so namenjene vsem, ki so na kakršenkoli način povezani s hidravličnimi ali pnevmatičnimi napravami, še zlasti pa tistim, ki želijo biti informirani o zadnjem stanju te tehnike tako doma kot po svetu. Letošnja konferenca Fluidna tehnika 2023 je potekala 20. in 21. septembra 2023 v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru.

Tudi z letošnjo mednarodno konferenco smo želeli pospešiti prenos najnovejših raziskovalno-razvojnih dosežkov in spoznanj v vsakodnevno prakso kot tudi predstaviti nove proizvode in storitve z vseh področij, kjer se uporabljata hidravlika in pnevmatika. Prisotnost na konferenci je bila zato brez dvoma prava priložnost za nova spoznanja, za prijetno druženje in diskusije o zadnjih novostih, inovativnih dosežkih pa tudi za reševanje posameznih problemov. Pridobljene informacije bodo zagotovo porajale nove ideje in omogočile ohraniti konkurenčno prednost ali pa reševanje vsakodnevnih problemov.

V uvodih prispevkih smo se seznanili s stanjem tehnike in s smermi razvoja fluidne tehnike v bli-

žnji prihodnosti, s kakšnimi zakonodajnimi izzivi se srečujejo snovalci sistemov in kako vsem tem trendom lahko sledijo domači proizvajalci komponent in sistemov. V nadaljnjih sekcijah prispevkov pa smo se seznanili, s čim se na področju razvoja komponent in sistemov ukvarjajo v naši soseščini in pri nas kot tudi do kakšnih spoznanj smo prišli na področju hidravličnih tekočin: načrtovanje komponent fluidne tehnike, sistemi fluidne tehnike in primeri uporabe, nadzorni sistemi, simulacije in testiranje komponent in sistemov, fluidi in tribologija ter problematika izobraževanja na področju fluidne tehnike.

Ker so pred nami spremembe na področju izobraževanja, tako rednega kot vseživljenjskega, smo se letos dotaknili tudi tega pomembnega področja – mikrodokazila in potrebna znanja s področja fluidne tehnike. To aktualno problematiko smo osvetlili tudi na okrogli mizi, na kateri smo soočili mnenja gospodarstva in izobraževalnih ustanov. S soočenjem mnenj udeležencev okrogle mize iz različnih držav smo ugotovili, da smo v Sloveniji glede snovanja sistema mikrodokazil med prvimi v Evropi, še posebej pa to velja za razvoj izobraževanja po sistemu mikrodokazil za področje fluidne tehnike, kjer smo vodilni. V okviru tega pristopa smo izvedli tudi spletno anketo o potrebnih znanjih v slovenskih podjetjih in za pokušino preverili nivo znanja s spletnim kvizom. Tovrstni kvizi se bodo uporabljali tudi pri novem izobraževalnem pristopu: kratka izobraževanja, tematsko naravnana, preverjanje znanja po posameznem sklopu, po načinu učenje za kogarkoli od koderkoli in na hibridni način, nekaj na daljavo in nekaj v živo. To obliko narekujejo današnji način življenja in dela, predvsem pa manko določenih znanj v industriji.

Dotaknimo se na kratko še statističnih podatkov: v obeh dneh je bilo prisotnih skupno 70 udeležencev z ožjega področja stroke iz 9 različnih držav, 27 izbranih prispevkov z več kot 50 avtorji pa je bilo razvrščenih v šest tematskih skupin. Razmerje med udeleženci z univerz in inštitutov glede na udeležence iz industrije je znašalo približno 40 % : 60 %. Slednje dokazuje, da ne gre samo za



Vprašanja in odgovori, dileme in rešitve

»srečanje zgolj avtorjev oz. raziskovalcev«, ampak za povezovanje med razvojem in uporabniki v industriji. Prav tako pa moramo omeniti tudi priložnostno razstavo z enajstimi razstavljalci, ki niso zgolj popestrili konferenčnega dogajanja, temveč so v razgovorih z udeleženci tudi rešili kakšen njihov problem.

Konferenca je udeležencem ponudila veliko odgovorov na številna vprašanja, vezana na posa-

mežno tematiko konference, tudi možnost mreženja z drugimi strokovnjaki in prijatelji ter porodila številna nova vprašanja in ideje. Kot organizatorji se zahvaljujemo vsem avtorjem in soavtorjem prispevkov, recenzentom, vsem sodelujočim in vsem, ki so kakorkoli pripomogli k izvedbi konference, še posebej pa pokroviteljem, brez katerih konference ne bi mogli izpeljati na ustreznem mednarodnem nivoju in v želenem obsegu. Več informacij o konferenci, tematikah in tudi nekaj ujetih utrinkov je na voljo na domači spletni strani konference: <http://ft.fs.um.si/html/uvod.html>. Pri Univerzitetni založbi UM - Press Maribor je bil izdan tudi zbornik prispevkov tako v tiskani kot tudi v elektronski obliki. Slednji je vsem zainteresiranim na voljo v prostem dostopu tudi na spletni strani založbe.

Zagotovo sta nas ta dva dneva »v objemu fluidne tehnike« obogatila s koristnimi informacijami in prijetnimi spomini, ki bodo ostali vsaj do naslednje konference Fluidna tehnika 2025. Ta konferenca bo še posebej slavnostna, saj bomo praznovali zavidanja vreden jubilej – 30. obletnico od organizacije prve konference.

prof. dr. Darko Lovrec  
UM, Fakulteta za strojništvo

## Hidravlična olja srce hidravličnih sistemov



Olma d.o.o., Poljska pot 2, 1000 Ljubljana,  
tel.: (01) 58 73 600, faks: 54 63 200,  
e-pošta: [order@olma.si](mailto:order@olma.si), <http://www.olma.si>



**OLMA**  
[www.olma.si](http://www.olma.si)

# OBISK SEJMA VARJENJE IN REZANJE (SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN) V ESSNU V NEMČIJI

Janez Tušek

V dneh od 11. do 15. septembra je bil v Essnu v Nemčiji tradicionalni sejem Varjenje in rezanje (Schweißen und Schneiden). Sejem je bil v preteklosti organiziran vsaka štiri leta. Ta ritem pa se je zaradi znane pandemije spremenil. Zadnji sejem na opisano tematiko je bil leta 2017 v Düsseldorfu. Sejem organizira društvo za varilno tehniko Nemčije (DVS - Deutsche Verband für Schweißtechnik) že več kot 70 let.



**Slika 1:** Varilna glava za varjenje z laserskim žarkom in z dodatnim materialom

Naslov sejma je zelo skromen in ne popiše vseh področij, ki so zastopana na njem. Poleg varjenja in rezanja so bile na sejmu predstavljene še tehnologije metalizacije, lepljenja, mehanskega spajanja, spajkovanja, oplasčenja, hibridnega spajanja materialov, 3D-tehnike in drugih tehnik spajanja in toplotnega rezanja ter ločevanja materialov po drugih postopkih. Zastopani so bili predstavniki podjetij, ki izdelujejo

**Prof. dr. Janez Tušek**, univ, dipl, inž., TKC, d. o. o., Ljubljana

dodatne materiale za varjenje, spajkanje, metalizacijo in drugo, predstavniki podjetij, ki izdelujejo varilno in pomožno opremo za varjenje, spajkanje, rezanje, in podjetja z zaščitnimi sredstvi za varno delo ter drugi.

Razstavni prostor je obsegal 8 samostojnih, toda med seboj povezanih dvoran. V času sejma je bilo organiziranih več strokovnih posvetovanj s področja spajanja in rezanja materialov. Poseben poudarek je bil dan mladim varilcem, ki jih še vedno veliko primanjkuje. V okviru tega so organizirali posebno prireditve, vendar z opazno manj udeleženci kot v preteklosti.



**Slika 2:** Varjenje pod praškom s petimi varilnimi žicami

## Pregled razstavljalcev

Vseh razstavljalcev na sejmu je bilo preko tisoč iz 46 držav in s petih kontinentov. V primerjavi s številom razstavljalcev izpred šestih let jih je bilo tokrat za okoli 10 odstotkov manj. Slovenija je bila na sejmu v primerjavi z zadnjim sejmom relativno slabo zastopana. Tudi letos je bilo šest razstavljalcev iz naše države kot na zadnjem sejmu, toda le tri so bila ista kot pred leti. Opaziti je bilo, da na sejmu ni bilo podjetja Elektroda z Jesenic, ker je šlo podjetje iz neznanih razlogov pred kratkim v stečaj, manjkalo je podjetje Iskra iz Ljubljane in pa Varstroj iz Lendave, ki je v skupini Daihen Europe GmbH. Med našimi razstavljalci pa so bili: Alumet, d. d., iz Slovenske Bistrice, AVP, d. o. o., iz Ljubljane, Kočevar in sinovi, d. o. o., iz Polzele, Rooster Ltd. iz Ljubljane in podjetje Weiler Abrasives iz Slovenskih Konjic.



**Slika 3:** Simulator za učenje varjenja po postopku TIG

Daleč največje število predstavnikov je bilo iz Nemčije. Iz te države je bila skoraj tretjina vseh razstavljalcev. Druga najbolj zastopana država je bila Kitajska, na tretjem mestu je bila Italija, na četrtem Združene države Amerike in na petem mestu Japonska. Za njo so se po številu razstavljalcev razvrstile druge večje evropske države.

Prvo in daleč najobsežnejše tematsko področje so zajemale naprave in oprema za varilne postopke. Razstavljalcev, ki so označili to področje kot svojo dejavnost in na sejmu predstavili enega od varilnih postopkov, je bilo več kot 90 odstotkov. Od teh jih je bilo več kot sto, ki so razstavljali opremo za varjenje MAG/MIG. Nekoliko manj je bilo razstavljalcev z opremo za varjenje TIG.

Sto petnajst podjetij je predstavljalo lasersko varjenje, kar je trikrat več kot na zadnjem sejmu. Okoli sto petdeset razstavljalcev je predstavljalo ročno obločno varjenje, kar je mnogo manj kot v preteklosti, pa še vseeno mnogo nad pričakovanji.

Zanimivo je, da je bilo razstavljalcev z opremo za druge varilne postopke in načine varjenja mnogo

manj kot na zadnjem sejmu. Zelo malo podjetij je predstavilo opremo za varjenje z mehansko energijo. Na primer ultrazvočno varjenje je predstavljalo le osem razstavljalcev, kar je izjemno malo, če vemo, da je samo v Evropi več kot deset podjetij, ki proizvajajo ultrazvočno opremo in da se postopek uporablja v številnih podjetjih, ki se ukvarjajo z elektrotehniko, z mehatroniko, s solarno tehniko ali pa s termoplasti. Če ultrazvočno varjenje v praksi primerjamo z varjenjem čepov, je prav gotovo slednje redkeje uporabljeno, vendar je bilo razstavljalcev za varjenje čepov kar enainpetdeset.

Storitev varjenja z gnetenjem in opremo za ta postopek je predstavljalo osemnajst podjetij, kar je še enkrat več kot na zadnjem sejmu.

Drugo večje področje so bile naprave in oprema za navarjanje, nabrizgavanje in platiranje. Tu smo srečali predstavnike, ki se ukvarjajo z navarjanjem pod žlindro, z navarjanjem z laserjem, s plazmo, s trenjem, z eksplozivom in z obločnim navarjanjem v zaščiti plina ali pa pod praškom. Letos je bil opazen napredek viden na napravah za lasersko navarjanje s prahom.

Prav postopki navarjanja z laserjem so bili letos mnogo bolj zastopani kot v preteklosti. Prvič smo na takšnem sejmu videli tanke žice premera 0,6 mm iz stela za lasersko navarjanje.

Tretje večje področje je bilo spajkanje. Razstavljalci, vseh je bilo preko sto, so ponujali opremo za različne postopke spajkanja, dodatne materiale, talila in celotno tehnologijo. Od postopkov spajkanja je še vedno zelo močno prisotno spajkanje s plamenom in spajkanje v pečeh, od novejših pa spajkanje z elektronskim snopom in z laserjem.

Toplotna rezanja z različnimi viri toplote in za različne namene so bila zbrana v posebnem tematskem sklopu. Podjetij, ki so predstavljala opremo za različne postopke toplotnega rezanja, same tehnologije rezanja, žlebljenja, površinskega čiščenja s plamenom, toplotno rezanje s kovinskim in z mineralnim prahom, vrtnja z laserjem in elektronskim snopom, vrtnja s kisikovim kopjem, rezanje z oblokom in ogleno elektrodo in plazemsko rezanje. Od teh je bilo največ razstavljalcev s področja plazemskega rezanja. Vendar vseeno mnogo manj kot pred šestimi leti. Druga področja toplotnega rezanja so bila mnogo manj zastopana. S področja laserskega rezanja jih je bilo npr. več deset in še nekoliko več s področja obločnega rezanja.

Naslednje, po obsegu peto področje, je obravnavalo varjenje umetnih snovi. Razstavljalcev je bilo malo, a vseeno nekoliko več kot pred šestimi leti. Zdi se, da se proizvajalci naprav in opreme ter tehnologije varjenja in spajanja nasploh umetnih snovi udeležujejo drugih sejmov.



*Slika 4 : Varilne klešče za uporovno varjenje večjih varjencev*

Šesto področje je pokrivalo naprave in robotizacijo za mehansko spajanje materialov. Med slednje štujemo kovičenje, spajanje s pogrezom, robljenje, samokovičenje in podobno.

V sedmo tematsko področje je razvrščena oprema za specialne postopke, kot je orbitalno varjenje, plamensko čiščenje, reparaturno varjenje, varjenje pod vodo in podobno.

Krmilna tehnika, regulacije, nadzor varjenja s kamerami, vodenje varilnih gorilnikov in varilnih glav in avtomatizacija v splošnem na varilskem področju so bili zajeti v osmem sklopu. Avtomatizacija s kamerami z umetnim vidom je bila zelo močno zastopana.

V devetem so bili proizvajalci, ki se ukvarjajo z računalniškimi programi s področja spajanja materialov.

Posebno področje (deseto) so bile naprave za proizvodnjo vseh vrst dodatnih in pomožnih materialov. To so proizvajalci naprav za proizvodnjo varilnih žic, strženskih žic, oplaščenih elektrod, zaščitnih plinov, proizvajalci acetilena, spajk in talil, varilnih praškov, varilnih miz, odsesovalnih naprav, varilnih kabin, grelnih naprav in pripomočkov za predgrevanje varjencev in sušenje elektrod, zaščitne opreme za varilce, opreme za prostore, kjer se vari, zaščitnih varilnih mask, očal, zaščitnih rokavic, predpasnikov in drugega.

Enajsto področje je zajemalo vse vrste dodatnih materialov za različne materiale, različne postopke in različne namene uporabe. Ti razstavljalci so bili ločeni od desetega področja in so bili še klasificirani v 33 podskupin. Od teh je bila največja skupina podjetij, ki so predstavljala dodatne materiale za varjenje visoko legiranih jekel. Teh podjetij je bilo okoli petdeset.

Nekoliko manj je bilo razstavljalcev za dodatne materiale za nelegirana in malo legirana jekla. Razstavljalcev za druge dodatne materiale, kot so legirane jeklene litine, barvne kovine in njihove zlitine in na primer dodatnih materialov za umetne materiale, je bilo mnogo manj. Veliko razstavljalcev je predsta-

vljalo dodatne materiale po varilnih postopkih. Na primer več kot 60 razstavljalcev je ponujalo varilne žice za varjenje MAG/MIG. Približno toliko podjetij je imelo v svojem razstavne programu oplaščene elektrode za ročno obločno varjenje, nekoliko manj jih je bilo za varjenje TIG in za toplotno nabrizgavanje, še manj za druge varilne postopke. Dodatni materiali pa so se še delili glede na obliko. Tako smo lahko izbirali med dodatnimi materiali, kot so strženske žice, varilne palice, oplaščene elektrode, varilni praški kot dodatni materiali in na kolut navite varilne žice.

Zelo opazno je zmanjšanje razstavljalcev z oplaščenimi elektrodami. Na primer: nismo zasledili niti enega, ki bi proizvajal in razstavljal oplaščene elektrode za varjenje sive litine v vročem.

Manjšo dodatno opremo, kot so razna orodja, navadni in magnetni ventili, naprave za pogon varilnih žic, elektrode za uporovno varjenje, kontakte šobe za varjenje MAG/MIG, za varjenje TIG, naprave za brušenje elektrod, hladilni sistemi, jeklenke za pline, razni gorilniki in varilne pištole ter varilne glave, lahko uvrstimo v dvanajsto področje.



*Slika 5 : Varjena skulptura iz odpadnih strojnih elementov*



Razstavljalcev, ki bi nudili žice za lasersko varjenje, je bilo na tem sejmu mnogo več kot na prejšnjih, kar govori o razvoju laserskega varjenja.

Dodajni materiali za spajkanje so predstavljali trinajsto tematsko skupino. Podjetij s tem prodajnim artiklom je bilo več kot 200, kar je izjemno veliko. To govori o tem, da se spajkanje v razvitem svetu vedno več uporablja in da smo pri nas na tem področju precej v zaostanku.

Tudi lepila so predstavljala posebno področje, razstavljalcev je bilo le 15, kar pa je presenetljivo malo.

## Najpomembnejše novosti

Prav veliko revolucionarnih novosti na sejmu ni bilo. Kljub temu je bilo kar nekaj izboljšav naprav, opreme, materialov in predvsem krmiljenja in digitalizacije varilnih procesov.

Kot največjo novost lahko štejemo laserske aplikacije za varjenje, navarjanje in druge laserske tehnike. Več podjetij je predstavilo napravo, to je varilno glavo, skozi katero se prenašata laserski žarek in tanka varilna žica. Predstavljene so bile različne izvedbe. Obstajajo glave z različnimi laserskimi žarki, z različnim pogonom žice in z različnimi možnostmi nihanja celotne varilne glave v različnih smereh. Vsa ta nihanja je možno aplicirati v praksi med varjenjem.

Takšna varilna glava je prikazana nas *sliki 1*.

V teh napravah so pritegnile posebno pozornost leče in ogledala, ki omogočajo izhod laserskega žarka v obliki kolobarja. Prav takšne naprave so primerne za lasersko varjenje baterij za električne pogone vozil.

Pri napravah za obločno varjenje MAG/MIG smo opazili napredek pri krmiljenju parametrov, pri zelo natančnem vodenju varilne žice, kar omogoča odtaljevanje žice brez brizganja. Vedno več naprav je zgrajenih na visokofrekvenčni inverterški tehniki, kar omogoča pulzno varjenje z različno oblikovanimi električnimi utripi. Naprave MAG/MIG so vedno bolj fleksibilne, kar omogoča ročno, avtomatsko in robotizirano varjenje. Nekatere naprave MAG/MIG nudijo tudi do sto različnih menijev za varjenje različnih materialov z različnimi žicami in za različne debeline varjencev. Za sodobno proizvodnjo so naprave opremljene za beleženje varilnih parametrov, njihovo prikazovanje in shranjevanje.

Številne naprave za varjenje TIG delujejo na frekvenčni tehniki s frekvenco 20 kHz. Pri takšnem varjenju se zoži oblok in v njem skoncentrira energija. Vedno pogosteje se predstavljajo podjetja, ki izdelujejo naprave za varjenje TIG z avtomatskim pogonom žice, ki je lahko stalen ali pa utripen.

Presenetljivo veliko naprav je bilo za varjenje z

oplašeno elektrodo. Te večinoma delujejo na inverterški tehniki, so lahke in jih lahko priključimo na vsako hišno omrežje.

Predstavljen je bil nov material s kemično sestavo WC-10Co-4Cr, ki je primeren za navarjanje zavornih diskov in drugih s trenjem močno obremenjenih strojnih delov. Tudi za varjenje aluminija in njegovih zlitin so številna podjetja predstavila nove dodatne materiale za varjenje MIG in varjenje TIG. Seveda pa je možno te materiale uporabiti tudi za varjenje z laserjem in plazmo.

Velik napredek je bil narejen na področju vodenja varilnih gorilnikov v prostoru. Te naprave omogočajo orbitalno varjenje večjih premerov debelostenskih cevi, navarjanje v različnih legah in podobno. Te naprave so lahko programirane vnaprej, krmiljene s posebno ročno krmilno napravo ali preko joysticka.

Zelo obsežno področje je robotika. Na sejmu so bila vsa največja robotska podjetja na svetu. Številna robotska podjetja so v tesni povezavi s proizvajalci varilnih naprav. Največ je bilo naprav za obločno varjenje MAG/MIG in nekaj naprav za točkovno uporovno varjenje. Poleg različnih robotskih sistemov so bile na sejmu razstavljene tudi posebne robotske varilne celice, ki omogočajo zelo fleksibilno in varno varjenje.

Posebno področje so dodajni materiali. Prvič smo na sejmu videli strženske žice iz kobaltovih zlitin, ki jih imenujemo steliti. Tudi za trdo navarjanje in navarjanje raznih elementov za delo pri zvišanih temperaturah je mogoče uporabiti številne strženske žice.

Zelo veliko razstavljalcev je predstavljalo varovalno opremo za osebe za varjenje in opremo za odsevanje in čiščenje dimov, ki nastanejo med varjenjem. Posebnih novosti pa ni bilo. Zelo veliko je bilo novih razstavljalcev za varilne maske z avtomatsko zatemnitvijo varilnega okna.

Na *sliki 2* je prikazana varilna glava za varjenje pod praškom s petimi žicami. Naprava je poznana več desetletij, a je za prakso še vedno zelo zanimiva in uporabna.

Na sejmu smo srečali veliko proizvajalcev simulatorjev za učenje obločnega varjenja. Učenje poteka v virtualnem svetu, ki olajša učenje in predvsem zniža stroške za izobraževanje varilcev. Na *sliki 3* je prikazan simulator za učenje po postopku TIG.

Na *sliki 4* so prikazane varilne klešče za uporovno točkovno varjenje večjih varjencev.

Zelo opazen je bil razstavljalavec z varjenimi skulpturami. Izdelane so z obločnim varjenjem, večinoma iz kovinskih odpadnih delov. Na *sliki 5* je prikazan en primer.



Podjetje **TKC d.o.o.**, ustanovljeno leta 2002, s svojo dejavnostjo pokriva širše področje varilstva in v ožjem smislu reparaturno varjenje najrazličnejših strojnih delov. Osnovno delovanje podjetja TKC je preverjeno s standardi ISO 9000 in ga lahko razdelimo na področja:

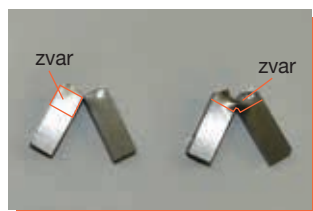
- Lasersko zvarjenje, navarjanje, spajkanje in reparaturno varjenje
- Izdelava tankih žic premera od 0,1 do 0,7 mm za laserske tehnologije.
- Varjenje vseh vrst barvnih kovin, sive litine in visoko legiranih nerjavnih jekel
- Akreditirani varilsko-metalurški laboratorij
- Izobraževanje in svetovanje na varilskem področju
- Plazemsko navarjanje s prahom
- Toplotna obdelava varjencev pred varjenjem, med njim in po njem



■ Najsodobnejša naprava za lasersko reparaturno varjenje



■ Natezni preizkusi



■ Preizkusi udarne žilavosti



■ Makroskopija in meritve trdote



■ Upogibni preizkusi

## Ocena sejma

Iz navedenega opisa razstavljalcev, njihovih razstavnih produktov in posameznih področij, ki so jih podjetja zastopala, se vidi, da je varilstvo resnično izjemno široko področje in široka dejavnost. Kdor na varilskem področju v svetu kaj pomeni, se takšnega sejma vsekakor mora udeležiti in prav vse razstavne prostore temeljito pregledati.

Po ogledu sejma in opisu razstavljalcev lahko napravimo nekaj zaključkov:

1. Slovenska varilska stroka je bila na sejmu dobro zastopana po številu podjetij in po kakovosti razstavljalcev oziroma produktov, ki so jih razstavljali.
2. Presenetljivo močno zastopano področje je bilo ročno obločno varjenje, čeprav se opazi trend zmanjševanja. To je še vedno neavtomatiziran in zelo nizko produktiven postopek, pri katerem je varilec med delom močno obremenjen, kljub temu se postopek še vedno zelo množično uporablja. Edini odgovor za ugotovljeno dejstvo je, da zagotavlja visoko kakovostno varjenje in da imajo zvari visoke trdnostne lastnosti. Drugi razlog je tradicija, tretji, da je z oplaščeno elektrodo možno variti na prostem in v vseh legah, in četrti, da je izbira dodatnih materialov na trgu zelo bogata.
3. Prav tako je še vedno zelo močno zastopana plamenska tehnika – od varjenja, nabrizgavanja pa vse do plamenskega rezanja.
4. Zelo malo razstavljalcev je predstavljalo varjenje in spajanje v splošnem umetnih snovi, keramike in kompozitov.
5. Za varjenje z ultrazvokom je bilo na celotnem sejmu le osem predstavnikov. Čeprav vemo, da se ultrazvočno varjenje uporablja za varjenje kovinskih materialov in umetnih snovi. Očitno se proizvajalci teh varilnih postopkov raje udeležujejo sejmov, kjer so zastopane umetne snovi.
6. Zelo veliko razstavljalcev je v svojem programu predstavljalo spajkanje. To ni presenečenje, če vemo, da spajkanje vedno bolj prodira v avtomobilsko industrijo, industrijo malih gospodinjstvih aparatov, v elektroindustrijo in celo v energetiko ter gradbeništvo.
7. Na sejmu ni bilo nobenega predstavnika za aluminotermično varjenje, za varjenje arc-atomik in podobno. Za difuzijsko varjenje je bil le en predstavnik. Tudi eksplozijsko varjenje je na sejmu predstavljalo le eno podjetje.
8. Presenetljivo malo razstavljalcev je predstavljalo varjenje z gnetenjem. Celo izumitelja tega postopka in lastnika licence za ta postopek ni bilo na sejmu.
9. Na sejmu je bilo predstavljenih le malo novosti. Največja je bila ta, ki je prikazana na sliki 1 in je opisana zgoraj. Bilo pa je veliko izboljšav na področju digitalizacije, krmiljenja in optimizacije, umetnega vida in podobno.

# TKC

Tehnološki Konzultantski Center d.o.o.

TEHNOLOŠKI KONZULTANTSKI CENTER d.o.o.

Litostrojska cesta 60, 1000 Ljubljana  
info@tkc.si • 01 500 50 95

[www.tkc.si](http://www.tkc.si)

# NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov  
Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza  
Podelitev priznanja TARAS

## FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Dogodek je namenjen vsem, ki delujejo v industrijskem okolju ali za industrijo. Na forumu predstavljamo dosežke in novosti, inovativne rešitve, primere prenosa znanja in izkušenj ter njihove uporabe v industrijskem okolju, pri čemer je pozornost usmerjena tako na nove zamisli, zasnove in metode, kot tudi na tehnologije in orodja. Forum je tudi prostor, kjer osvetlimo resnično stanje v industriji, njene zahteve in potrebe. Posebna pozornost je namenjena uspešnim aplikativnim projektom raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter prenosu uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.



**Priznanje TARAS** za  
najuspešnejše sodelovanje  
znanstvenoraziskovalnega okolja  
in gospodarstva na področju  
inoviranja, razvoja in tehnologij.



Portorož, 10. in 11. junij 2024

[www.forum-irt.si](http://www.forum-irt.si)

# NOVA RAZISKOVALNA OPREMA ZA PREBOJNE RAZISKAVE IN ŠE BOLJ POGLOBLJENO SODELOVANJE Z GOSPODARSTVOM – 1. DEL

Tanja Potočnik Mesarič

V skladu z lastno strategijo razvoja do leta 2025 Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani vsako leto investira v novo raziskovalno opremo. S Paketom 21, ki ga sofinancira Agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS), je fakulteta svoj nabor najmodernejše raziskovalne opreme razširila še za 18 kosov v skupni vrednosti več kot 3,7 milijona €, od česar je več kot 1,1 milijon € sofinancirala ARIS.

Paket 21 zajema naslednjo raziskovalno opremo: robotiziran laserski obdelovalni sistem z optodinamskim nadzorom, opremo za raziskave na področju razvoja hibridnih digitalnih dvojčkov za ovrednotenje vibracijske poškodovanosti naprav, sistem za tribološko in nanomehansko karakterizacijo mejnih površinskih mazalnih filmov v širokem območju mehanskih in temperaturnih obremenitev, FT-IO4 Femto-Indenter z dodatki, univerzalno napravo za mehansko preizkušanje materialov in nosilnosti strukturnih elementov, sistem za termično karakterizacijo multifunkcionalnih energijskih materialov, sistem za ultrahitro opazovanje procesov, visokokakovostni merilni instrumentalni sistem za zajem podatkov, testiranje in kontrolo fizičnih fenomenov proizvodnih procesov za njihovo zeleno preobrazbo in izboljšanje delovnega okolja, nadgradnjo servohidravličnega preizkuševališča za termomehansko in optično vrednotenje preizkušancev, procesni sistem za spremljanje prenosa toplote in snovi z visoko krajevno in časovno resolucijo, elektronsko-optični analitski sistem za karakterizacijo pikosekundnih laserskih pulzov, optični analitski sistem za meritve površin v vakuumu, večnamensko napravo nove generacije za izdelavo in spremljanje tokovnega vedenja visokokonzentriranih multifunkcijskih naprednih materialov v majhnem volumnu, nadgradnjo statičnega in dinamičnega preizkuševališča Step Engineering UD08, temperaturno komoro za večkamerni dvostranski merilni sistem, napredni testni sistem gorivnih celic, optični sistem za spre-

mljanje emisije reaktivnih tokov v IR- in UV-spektru ter napravo za plazemsko elektropolitsko poliranje.

## Sistem za tribološko in nanomehansko karakterizacijo mejnih površinskih mazalnih filmov v širokem območju mehanskih in temperaturnih obremenitev

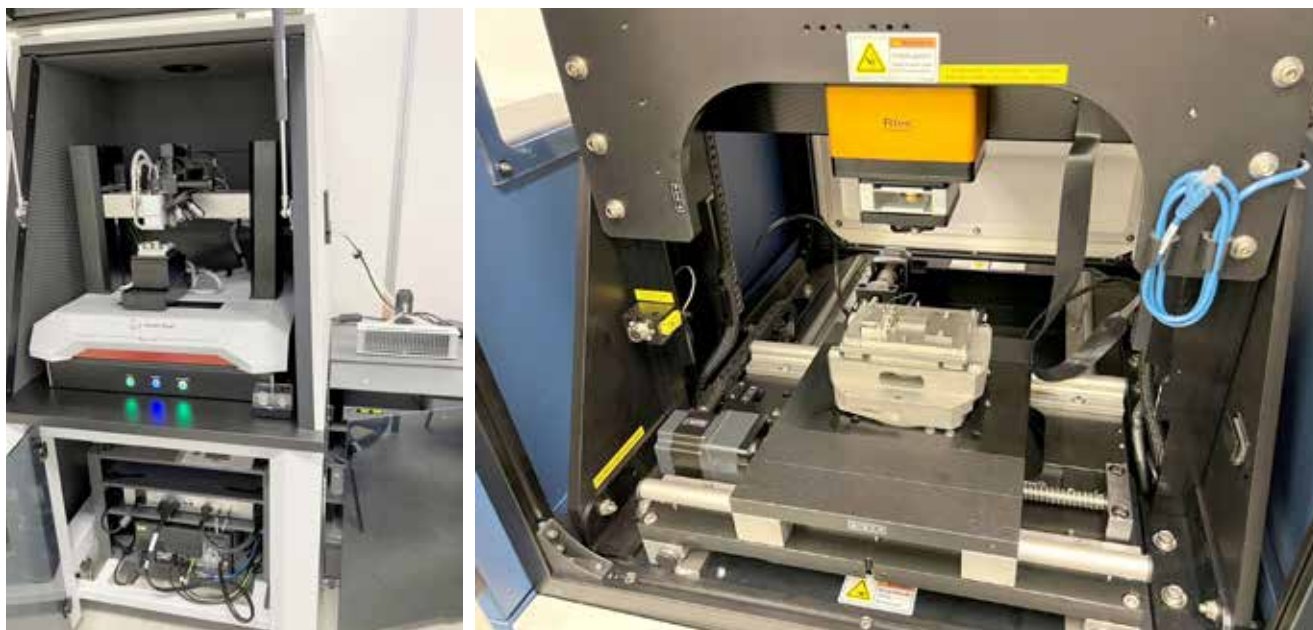
Sistem za tribološko in nanomehansko karakterizacijo mejnih površinskih filmov v širokem območju mehanskih in temperaturnih obremenitev omogoča študij in podporo zelenim tehnologijam mazanja, zelenemu prehodu v industriji in še posebej elektromobilnosti, s čimer sledi najnaprednejšim trendom slovenske izvozne industrije. Namenjen bo tudi bazičnim in aplikativnim znanstvenim raziskavam, saj se z uvajanjem novih zelenih trajnostnih zahtev dramatično spreminjajo inženirske tehnologije in s tem potrebne tribološke rešitve in koncepti.

Sistem vsebuje tri sestavne in vsebinsko povezane sklope:

- ▶ večfunkcijsko tribološko preizkuševališče za študij triboloških površinskih filmov v širokem območju temperaturnih in mehanskih obremenitev,
- ▶ sistem za hlajenje tribološke komore za zelo nizke temperature ter
- ▶ nanomehansko preizkuševališče (nanovtiskovalec) za analizo površin in površinskih filmov pri visokih temperaturah in v potopljenem stanju (mazane površine).

Zeleni prehod in elektromobilnost pomenita dramatično spremembo načina življenja, s tem pa tudi trenutnih tehnologij; z vidika triboloških lastnosti to

**Dr. Tanja Potočnik Mesarič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



**Slika 1 :** Sklopi sistema za tribološko in nanomehansko karakterizacijo mejnih površinskih mazalnih filmov v širokem območju mehanskih in temperaturnih obremenitev (Foto: arhiv Laboratorija za tribologijo in površinsko nanotehnologijo)

pomeni drugačne kontakte in znanja o tribokemijskih interakcijah med površinami in mazivi, kemijske lastnosti mazalnih filmov, debeline mazalnih filmov itd. Nove tehnologije se bodo v celoti spremenile, saj se bodo uporabljala nova bazna olja, nove tanke prevleke, nove masti in predvsem novi aditivi. Pri naštetih izzivih bo nova raziskovalna oprema v veliki pomoč.

### Sistem za termično karakterizacijo multifunkcionalnih energijskih materialov

Raziskovalna oprema z različnimi dodatki je široko uporabna na različnih področjih obravnave termičnih lastnosti. Raziskovalne in razvojne aktivnosti fakultete s področja prenosa toplote in snovi so neposredno povezane s trenutnimi aktivnostmi uved-



**Slika 2 :** Sistem za termično karakterizacijo multifunkcionalnih energijskih materialov (Foto: IFP, d. o. o.)

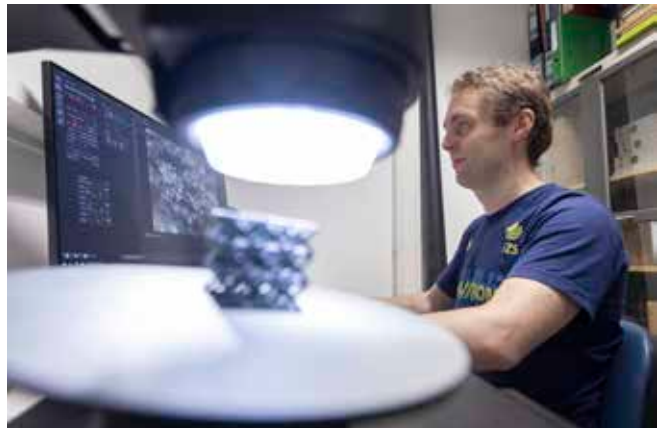
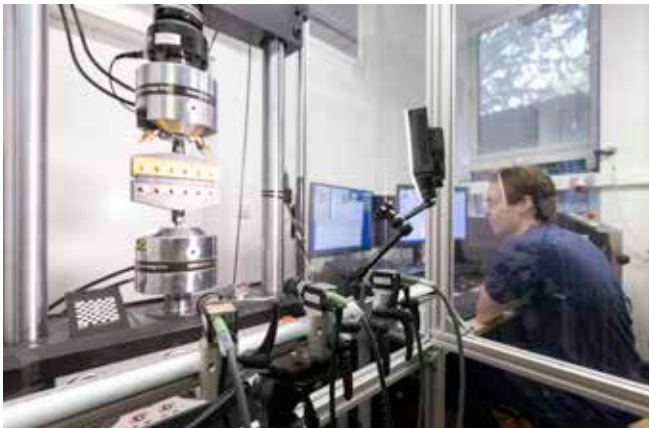
be trajnostnega razvoja in povečane stopnje varovanja okolja (Pariški podnebni sporazum, evropski Zeleni dogovor, 17 ciljev Združenih narodov za trajnostni razvoj). Zastavljene cilje oz. pravični prehod na zeleno in digitalno gospodarstvo je mogoče doseči le z uporabo inovativnih tehnologij, ki presegajo obstoječe.

Nova raziskovalna oprema raziskovalcem omogoča karakterizacijo in vrednotenje novih materialov in sestavov za uporabo na področjih hlajenja, črpanja toplote ter upravljanja s toploto. S tem fakulteta utrjuje svoj položaj na področju razvoja kaloričnih tehnologij hlajenja in toplotnih kontrolnih elementov, kar poleg preboja in vrhunskih rezultatov na znanstvenem področju omogoča tudi pridobitev novih mednarodnih raziskovalnih in industrijskih projektov.

Nova raziskovalna oprema omogoča preskok v razvoju kaloričnih hladilnih sistemov in toplotnih črpalk in s tem izboljšuje njihovo konkurenčnost na trgu. Nova oprema prav tako omogoča razvoj toplotnih kontrolnih elementov in s tem pospešuje njihov razvoj proti prvim industrijskim aplikacijam.

### Nadgradnja servohidravličnega preizkuševališča za termomehansko in optično vrednotenje preizkušancev

Nadgradnja servohidravličnega preizkuševališča za termomehansko in optično vrednotenje simulacije napetostno-deformacijskih in tudi poškodbenih dogajanj v materialu ali izdelku sta postala ključna dela temeljnih in aplikativnih raziskav kot tudi ra-



**Slika 3** : Nadgradnja servohidravličnega preizkuševališča za termomehansko in optično vrednotenje preizkušancev (Foto: IFP, d. o. o.)

zvoja mnogih izdelkov. Uspešnost simulacij je odvisna od veliko dejavnikov, še najbolj od pravilne izbire materialnega modela in pravih materialnih parametrov. Slednje lahko raziskovalci dobijo samo na osnovi eksperimentov na dejanskem materialu in preizkušancih.

Merilne metode in eksperimentalni postopki se z leti spreminjajo in nadgrajujejo, saj na primer materiali prihodnosti (avtomobilska, letalska in vesoljska panoga) za razliko od konvencionalnih jeklenih polimernih materialov izkazujejo drugačne mehanske in fizikalne lastnosti in zato potrebujejo prilagojeno eksperimentalno opremo.

Z nadgradnjo opreme bodo meritve natančnejše, izboljšani pa bodo tudi namenski testi na kovinskih, nekovinskih in hibridnih gradivih pri povišanih temperaturah in/ali povišanih hitrostih specifične deformacije. Bistveni del nadgradnje predstavlja oprema za izvajanje digitalno podprtih termomehanskih meritev in oprema za optično-digitalno vrednotenje testiranih preizkušancev in industrijskih komponent.

Za vsa dodatna vprašanja v zvezi z opremo in možnostih sodelovanja se lahko obrnete na [rr@fs.uni-lj.si](mailto:rr@fs.uni-lj.si).



**Tovarne prihodnosti**



**Zdravje**



**Trajnostna energija**



**Zelena in varna mobilnost**

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo





Rešimo vaše izzive skupaj!  
[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si) [rr@fs.uni-lj.si](mailto:rr@fs.uni-lj.si)  
Sledite nam 

## GREENTECH: RAZVOJ TOVARN IN IZDELKOV PRIHODNOSTI ZA ZELENI PREHOD

Raziskovalni program GREENTECH je pridobil financiranje na Javnem razpisu za sofinanciranje dolgoročnejših velikih raziskovalno-inovacijskih sodelovalnih programov na lestvici TRL 3-6 v okviru Načrta za okrevanje in odpornost.



*Poletne šole se je letos udeležilo tudi kar nekaj deklet, ki so bile, tako kot fantje, nad delavnicami izredno navdušene. Foto: Željko Stevanič, IFP, d.o.o*

Program GREENTECH združuje najboljše znanstvene kompetence z najboljšimi industrijskimi partnerji z namenom pomoči slovenskim podjetjem pri zelenem prehodu na dveh nivojih: proizvodnega procesa in izdelkov. GREENTECH je raziskovalni program, ki bo omogočil medsebojno povezanost revolucionarnih rešitev v celotni vrednostni verigi razvojno-

-proizvodnega procesa – od rešitev za raziskave in razvoj, tehnoloških rešitev v proizvodnji do rešitev za energetske varčne naprave, ki temeljijo na materialih iz EU. Raziskovalni program bo najprej vplival na zeleni prehod v Sloveniji, nato pa bo vpliv širil na področje Evropske unije in planeta kot celote.

V konzorciju sodelujejo podjetja Gorenje, d. o. o., Domel, d. o. o., LPKF, d. o. o., Yaskawa Slovenija, d. o. o., Danfoss Trata, d. o. o., Kronoterm, d. o. o., in Medius, d. o. o., ter raziskovalne organizacije Fakulteta za družbene vede (UL) in Fakulteta za management (UP). Vodilni partner projekta je Fakulteta za strojništvo (UL).

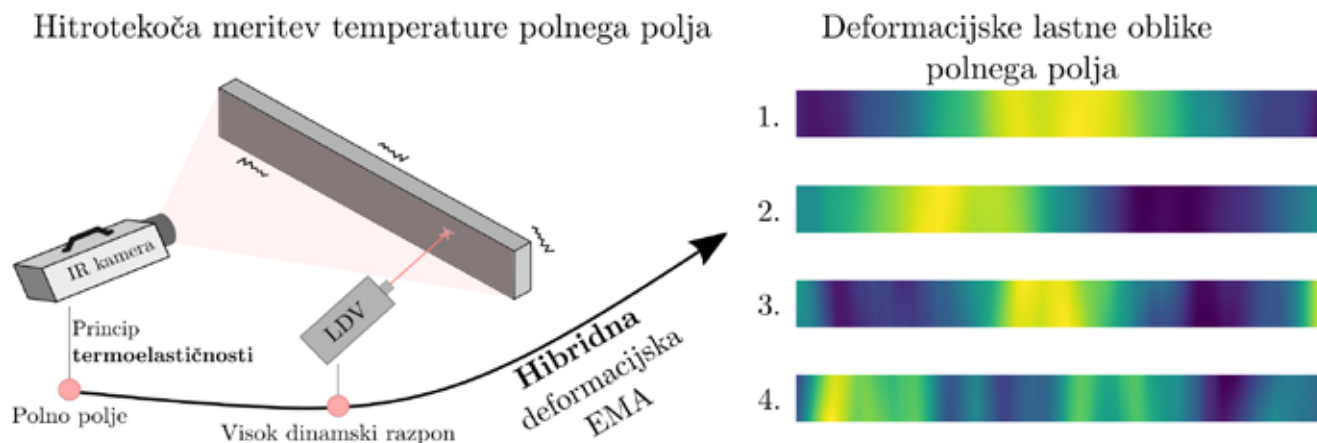
Obseg raziskovalnega programa je 5,2 milijona €, pri čemer je sofinanciran v obsegu 3,75 milijona €.

Ocenjujemo, da bo raziskovalni program v desetih letih popolne implementacije rešitev na trgu Evropske unije s prihranki v proizvodnem procesu in bolj zelenimi izdelki prispeval k zmanjšanju emisije CO<sub>2</sub> za več kot 17 milijonov ton, k zmanjšanju porabe energije za skoraj devet milijard kWh in materiala za približno 800 tisoč ton.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

## DEFORMACIJSKA EKSPERIMENTALNA MODALNA ANALIZA NA OSNOVI PRINCIPA TERMOELASTIČNOSTI

Raziskovalci Fakultete za strojništvo so objavili članek v *Mechanical Systems and Signal Processing*, eni od vodilnih revij s področja *Mechanics Engineering* (5/178, IF = 8,4).



Študija preučuje uporabo termoelastičnega načela za identifikacijo oblik obremenitve v Euler-Bernoullijevem nosilcu. Z uporabo hitre infrardeče (IR) kamere so raziskovalci dokazali, da je mogoče natančno določiti lastne deformacijske oblike tudi, ko šum preseže signal.

Tovrstni napredki izboljšajo natančnost pri zaznavanju in določanju lokacij kritičnih točk utrujanja v strukturah in predstavljajo preboj na področju

deformacijske eksperimentalne modalne analize (EMA). Objavljena raziskava pomembno prispeva k napredku brezstičnega zaznavanja intenzivnosti poškodbe in utrujanja.

Članek si lahko preberete na spletni strani:  
<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2023.110655>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

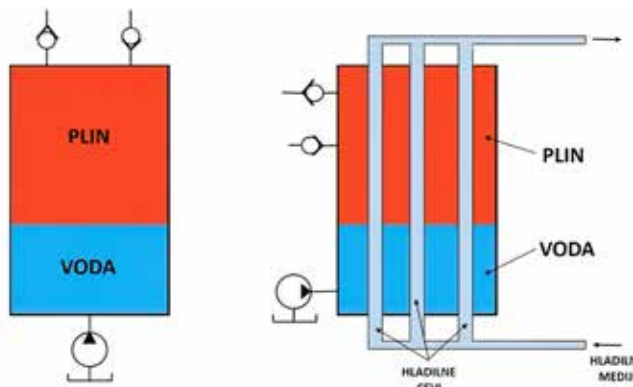
06. decembra 2023  
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

aktualne novice o posvetu so na voljo na [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)



## MODELIRANJE IN PARAMETRIČNO OPTIMIZIRANJE VODNEGA KOMPRESORJA Z VSTAVLJENIMI HLADILNIMI CEVMI

Raziskovalci Laboratorija za energetske delovne stroje in tehnično akustiko so v sodelovanju z raziskovalci iz *Universidade de Coimbra* predstavili koncept in postopek parametrične optimizacije vodnih kompresorjev (liquid piston compressor). Njihovo delo je bilo objavljeno v znanstveni reviji *Applied Thermal Engineering* ( $IF = 6,4$ ).



Levo: konvencionalni vodni kompresor, desno: predstavljeni koncept kompresorja z vstavljenimi cevmi

Prednosti vodnega kompresorja, kot so izotermna kompresija, odsotnost trenja kovinskih delov in notranjega puščanja ter možnost prilagoditve geometrije kompresiranemu mediju so ugodne lastnosti za uporabo te vrste kompresorjev v namene učinkovitega stiskanja medijev in shranjevanja energije.

Raziskava se osredotoča na študijo izvedbe kompresorja z vstavljenimi hladilnimi cevmi, ki dodatno pripomorejo k skoraj izotermni kompresiji. Vpeljan je bil postopek optimizacije omenjene naprave, kjer na izkoristek vpliva veliko število parametrov, kot so dolžina in debelina hladilnih cevi, njihovo število, oblika in razporeditev po prostoru. Predlagana je bila tudi korekcija izračuna koeficienta prenosa toplote na notranjih površinah kompresijskega prostora.

Predstavljeni koncept kompresorja omogoča učinkovito in zeleno pretvorbo in shranjevanje energije v najrazličnejših aplikacijah v industriji, energetiki in transportu.

Članek si lahko preberete na spletni strani:  
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120436>

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

časopis  
**industrija**

**Vaša sigurna pot  
do tržišča v Srbiji**



**Promovišite svoj posao i predstavite  
Vašu kompaniju,**

**Najnovije vesti, intervjui, reportaže  
sa sajmova u Srbiji i regionu,  
predstavljanje kompanija, sve na  
jednom mestu.**

**[www.industrija.rs](http://www.industrija.rs)**

[www.facebook.com/casopis.industrija](https://www.facebook.com/casopis.industrija)

Pokličite nas:

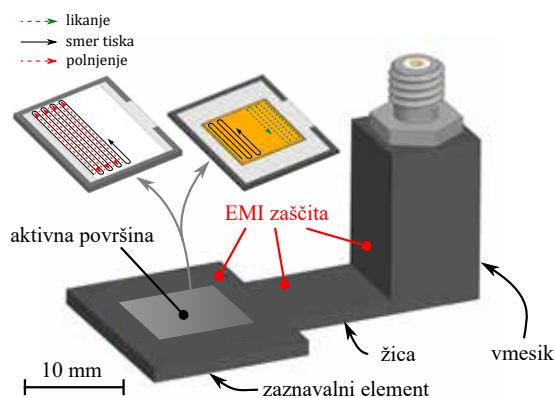
**ČASOPIS INDUSTRIJA**  
Lazara Kujundžića 88,  
11030 Beograd, Srbija

tel/fax. + 381 11 305 88 22  
mob. + 381 60 344 84 28  
e-mail: [office@industrija.rs](mailto:office@industrija.rs)

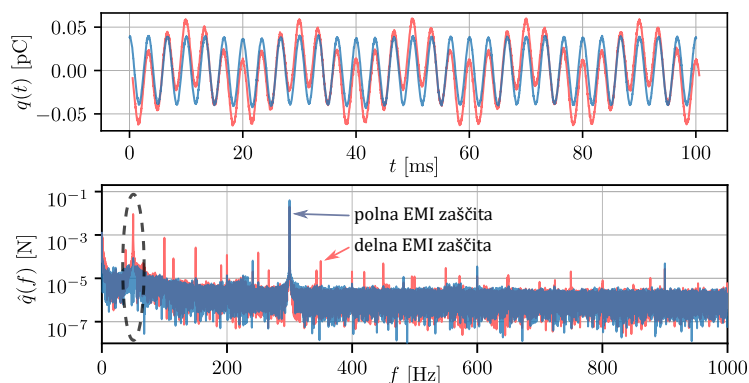
# IZDELAVA 3D-NATISNJNIH PIEZOELEKTRIČNIH ZAZNAVAL Z ELEKTROMAGNETNO ZAŠČITO V ENEM PROCESU Z UPORABO TERMOPLASTIČNE EKSTRUZIJE MATERIALA

Raziskovalci Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so predstavili metodo za 3D-tiskanje piezoelektričnih zaznaval, ki so odporna na elektromagnetne motnje. Njihovo delo je bilo objavljeno v vodilni znanstveni reviji področja *Additive Manufacturing* (*IF = 11.632*).

## 3D NATISNJENO ZAZNAVALO:



## ZMANJŠANJE ELEKTROMAGNETNE INTERFERENCE:



3D natisnjeno zaznavalo (levo) in njegov odziv v primeru polne in delne elektromagnetne zaščite (desno)

Piezoelektrična zaznavala, ključna v industrijah od robotike do medicine, pretvarjajo mehansko energijo v električne signale in obratno. Njihova vsestranskost je lahko zasenčena zaradi občutljivosti na elektromagnetne motnje, ki lahko v meritve vnašajo prekomeren šum. Raziskovalci Fakultete za strojništvo so uporabili 3D-tisk in piezoelektrične, prevodne ter standardne termoplastične polimere za izdelavo zaznaval z visoko občutljivostjo in integrirano elektromagnetno zaščito v enem samem postopku.

Raziskava vključuje celovito 3D-tiskanje piezoelektričnih zaznaval – vključno s 3D-tisanimi žicami in vmesniki, združljivimi s standardno merilno opremo. Da bi zagotovili funkcionalnost zaznaval in popolno zaščito pred elektromagnetno interferenco, so raziskovalci vpeljali tehnike, kot so »polnjenje med sledmi ekstruzije« in »likanje elektrod«, s čimer

so se izognili morebitnim električnim kratkim stikom med izdelavo.

Predstavljena piezoelektrična zaznavala je možno povezati s komercialnimi priključki na merilnih napravah, kar razširja njihovo uporabnost. Izmerjeno razmerje med signalom in šumom zaznavala je bilo 27 dB, kar kaže na sposobnost zaznavanja tudi najmanjših obremenitev.

Predstavljena metoda izdelave zaznaval omogoča uporabo v različnih aplikacijah – od spremljanja zdravja struktur do robotike in medicine.

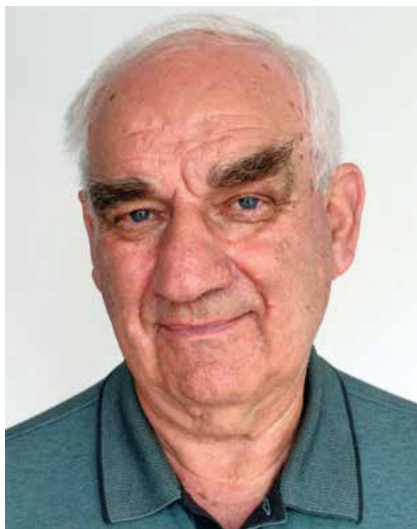
Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2023.103699>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)



## PROF. DR. JOŽE VIŽINTIN JE PREJEL PUHOVO NAGRADO ZA ŽIVLJENJSKO DELO

Minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije Igor Papič in predsednica Odbora Republike Slovenije za podelitev nagrad in priznanj za izjemne dosežke v znanstvenoraziskovalni in razvojni dejavnosti Nataša Vaupotič sta razglasila letošnje dobitnice in dobitnike najvišjih državnih nagrad in priznanj na področju znanosti. Odbor je letos prejel 60 popolnih vlog, izmed katerih je nagrade in priznanja podeli štirim nagrajenkam in enajstim nagrajencem.



Jože Vižintin FOTO: Osebni arhiv

Puhovo nagrado za življenjsko delo je prejel prof. dr. Jože Vižintin, profesor za področje tribologije, vede o trenju, obrabi in mazanju, in mehanske pogone na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Prof. dr. Jože Vižintin je ustanovil in opremil Center za tribologijo in tehnično diagnostiko, ki je postal eden najpomembnejših v Evropi. S svojimi dosežki je prispeval, da sta se tribologija in tehnična diagnostika uveljavili v akademski sferi in v slovenski industriji ter se na obeh področjih povzpeli v sam evropski in svetovni vrh.

Prav tako je leta 2002 prejel Zoisovo nagrado za vrhunske dosežke na področju strojništva, leta 2000 in 2006 pa nagrado Ameriškega združenja strojnih inženirjev in priznanje fellow STLE za posebne dosežke v tribologiji. Kot prvi na svetu je izmeril temperaturo, ki nastane v t. i. freting kontaktu in dokazal spremembo strukture materiala, zaradi katere material izgubi trdnost in nosilnost. Danes je upokojen, a še vedno zelo aktiven na številnih področjih.

Vsem nagrajenkam in nagrajencem iskreno čestitamo.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

 **Celjski sejem**

# SEEnergy for Tomorrow

KONFERENCA & RAZSTAVA

**15.-17. MAJ 2024**



# POTENCIAL BIONIKE ZA PRILAGAJANJE NA EKSTREMNA OKOLJA

Janez Škrlec

Po moji prvi avtorski knjigi o bioniki, izdani lansko leto, sem se usmeril v iskanje potencialnih možnosti uporabe bionike na zelo specifičnih področjih. Zasedil sem intenziven razvoj, ki se navezuje na vesoljske tehnologije. Če si predstavljamo, da bodo v prihodnosti ljudje raziskovali oddaljene meje vesolja in se bodo morali prilagajati ekstremnim okoljem, je povsem pričakovano, da bo potrebno razviti tehnologije, ki bodo tem izzivom kos.

Preden lahko ocenimo vlogo, ki jo ima bionika pri raziskovanju vesolja, je pomembno razumeti, kaj ta sploh je. V bistvu je bionika zlitje biologije in tehnologije ali povedano drugače: posnemanje naravnih sistemov za reševanje zapletenih tehnoloških problemov. Bionika vključuje ustvarjanje umetnih udov, organov in drugih delov telesa, tudi implantabilnih vsadkov, ki se lahko skoraj neopazno vključijo v človeško telo. Bionika je področje, ki spreminja način razmišljanja o človeških zmožnostih. Z združevanjem moči tehnologije z zapletenostjo biologije so znanstveniki in inženirji že danes naredili neverjeten napredek pri obnavljanju izgubljenih funkcij in izboljšanju človeških sposobnosti.

## Znanost za bioniko

V središču bionike je globoko razumevanje človeške anatomije in fiziologije. Znanstveniki in inženirji neutrudno delajo, da bi raziskali zapleteno delovanje naših teles in jih posnemali v umetni obliki. S posnemanjem strukture in funkcionalnosti naravnih bioloških sistemov želi bionska tehnologija obnoviti izgubljene sposobnosti in izboljšati človeške sposobnosti. Z obsežnimi raziskavami in eksperimentiranjem so strokovnjaki pridobili globoko razumevanje o tem, kako naše mišice, živci in senzorični organi skupaj delujejo, da ustvarijo zapletene gibe in občutke. To znanje služi kot osnova za razvoj bionske tehnologije. Obstaja več ključnih komponent, ki sestavljajo bionično tehnologijo. Umetni udi in protetika so morda najbolj znan primer. Te sofisticirane naprave lahko posnemajo gibanje in spretnost naravnih okončin, kar posameznikom omogoča, da ponovno pridobijo mobilnost in neodvisnost. Protetični udi so oblikovani tako, da natančno posnema-

jo strukturo in funkcionalnost človeških udov. Opremljeni so z naprednimi senzorji, ki lahko zaznajo premike mišic in jih pretvorijo v ustrezna dejanja. To omogoča uporabnikom, da nadzirajo protetični ud z neverjetno natančnostjo, kar jim omogoča izvajanje nalog, ki so se včasih zdele nemogoče. Bionska



*Razvoj eksoskelto in bionske protetike pomeni velik napredek za zdravstvo, medicino in človeštvo nasploh. (Vir: internet, <https://www.shutterstock.com/search/exoskeleton>)*

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

tehnologija poleg umetnih udov vključuje tudi druge izjemne napredke na področju implantabilnih vsadkov, razvoja bionskega vida in sluha, v razvoju možganskih vmesnikov in iskanju rešitev za brezbarterijsko napajanje vsadkov.

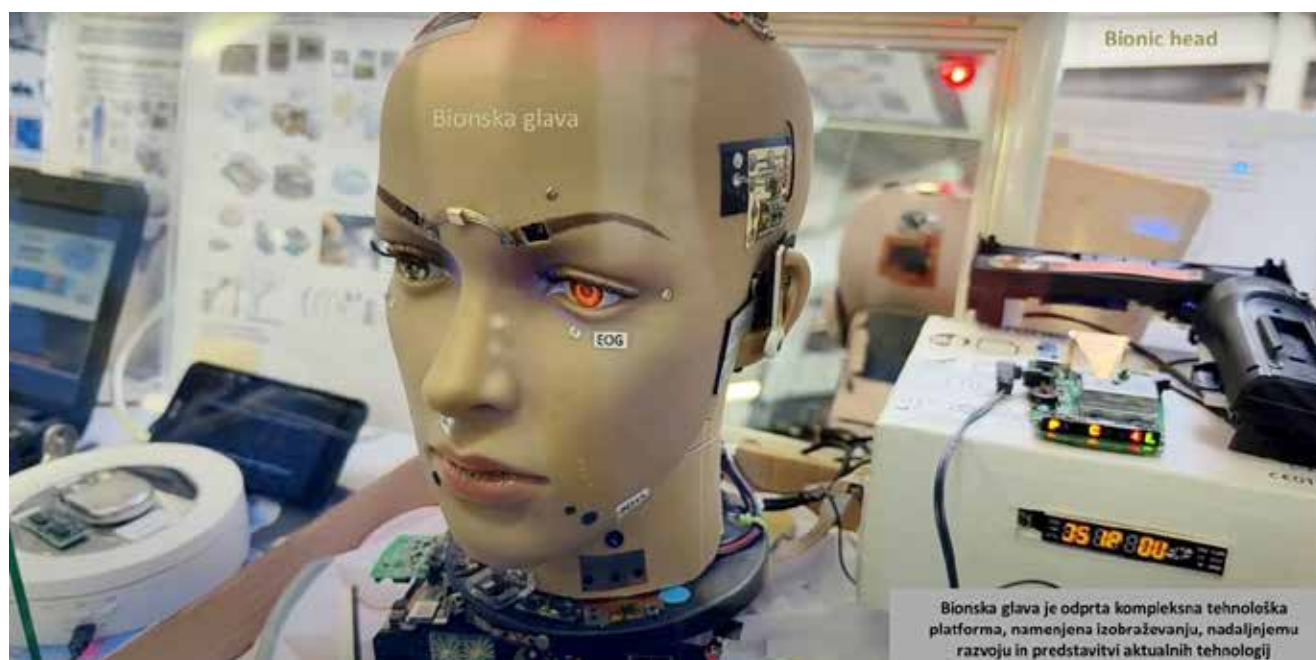
## Kaj si lahko z gotovostjo obetamo v prihodnje?

Področje bionike se še naprej hitro razvija in redno prihaja do novih prebojev. Ker se naše razumevanje biologije in tehnologije pogloblja, lahko pričakujemo še večji napredek v prihodnosti. Od raziskovanja vesolja do zdravstvenega varstva ima bionika ogromen potencial za preoblikovanje načina življenja in interakcije s svetom. Ko osvojimo osnovno razumevanje bionike, lahko raziščemo njeno potencialno vlogo pri raziskovanju vesolja. Raziskovanje vesolja je bilo vedno predmet fascinacije človeštva. Od prvih korakov na Luni do misij na Mars smo ljudje nenehno premikali meje možnega v vesolju. Eno področje, ki se je pokazalo kot zelo obetavno pri raziskovanju vesolja, je področje bionike. Če pogledamo naprej, so možnosti bionike pri raziskovanju vesolja resnično osupljive. Z napredno bionično tehnologijo bi lahko astronaute potencialno opremili z umetnimi organi, ki lahko prenesejo težke razmere v vesolju. Predstavljajte si umetna pljuča, ki filtrirajo škodljive delce, ali umetno srce, ki lahko učinkovito črpa kri v okolju brez gravitacije. Poleg tega bi bionika lahko spremenila način komuniciranja astronautov v vesolju. Predstavljajte si bionični vsadek, ki izboljša njihov sluh in jim omogoči, da zaznajo tudi najšibkejše signale. Tehnološki preboj lahko odpira nove poti za odkrivanje zunajzemeljskega življenja

in razširja naše razumevanje vesolja. Druga vznemirljiva možnost je integracija bionske tehnologije z robotskimi sistemi. Z združitvijo prednosti ljudi in robotov bi lahko vesoljske misije postale učinkovitejše in uspešnejše. Bionični udi bi lahko povečali moč in spretnost robotov ter jim omogočili opravljanje zapletenih nalog v zahtevnih okoljih. To sodelovanje med ljudmi in roboti bi lahko utrlo pot do izjemnega napredka pri raziskovanju vesolja. Poleg tega bi lahko bionika igrala ključno vlogo pri dolgotrajnih vesoljskih misijah, kot so tiste na Mars. Človeško telo je med daljšim bivanjem v vesolju podvrženo številnim fiziološkim spremembam, vključno z atrofijo mišic in izgubo kosti oz. kostne mase. Bionični vsadki bi lahko pomagali ublažiti te učinke, kar bi astronomom omogočilo ohranjanje fizičnega zdravja in dobrega počutja med celotno misijo.

## Prilagajanje na ekstremna okolja: bionična prednost

Ena od ključnih prednosti bionike pri raziskovanju vesolja je njena sposobnost, da človeku pomaga pri prilagajanju na ekstremna okolja. Ko se astronauti podajajo v vesolje, se srečujejo s številnimi izzivi, ki lahko ogrozijo njihovo zdravje in dobro počutje. Zaradi pomanjkanja virov in težkih razmer je ohranjanje življenja velik izziv. Vendar pa bionična tehnologija ponuja izvedljive rešitve za te težave. V ogromnem vesolju, kjer je virov malo, okolje pa neprizanesljivo, lahko igra bionika ključno vlogo pri zagotavljanju preživetja. Umetne organe bi lahko na primer uporabili za uravnavanje vitalnih telesnih funkcij, kar bi zagotovilo, da astronauti ostanejo zdravi in optimalno delujejo med svojimi misijami.



Moj projekt bionska glava na sliki je kompleksna tehnološka platforma, v katero so integrirani mnogoštevilni sistemi in implantabilni vsadki. Namenjena je izobraževanju, nadaljnjemu razvoju komponent in sistemov ter predstavitvi danes aktualnih tehnologij. Foto: Janez Škrlec.

Vsekakor bodo bionske tehnologije tiste, ki bodo podaljševale življenjsko dobo astronautov in izboljševale njihovo splošno počutje. Preživetje v težkih razmerah je zastrašujoča naloga še posebej pri raziskovanju neraziskanih področij v vesolju. Vendar bionika ponuja kanček upanja, saj astronautom nudi potrebne fizične prilagoditve za premagovanje teh izzivov. Predstavljajmo si scenarij, v katerem so astronauti zadolženi za raziskovanje planeta z ekstremno zahtevnimi tereni, v takih razmerah bi se bionični udi in eksoskeleti lahko izkazali za neprecenljive dobrine. Ta napredna protetika bi astronautom omogočila enostavno navigacijo skozi težke terene in uspešno premagovanje ovir, ki bi bile sicer nepremostljive. Poleg tega ekstremne temperature močno ogrožajo preživetje ljudi v vesolju. Bionično tehnologijo bi lahko uporabili za razvoj specialnih oblek, ki uravnavajo telesno temperaturo in astronaute ščitijo pred visoko vročino ali mrazom. S temi izboljšavami bi lahko astronauti zdržali najtežje pogoje, s čimer bi razširili obseg okolij, ki jih ljudje lahko raziskujejo in osvajajo.

Razviti bionično tehnologijo, ki lahko vzdrži obremenitve vesolja, ni lahek podvig. Znanstveniki in inženirji se morajo spopadati s težavami, kot so izpostavljenost sevanju, ekstremne temperature in omejena razpoložljivost virov. Premagovanje teh

tehničnih ovir zahteva inovativno razmišljanje in sodelovanje med različnimi disciplinami. Drug pomemben vidik, ki ga je treba upoštevati, so etične posledice bionske tehnologije pri raziskovanju vesolja. Pojavljajo se vprašanja v zvezi z možnostjo neenakosti med astronauti, saj nimajo vsi dostopa do najnovejših bionskih izboljšav. Poleg tega obstajajo pomisleki glede dolgoročnih učinkov življenja z umetnimi organi in možnosti odvisnosti od bionične tehnologije. Kljub tem izzivom je prihodnost bionike v raziskovanju vesolja videti zelo obetavna. Od napredka v znanosti o materialih do odkritij na področju nevronske vmesnikov se bionična tehnologija še naprej hitro razvija. Znanstveniki premikajo meje možnega in raziskujejo nove načine za brezhibno združevanje biologije in tehnologije. Ti nastajajoči trendi ponujajo mamljive poglede v prihodnost bionike tudi v raziskovanju vesolja. Možnega vpliva bionike na prihodnje vesoljske misije ni mogoče preceniti. Z izkoriščanjem moči bionične tehnologije bi se ljudje lahko podali globlje v vesolje, raziskovali nove svetove in premagali fizične omejitve, ki so nas tako dolgo ovirale. Z zlitjem biologije in tehnologije lahko človeštvo premaga izzive, ki jih prinaša prostranost vesolja. Ker se naše razumevanje bionike pogloblja in se tehnološki napredek nadaljuje, je samo vprašanje časa, kdaj bomo stopili na nove meje, ki jih bo vodila moč bionike.

## RAZVIT IN IZDELAN V SLOVENIJI

# YASKAWA

# GP20

## GLAVNE PREDNOSTI

- Vitka in robustna zasnova
- Uporaba v različnih robotskih aplikacijah
- 20 kg nosilnosti
- Velik polmer dosega: 1.802 mm
- Hiter / visoki pospeški in pojemki
- Enostaven zagon, uporaba in vzdrževanje

YASKAWA Slovenija d.o.o. [www.yaskawa.si](http://www.yaskawa.si)



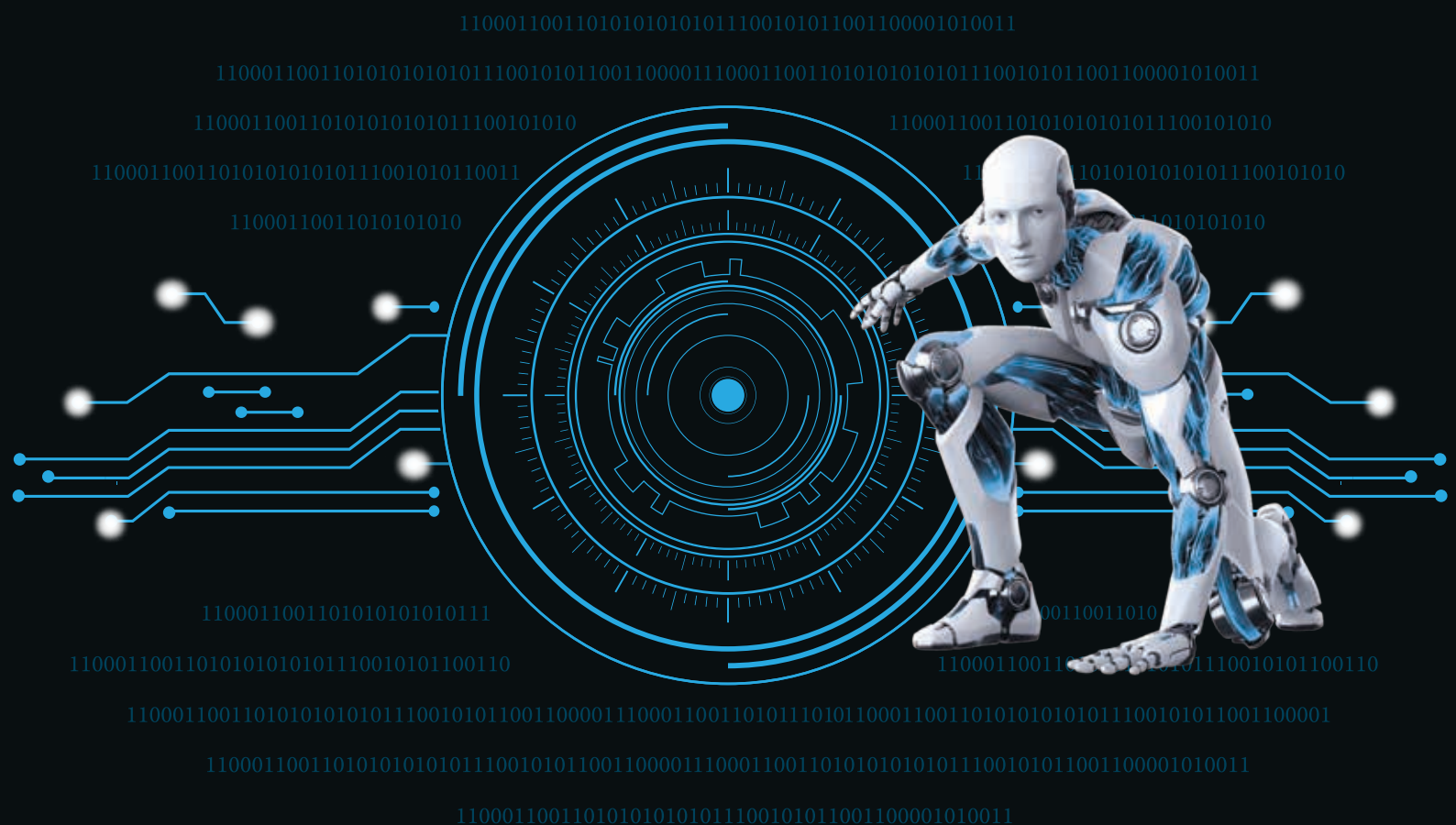
Controlled by  
YRC1000



# IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

13.-15. februar 2024

Ljubljana



# RAZVOJNI TRENDI NA PODROČJU FLUIDNE TEHNIKE

Franc Majdič

## Izvleček:

Fluidna tehnika predstavlja eno izmed možnosti nadzorovanega prenosa energije. Čeprav dandanes predvsem politični akterji na svetovni ravni močno podpirajo električne pogone, so ti in krmilja še vedno nezogibni. Med drugim tudi uporaba hidravličnih pogonov vpliva na ogljični odtis, zato je zmanjšanje tega vpliva zelo pomemben trend. S hidravličnega vidika je to mogoče doseči z izboljšanjem učinkovitosti posameznih komponent. Povprečni skupni izkoristek hidravličnih sistemov je med 23 % in 30 %, zato je potrebno poglobljeno analizirati vzroke za to stanje in ukrepati. Uporabniki hidravličnih komponent želijo izračunati uporabno dobo posamezne hidravlične komponente, podobno, kot je že dolgo uveljavljeno za ležaje. Sodoben trend je tudi postavitve digitalnih dvojčkov, to je numeričnih modelov in merilno-krmilnih sistemov, ki s pomočjo strojnega učenja uporabniku sporočajo trenutno stanje sistema. Zelo pomembna je tudi uporaba računalniških simulacij in 3D-tiskanja.

## Ključne besede:

fluidna tehnika, hidravlika, mehka robotika, digitalizacija, alternativne tehnologije, digitalni dvojčki

## 1 Uvod

Fluidna tehnika se ukvarja s pretvarjanjem, prenosom in nadzorom moči z uporabo tekočin pod tlakom. Pogonsko-krmilna hidravlika se nenehno razvija v skladu z vsemi drugimi tehničnimi izboljšavami: od digitalizacije, nizke porabe energije do popolne diagnostike, zelenih in pametnih tehnologij. Že desetletja poteka »tehnološko tekmovanje« med električnimi in hidravličnimi pogoni, danes so še posebej izpostavljeni električni. Svetovni politični trendi skušajo prepričati, da so električni pogoni edina rešitev za našo prihodnost, ki bo zelena in napredna. Kljub vsemu so hidravlični pogoni ostali in bodo ostali, saj se nenehno izpopolnjujejo in prilagajajo svetovnim trendom. Danes si brez hidravličnih pogonov ni mogoče predstavljati težkih gradbenih, kmetijskih, gozdarskih, rudarskih, pomorskih, letalskih, železarskih, lesnoobdelovalnih in drugih strojev. Primerni so predvsem za velike obremenitve, hitro in natančno pozicioniranje itd. Prednosti uporabe hidravlike so: visoka gostota moči – majhen volumen komponent, dobro dušenje dinamičnih obremenitev, enostavna in zanesljiva zaščita sistema pred preobremenitvijo, enostavna menjava smeri gibanja, enostavna nastavitve sile ali momenta, hiter odziv, velika togost sistema itd.

Področje pogonsko-krmilne hidravlike se razvija v več smereh: tekočine, komponente, materiali, tehnologije, alternativne tehnologije – 3D-tiskanje, meha-

tronika, digitalizacija, inženirska diagnostika, ogljični odtis, mehka robotika, humanoidna robotika, učenje na daljavo, internet stvari itd. V hidravliki obstajajo tudi ovire na poti do izboljšav: višji proizvodni stroški, visoka sistemska kompleksnost, implementacijski napori, nepopolna uporaba digitalnih rešitev itd.

Področje pogonsko-krmilne hidravlike je povezano tudi z učinki podnebnih sprememb, ki posredno povzročajo naravne katastrofe, kot so višje temperature, orkani, tornadi, poplave itd. Od leta 1890 do danes [1] se je temperatura okolja v Evropi dvignila za povprečno 1,6 °C.

Okolje zato zahteva hitro in učinkovito ukrepanje, da ne bomo deležni še večjih nesreč. Strokovnjaki opozarjajo, da lahko dvig povprečne okoljske temperature le za 2 °C v naslednjih desetih letih povzroči popolno taljenje arktičnega ledu [2], da lahko izgine do 99 % tropskih koralnih grebenov, da se poplave rek lahko povečajo za 170 % (kot je bilo avgusta letos v Sloveniji), da se gladina morja lahko dvigne za več kot meter, ...

## 2 Povečanje energetske učinkovitosti

Pogonsko-krmilna hidravlika porabi med  $66 \cdot 10^{10}$  kWh in  $88 \cdot 10^{10}$  kWh letno, od tega 40 % porabijo mobilni stroji, 56 % industrijska hidravlika in 3 % letalstvo. Z zgornjo količino energije, ki se letno porabi, hidravlični sistemi proizvedejo med 310 in 380 milijonov metričnih ton (MMT) ogljikovega dioksida. Po podatkih British Fluid Power Association je povprečen skupen izkoristek hidravličnih strojev in naprav med 23 % in 30 % [3].

Izr. prof. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo





**Slika 1 :** Mikropozicioniranje sistema z digitalnimi ventili [5]

Hidravlični sistemi proizvajajo kinetično energijo v obliki toka in potencialno energijo v obliki tlaka. Notranji tribološki stik med premičnimi in stacionarnimi elementi znotraj hidravličnih komponent (predvsem črpalk in ventilov) nima tesnil, ima pa zelo nizko (nekaj  $\mu\text{m}$ ) režo. Tlačna razlika v režah povzroči notranje puščanje, kjer se energija hidravličnega tlaka pretvori v višjo temperaturo kapljevine. Neustrezna, poslabšana čistoča hidravlične tekočine vpliva na večjo obrabo in povečuje razmak med dvema elementoma. Ko se notranje uhajanje skozi reže poveča, se volumetrični izkoristek opazovane komponente zmanjša [4].

Digitalni hidravlični ventili omogočajo energetsko učinkovito uporabo pri krmiljenju položaja in tlaka [5]. Takšne digitalne ventile lahko najdemo v številnih panogah industrije. Zanje sta značilna hitra regulacija in malo ali nič notranjega puščanja, ker je uporabljen sedežni ventil (*slika 1*). Uporaba digitalnih ventilov lahko omogoča tudi rekuperacijo energije in se lahko uporablja v številnih aplikacijah, kot so žerjavi, viličarji itd.

Zaradi notranjega puščanja v hidravličnih komponentah in tlačnih razlik pri pretakanju skozi hidravlične cevovode in komponente se hidravlična energija pretvarja v toploto. Segrevanje hidravlične tekočine spremeni njene lastnosti, kar ni zaželeno. Zato je kakovostno odvajanje toplote zelo pomembno. V ta namen se nenehno razvijajo nove visokokakovostne rešitve odvajanja toplote iz hidravlične tekočine v okolje [6].

### 3 Izboljšanje zanesljivosti sistema

Pomembne lastnosti hidravličnih kapljev, ki vplivajo na daljšo uporabno dobo hidravličnih sistemov, so: viskoznost, zaščita pred obrabo, toplotna stabilnost, zaščita pred korozijo, odpornost proti

penjenju, sposobnost raztapljanja (zmožnost sproščanja vode), obstojnost pred oksidacijo in ustrezna čistoča. Od tlaka odvisne lastnosti tekočine, ki vključujejo modul stisljivosti, kinematično viskoznost in gostoto, lahko močno vplivajo na učinkovitost hidravličnega sistema [4, 7, 8].

Zanesljivost in uporabna doba hidravličnih komponent sta močno odvisni od njihovih delovnih pogojev, predvsem od čistosti uporabljene hidravlične tekočine. Številni strokovnjaki po vsem svetu se ukvarjajo z določanjem uporabne dobe posameznih hidravličnih komponent v odvisnosti od čistoče. Obrabni delci s svojimi tehničnimi lastnostmi (trdota, žilavost, ...) migrirajo s hidravlično tekočino in obrabijo tesnilno-drsne površine komponent. Ker je težko pridobiti dejanske obrabne delce in ker takšni testi trajajo dolgo, trenutno potekajo raziskave za določitev faktorja pospešitve pri preskusih trajne obrabe z abrazivno-agresivnim standardnim testnim praškom (MTD) [9] (*slika 2*). Novak in drugi so raziskovali obrabo hidravlične zobniške črpalke z zunanjim ozobjem ločeno s testnim prahom in z obrabnimi delci [10].

Spremljanje stanja hidravličnih komponent in sistemov lahko zaradi velike verjetnosti izogibanja okvaram prihrani veliko denarja. Poškodbe/obrado je mogoče odkriti v zgodnji fazi, tako da je mogoče na tej podlagi z zgodnjim ukrepanjem preprečiti najhujše. Z ustreznim spremljanjem stanja lahko zaznamo okvare posameznih delov opazovane hi-



**Slika 2 :** Trojno trajnostno preizkuševališče za testiranje zobniških črpalk pri različnih čistočah in različnih delcih [10]



**Slika 3 :** Kavitacijska obraba ventilske plošče zobniške črpalke z notranjim ozobjem

dravlične komponente. Ameriški raziskovalci [11] so razvili metodo za odkrivanje obrabljene ventilske plošče aksialne batne črpalke s spremenljivo prostornino, ki zmanjša število potrebnih senzorjev na pet. Za uspešno odkrivanje okvare ventilske plošče (slika 3) so izmerili vstopni in izstopni tlak, število vrtljajev pogonske gredi in dejanski pretok na izstopnem tlačnem priključku črpalke.

#### 4 Gradnja inteligentnih sistemov

Trendi razvoja fluidne energije so močno usmerjeni v popolno digitalizacijo na več področjih [4]:

- ▶ industrija 4.0 (kiber-fizični sistemi, internet stvari),
- ▶ fuzija fizičnih strojev in vgrajenih sistemov,
- ▶ digitalni dvojček/digitalna senca strojev, sistemov, procesov (slika 4),
- ▶ velika količina podatkov in napredna podatkovna analitika itd.

#### 5 Zmanjšanje velikosti in teže komponent

Velikost in težo materialov lahko zmanjšamo z različnimi pristopi:

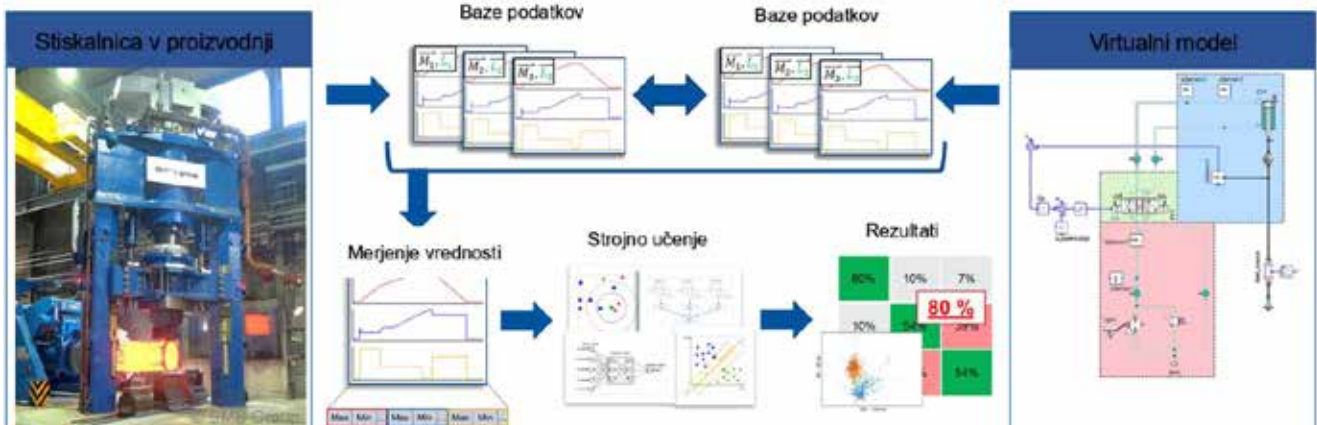
- ▶ novi in alternativni materiali,
- ▶ optimizacija oblike in iterativni procesi,
- ▶ 3D-tisk.

##### 5.1 Novi in alternativni materiali

Težnje po uporabi novih materialov so razdeljene v skupine glede na njihovo definicijo oziroma uporabo. Delimo jih na osnovne materiale in materiale, ki se uporabljajo za premaze. Ker je večina hidravličnih komponent izdelanih iz kovin in kovinskih zlitin, se težnje osredotočajo na izboljšanje kemijske strukture obstoječih materialov. Te se dosežejo z ustvarjanjem popolne mešanice surovin in njihovim kombiniranjem (taljenjem), da se ustvarijo bolj trpežni materiali, ki lahko bolje prenesejo obremenitve in, če je mogoče, zmanjšajo težo končne strukture [12]. V zvezi s kovinskimi strukturami je bilo v zadnjem času izvedenih veliko študij in raziskav tudi na področju trdih prevlek. Glavna funkcija prevlek je boljša odpornost proti koroziji, eroziji in kavitaciji. Različni materiali in zlitine prinašajo široko paleto različnih lastnosti prevlek, ki jih je treba zelo dobro razumeti, da lahko izberemo pravo za določeno uporabo. Prevleke lahko razvrstimo glede na začetno stanje materiala:

- ▶ parna faza: kemično napanjanje (CVD) in fizično napanjanje (PVD) uporabljata plazmo kot glavni vir energije za nanašanje materialov;
- ▶ stanje raztopine: elektrokemijsko nanašanje, solni gel, ...;
- ▶ staljeno (ali delno staljeno) stanje: lasersko nanašanje, varjenje, ...

Materiali, ki se uporabljajo za prevleke, so trdi in mehki premazi, ki so večinoma polimeri. Kovine, ki



**Slika 4 :** Digitalni dvojček hidravlične stiskalnice [4]

se uporabljajo za prevleke, so: molibden disulfid, titanov nitrid, nikelj, krom, baker, srebro, zlato, kadmij, platina, indij in druge. Kot smo že omenili, nekatere prevleke, ki so zelo odporne proti obrabi, niso na osnovi kovin, ampak so večinoma polimeri. Če jih naštejemo le nekaj: PTFE, poliamidi, elastomerni premazi in drugo.

Nekateri polimerni materiali se lahko uporabljajo tudi kot samostojni materiali: poliamidi, poliestrske smole, PEEK, UHMWPE, POM, PTFE in drugi.

Skoraj ne moremo govoriti o novih materialih, ne da bi govorili o materialih na osnovi ogljika. Široko uporabljena ogljikova vlakna v kombinaciji s poliestrskimi smolami so lahko v organizirani obliki kot tkanina ali v kaotičnem stanju z vlakni, naključno razporejenimi po volumnu, kar imenujemo kovana ogljikova vlakna. Karbon omogoča strukturam, da prenesejo velike obremenitve, hkrati pa ohranjajo minimalno težo. Veliko študij je bilo izvedenih tudi o ogljikovih nanostrukturah v obliki nanocevk [14]. Te študije so pokazale, da lahko nanocevke prenesejo največje obremenitve.

## 5.2 Optimizacija oblike in iterativni procesi

Optimizacija oblike je star postopek odstranjevanja nepotrebne količine začetnega materiala za zmanjšanje mase strukture. Pri tem je treba vedeti, koliko materiala je mogoče odstraniti, da bo konstrukcija vzdržala uporabljene obremenitve in deformacije. Numerično je to zelo zapleten proces. V bistvu gre za vprašanje, »koliko je preveč«. Človeški instinkt je nezmožen takšnih operacij, zato je bilo treba za doseganje optimalnih rezultatov uporabiti računalnike. Uporaba sodobne programske opreme za določitev optimalne oblike in mase, ki jo je treba odstraniti na podlagi obremenitev in omejitev z znano začetno prostornino, se imenuje topološka optimizacija. Pri tej vrsti optimizacije oblike se metode končnih elementov uporabljajo za izračun napetosti, ki se pojavijo v prostornini materiala, da se določi, kje in koliko materiala je mogoče varno odstraniti, da lahko predmet še vedno opravlja svoje predvidene naloge [15].

Pri nekoliko drugačnem pristopu iterativne metode niso omejene z začetnimi pogoji in lahko podajo vrsto različnih rešitev za isti problem, kar oblikovalcu omogoča, da izbere optimalno. Običajno se primerjajo različne rešitve na podlagi trdnosti, uporabljene materiala in celotne oblike, ki mora ustrezati zahtevam ali omejitvam. Eden takih procesov je generativno oblikovanje [16]. Generativne izvedbe se razlikujejo tudi po namenu. Rešitve so lahko povsem strukturne, vendar je v nekaterih primerih notranjo strukturo treba optimizirati za pretok tekočine. To je torej generativna zasnova, ki vključuje CFD kot del rešitve za zmanjšanje padca tlaka skozi strukturo, skozi katero teče tekočina.



*Slika 5 : Optimirana oblika 3D natisnjene ohišja potnega ventila za vodno hidravliko [20]*

## 5.3 3D-tiskanje

Neposredno povezano z optimizacijo struktur je treba povedati, da je te običajno nemogoče izdelati z uporabo klasičnih obdelovalnih tehnik, ki so znane in uporabljane do sedaj [17]. Za te strukture se uporablja 3-dimenzionalno tiskanje materialov. Od kar je bilo prvič uvedeno in patentirano leta 1970, je 3D-tiskanje postalo skorajda industrija zase (*slika 5*), ki podpira druge procese, kjer je to mogoče in kjer drugi procesi niso uspešni [18]. S tiskanjem najrazličnejših polimerov in kovin se ta vrsta izdelave lahko uporablja za izdelavo kompleksnih notranjih geometrij in zaprtih struktur, kar je pomembno na področju hidravlike [19].

## 6 Zmanjšanje negativnih vplivov na okolje

Skoraj nemogoče je opredeliti vse vplive, ki jih imajo hidravlični sistemi na okolje med delovanjem in po končani uporabni dobi. Vendar je pomembno, da se inženirji vsaj zavedamo glavnih povzročiteljev, ki vplivajo na okolje [21].

Hidravlika negativno vpliva na okolje predvsem preko:

- ▶ zmanjšane kakovosti zraka,
- ▶ hrupa in vibracij,
- ▶ onesnaženja tal in podzemnih voda itd.

Ker so vsi ti vplivi na okolje neposredno povezani z zdravjem in dobrim počutjem ljudi, bi jih morali inženirji pri načrtovanju novih hidravličnih sistemov vselej upoštevati. Medtem ko je zmanjšanje vibracij in hrupa povezano z delovanjem sistema, sta onesnaženje tal in podzemnih voda posledica nepravilnega odlaganja tekočin in odsluženih sestavnih delov hidravličnih sistemov. Recikliranje čim več materialov je mogoče doseči le, če je sistem v prvi vrsti zasnovan za ponovno uporabo. Na primer: avtomobilska industrija je začela zmanjševati uporabo materialov, ki jih ni mogoče reciklirati, zlasti plastike [20].

Ukvarjanje s hrupom in vibracijami običajno zahteva določeno vrsto izolacijske zaščite. Vendar to v primeru hidravličnih sistemov predstavlja nove izzive v smislu vzdrževanja, naknadnega opremljanja, odvajanja toplote itd.

Izboljšanje kakovosti zraka je postalo vsakodnevna razprava, vendar je treba čimprej preiti od besed k dejanjem. Podobno kot pri onesnaževanju tal in podzemnih voda tudi onesnaževanje zraka ni povezano samo z opremo, ko ta deluje. Proizvodnja, transport delov in nepravilno odlaganje komponent in tekočin imajo lahko zelo velik vpliv na okolje, zato moramo vedno pogledati celoten življenjski cikel, da razumemo celotno sliko.

## 7 Zaključki

Prispevek ponuja pregled trenutnega stanja razvoja in smernice za področje pogonsko-krmilne hidravlike. Eden največjih globalnih problemov je segrevanje ozračja, h kateremu prispeva tudi pogonsko-krmilna hidravlika. Ta v povprečju proizvede 345 milijonov metričnih ton ogljikovega dioksida na leto. Stanje lahko izboljšata manjša poraba in boljši hidravlični izkoristek, ki v povprečju znaša le 26 %. Glavni trendi v hidravliki so digitalizacija, digitalni dvojčki, napredna avtomatizacija, izboljšanje zanesljivosti, sposobnost napovedovanja življenjske dobe komponent glede na parametre delovanja, napredne numerične simulacije, izgradnja inteligentnih samoučečih se hidravličnih sistemov, upravljanje in shranjevanje podatkov, zelene tehnologije, napredne zelene hidravlične tekočine, novi napredni materiali, aditivne tehnologije – 3D-tisk itd.

Z nadaljnjim razvojem v omenjenih smereh pogonsko-krmilna hidravlika nikakor ne bo zamrla, temveč se bo uporabljala tudi v prihodnje in tako še naprej konkurirala električnim in drugim pogonom.

## Viri

- [1] Our World in Data. (2023). Global average land-sea temperature anomaly relative to the 1961-1990 average temperature, Source: <https://ourworldindata.org/grapher/temperature-anomaly>, Last visited: 31. 08. 2023.
- [2] Earth observatory. (2023). World of Change: Arctic Sea Ice. Source: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/sea-ice-arctic>. Last visited: 31. 08. 2023.
- [3] Michael, P., McGuire, N., (2020). Getting the Most Efficiency Out of Hydraulics, Power & Motion, Source: <https://www.powermotion-tech.com/print/content/21125703>, Last visited: 30. 08. 2023.
- [4] Schmitz, K. (2022). The potential of fluid power technology, 13th IFK.
- [5] Winkler, B. (2017). Recent advantages in digital hydraulic components and applications. The Ninth Workshop on Digital Fluid Power, September 7-8, 2017, Aalborg, Denmark.
- [6] Lipnicky, M., Brodnianska, Z. (2023). Z. Enhancement of Heat Dissipation from the Hydraulic System Using a Finned Adaptive Heat Exchanger, Applied Science, 13, 5479.
- [7] Lovrec, D., Kalb, R., Tič, V. (2023). Application areas of ionic hydraulic fluids. Chemical engineering & technology, vol. 46, iss. 1, 14-20. ISSN 1521-4125. doi: 10.1002/ceat.202200368.
- [8] Lovrec, D., Tič, V. (2022). The importance of the electrical properties of hydraulic fluids. Industrial Lubrication and Tribology. vol. 74, iss. 3, 302-308. ISSN 0036-8792. doi: 10.1108/ILT-06-2021-0218.
- [9] Novak, N., Trakovski, A., Kalin, M., Majdič, F. (2023). Degradation of Hydraulic System due to Wear Particles or Medium Test Dust, Applied Sciences, 13, 7777.
- [10] Novak, N., Trakovski, A., Polajnar, M., Kalin, M., Majdič, F. (2023). Wear of hydraulic pump with real particles and medium test dust, Wear, 532-533 (2023) 205101.
- [11] Keller, N., Sciancalepore, A., Vacca, A. (2022). Demonstrating a Condition Monitoring Process for Axial Piston Pumps with Damaged Valve Plates, International Journal of Fluid Power, Vol. 23 2, 205-236.
- [12] Quaranta, E., Davies, P. (2021). Emerging and Innovative Materials for Hydropower Engineering Applications: Turbines, Bearings, Sealing, Dams and Waterways, and Ocean Power, Engineering, Volume 8, ISSN 2095-8099, <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.06.025>.
- [13] Strmčnik, E. (2020). Vplivni parametri na delovanje orbitalnega hidravličnega motorja na vodo, doctoral dissertation. University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering.
- [14] Gupta, N., Gupta, S. M. & Sharma, S. K. (2019) Carbon nanotubes: synthesis, properties and engineering applications. Carbon Lett. 29, 419-447. <https://doi.org/10.1007/s42823-019-00068-2>.
- [15] Woon, S., Querin, O. & Steven, G. (2001) Structural application of a shape optimization method based on a genetic algorithm. Struct Multidisc Optim. 22, 57-64. <https://doi.org/10.1007/s001580100124>
- [16] Gunpinar, E., Coskun, U. C., Ozsipahi, M., Gunpinar, S. (2019). A Generative Design and Drag Coefficient Prediction System for Sedan Car Side Silhouettes based on Computational Fluid Dynamics, Computer-Aided Design, Volume 111, Pages 65-79, ISSN 0010-4485, <https://doi.org/10.1016/j.cad.2019.02.003>.
- [17] Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K.T.Q., Hui, D. (2018) Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Compos. Part B Eng. 143, 172-196.

- [18] Zhu, Y., Yang, Y., Lu, P., Ge, X., Yang, H. (2019). Influence of surface pores on selective laser melted parts under lubricated contacts: a case study of a hydraulic spool valve. *Virtual Phys. Prototyp.* 2759, 1-14.
- [19] Aidro Hydraulics (2023): Additive manufacturing Aidro: 3d printing for hydraulic components, AMES valves, Source: <https://aidro.it/additive-manufacturing/>, last visited: 30. 08. 2023.
- [20] Bartolj, J. (2022). Razvoj 4/3 proporcionalne- ga potnega ventila za izdelavo s postopkom 3D-tiska kovin. Diploma thesis. University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering.
- [21] Artiola, J. F., Walworth, J. L., Musil, S. A., Crimmins, M. A. (2019). Chapter 14 – Soil and Land Pollution, Editor(s): Mark L. Brusseau, Ian L. Pepper, Charles P. Gerba, Environmental and Pollution Science (Third Edition), Academic Press, 219-235, ISBN 9780128147191, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00014-8>.

## Development trends in Fluid Power

### Abstract:

Fluid power represents one of the possibilities of controlled energy transfer. Although nowadays especially political actors on a global level strongly push electric drives, hydraulics is still unavoidable. Fluid power also impacts the carbon footprint, so reducing this impact is a very important trend. From a hydraulics perspective, this can be achieved by improving the efficiency of individual components. The average overall efficiency of hydraulic systems is between 23% and 30%, so it is necessary to analyse in depth the causes of this situation and take action. Users of hydraulic components want to calculate the service life of each hydraulic component, similar to bearings. It is also a modern trend to set up digital twins, i.e. numerical models and measurement and control systems that use machine learning to tell the user the current state of the system. The use of computer simulations and 3D printing is also very important.

### Keywords:

fluid power, hydraulics, soft robotics, digitalisation, Alternative technologies, digital twins



# JAKŠA

## MAGNETNI VENTILI

od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu



[www.jaksa.si](http://www.jaksa.si)

Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana  
T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E [info@jaksa.si](mailto:info@jaksa.si)











# GRANULACIJA ODPADNEGA MULJA

Andrej Bombač, Uroš Orehek

## Izvleček:

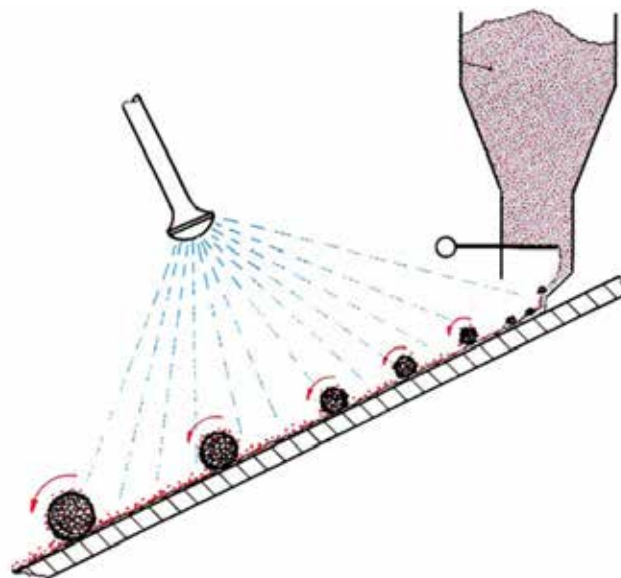
Delo obravnava procesne parametre delovanja modelne diskovne granularne naprave za uporabo specifičnega materiala, to je odpadnega mulja pri proizvodnji kalcita. To terja optimalne nastavitve naklona in vrtilne frekvence diska, količino dovedenega mulja, dinamični naklon nasutja, količino dodane vode ter lokacije strgala, dovoda materiala in šobe za omočitev. Z modelno napravo so bili izvedeni nizi meritev pri uporabi različnih kombinacij treh izbranih materialov (mulj, apno in gips). Iz izvedenih preizkusov smo ugotavljali ustreznost izbrane kombinacije procesnih parametrov in materialov za doseganje granul ustrezne velikosti in njene porazdelitve ter obstojnosti. Rezultati meritev so pokazali, da imata bistven vpliv na obliko (okrogla, podolgovata, jajčasta) granul vstopna vlažnost in geometrija materiala (mulj). Ugotovljeno je, da nastavitev naklona diska bistveno vpliva na kapaciteto naprave, medtem ko vrtilna frekvenca diska vpliva na velikosti granul.

## Ključne besede:

aglomeracija, odpadni mulj, diskovni granulator, procesni parametri, apno, gips

## 1 Uvod

Granulacija je tehnološki postopek, ki omogoča pretvorbo zelo drobnih delcev – prahu – v večje, bolj uporabne granule. Pri mokri granulaciji se običajno dodaja kapljevito vezivo, ki na osnovi kapljevinskega mostička medsebojno povezuje manjše delce, da se aglomerirajo in oblikujejo granule, ki se nato posušijo [1– 4]. Lahko pa se dodajajo tudi druge pomožne snovi in veziva za specifične namene glede sestave takšnega granulata. Granulacija prašnih materialov je ključen postopek v mnogih panogah industrije, tako je npr. v farmacevtski industriji granulacija bistvena pri proizvodnji tablet, kapsul in drugih dozirnih oblik, saj se tako izboljša dozirna natančnost in topnost zdravilnih učinkovin, kar pospešuje njihovo absorpcijo v telesu [2]. V prehranski industriji se z granulacijo praškov izboljša enakomernost teksture, saj granularni praški zagotavljajo enakomernjšo teksturo končnega izdelka (izboljšanje okusa in videza) ter izboljšajo obstojnost izdelka, kar je pomembno za skladiščenje in distribucijo. V kemični industriji se granulacija uporablja za oblikovanje granul za nadaljnjo uporabo v različnih procesih. S tem se izboljša reaktivnost kemičnih spojin, kar olajša nadaljnje procese ter zmanjšuje prašnost, kar veča eksplozijsko varnost pri delu in zmanjšuje vpliv na okolje. V kmetijstvu se granulacija uporablja pri proizvodnji gnojil in pesticidov v granularni obliki [6]. Granule se enakomerno razporedijo po polju, kar zagotavlja enakomerno hranjenje rastlin ter zmanjšanje izgub zaradi izpiranja in izhlapevanja, kar povečuje



Slika 1 : Princip granulacije na strmini [5]

učinkovitost gnojenja in zaščite rastlin. Granulacija prašnih snovi izboljša kakovost in učinkovitost končnih izdelkov ter prispeva k trajnosti in varnosti v industrijskih procesih. Princip granulacije na strmini, t. i. princip snežne kepe, pri katerem poteka združevanje manjših delcev prahu v grobo zunanjo obliko s kotaljenjem večjih jedrnih delcev po prašni podlagi, kar je prikazano na *sliki 1*. Osnovna medsebojna vez delcev po tem principu je kapljevinski mostiček [1, 3], ki se vzpostavi ob pršenju veziva (v našem primeru vode). S tem so dosežene ciljne lastnosti v naštetih industrijskih panogah.

Doc. dr. Andrej Bombač, univ. dipl. inž.,  
Uroš Orehek, mag., oba Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za strojništvo

V nadaljevanju se osredotočamo na granulacijo mulja, ki nastaja pri izpiranju drobljenca kot odpadni produkt pri proizvodnji kalcita in se trenutno od-

važna na lokalno deponijo. Zaradi bazičnosti bi lahko bil uporaben za nevtralizacijo kisle zemlje v kmetijstvu. Mulj v trenutni obliki ni primeren za transport kot tudi ne za raztros po kmetijskih površinah. Z ustreznim tehnološkim postopkom granulacije mulja bi lahko pridobili granule ustrezne velikosti in obstojnosti za nadaljnjo uporabo v kmetijstvu.

## 2 Modelna naprava – diskovni granulator

Za granuliranje različnih kombinacij delovnih materialov (mulj, apno in gips) je bil uporabljen diskovni granulator (slika 2), ki ga sestavljajo: nagibni disk z obročem, ohišje s pogonskim elektromotorjem, šoba za pršenje vode in strgalo. Pri rotaciji diska se ob naspianju materiala na disk in posledičnem kotaljenju po brežini ustvarja granulati. Ko ta doseže ustrezno velikost, se izloči iz postopka granuliranja preko roba diska. Diskovni granulator je pogosto uporabljen za granulacijo praškastih materialov, kot so kemična gnojila (vključno z organskimi, anorganskimi in biološkimi gnojili), apnenčev prah, mavec, klinker, prah iz cementne/apnene peči, premogov pepel, minerali in rude, komunalno blato iz čistilnih naprav, prah iz elektroobločne peči in drugi materiali [7].

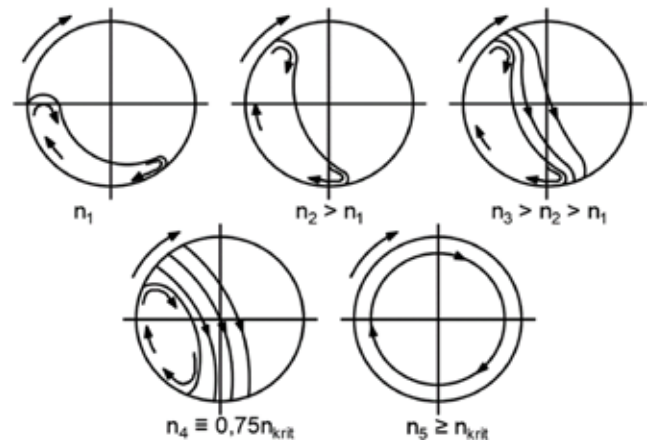
Z modelno napravo je zagotovljena ponovljivost meritev, omogočeno je spreminjanje vrtilne frekvence in naklona diska. Držalo s strgalom preprečuje pretirano kepljenje snovi ob začetni fazi pršenja z vodo, ki se izvaja s šobo.

### 2.1 Nastavitve ključnih parametrov granulatorja

Na nastanek granulata v diskovnem granulatorju delujejo številni vplivi. Poleg vrtilne frekvence diska in njegovega naklona vplivata tudi lokacija in pretok materiala. Ločimo šaržno ali kontinuirano granuliranje. Z dodajanjem vode vplivamo tudi na nastanek in nadaljnjo rast granulata. Dodajanje vode ima lah-



Slika 2 : Diskovna naprava za granuliranje



Slika 3 : Trajektorija gibanja granulata pri različnih vrtilnih frekvencah [2]

ko zelo različen vpliv, saj lahko spreminjamo lokacijo (šobe) škropljenja, vzorec škropljenja in količino dovedene vode. Lokacija šobe je nastavljiva v vseh treh koordinatnih smereh, pri čemer na večjih industrijskih napravah spreminjamo tudi število šob [1, 7].

Za pravilno granuliranje je na disku potrebno zagotoviti ustrezno vrtilno frekvenco ( $n$ ) in ustrezen pomik materiala. Slednje zagotovimo z ustreznimi strgali in pozicijo strgal na napravi, ki strgajo dno diska. Če je vrtilna frekvenca diska prevelika, nalet granule s strgalom povzroči njen razpad v manjše nepravilne (nesferične) oblike. Ti delci se sprijemajo z drugimi in tvorijo nadaljnje nepravilne

oblike granulata, ki niso obstojne. Mejna vrtilna frekvenca za uspešno granulacijo je  $n = 0,75 \cdot n_{krit}$ , pri čemer je kritična vrtilna frekvenca pogojena z geometrijo naprave [2]. Na sliki 3 so prikazane trajektorije granulata pri različnih vrtilnih frekvencah diska. Po priporočilih je vrtilna frekvenca diska ( $n_4$ ) običajno 75 % kritične vrtilne frekvence [2]. S preveliko vrtilno frekvenco ( $n_5$ ) se granulati zaradi centrifugalne sile pripne na rob diska in granulacija ni več mogoča.

## 3 Material za granuliranje

Pred začetkom izvajanja granuliranja je bilo potrebno pripraviti material. Apno in gips sta bila dobavljena v prašni obliki in nista potrebovala dodatne priprave. Vlažen mulj v surovi obliki je podoben glini, zato ga je bilo potrebno predelati s strgalnikom v ustrezno obliko, kot je prikazano desno na sliki 4. Rokovanje z vlažnim muljem, ki je precej lepljiv, je zelo podobno vlažni ilovici, medtem ko suhi mulj ustvarja grudice, je drobljiv in zelo podoben moki. Posušen mulj je prikazan levo na sliki 4. Tako vlažni (VM) kot suhi mulj (SM) ne oddajata neprijetnih vonjav. Poleg mulja sta bila za izboljšanje trdnosti suhih granul za granuliranje uporabljena tudi hidrirano posušeno apno (A) in hitro se sušeci gips (G). Granuliranje je potekalo v naslednjih kombinacijah:



Slika 4 : Levo – posušen mulj, desno – vlažen drobljen mulj

### 3.1 Granuliranje hidriranega apna brez dodajanja in z dodajanjem vode

Granuliranje je potekalo brez dodajanja in z dodajanjem vode. Granulacija apna brez dodajanja vode ni smiselna, saj se to ne združuje, z dodajanjem vode pa se tvorijo manjše grudice, katerih velikosti so bile precej neenakomerne. Granulat sam po sebi ni obstojen in razpada. Granuliranje apna je pokazalo, da pri večji dodani količini vode granulacija preneha in nastane večja gmota, ki zastane na strgalu.

### 3.2 Granuliranje vlažnega mulja brez dodajanja in z dodajanjem vode

Vlažen mulj je bil granuliran samostojno brez dodajanja vode in z dodajanjem vode. Preliminarno granuliranje vlažnega mulja je pokazalo, da se zaradi visoke vlažnosti združuje v večje granule, vendar se ob naletu na strgalo te sprijemajo, ne nastajajo granule, temveč gmota, ki zastane na strgalu. Pri granuliranju z dodajanjem vode je kljub priporočilom [2] sledilo takojšnje prenehanje granuliranja, ker je nastala lepljiva gmota.

### 3.3 Granuliranje vlažnega mulja in gipsa brez dodajanja in z dodajanjem vode

Pri granuliranju vlažnega mulja in gipsa brez dodajanja vode so nastajale granule enakomerne velikosti, medtem ko z dodajanjem vode ni bilo videti bistvene razlike. Iz preliminarne meritve je sledilo, da dodajanje vode ni primerno za šaržne meritve kombinacije gipsa in mulja, saj je prišlo do kepljenja večjih gmot.

### 3.4 Granuliranje vlažnega mulja in apna brez dodajanja in z dodajanjem vode

Granulacija mulja z apnom je dala zadovoljive preliminarne rezultate, pri katerih so bile granule različnih velikosti ustvarjene praktično takoj ob začetku granulacije. Granule so ohranjale velikost in niso razpadale, ob dodajanju vode pa ni bilo bist-

vene izboljšave z vidika velikosti in enakomernosti granul. V obeh primerih (z dodajanjem vode ali brez) pa produkt ni obstojen, kar pomeni, da ob padcu z višine 1 m v trenutku razpade (tudi ko je produkt posušen).

## 4 Merilna linija

Meritve procesnih parametrov in poteka granuliranja so potekale po etapah, ki so opredeljene s tremi sklopi.

**Prvi sklop** je zajemal meritve tlaka, temperature in relativne vlažnosti zraka okolice ter pripravo granulacijskega materiala. Za meritve okoliške temperature in vlage sta bila uporabljena digitalni termometer (Greisigner GTH 1200A) in merilnik vlage (Greisiger GFTH 100). Priprava granulacijskega materiala je zajemala tehtanje (laboratorijska tehtnica Sartorius GMBH Göttingen 3862 MP8-1) in kontrolirano drobljenje z ročnim strgalnikom.

**Drugi sklop** je zajemal merilno opremo samega diskovnega granulatorja. Uporabljena sta bila laserski merilnik vrtiljavev za meritve vrtilne frekvence diska ter rotameter za meritve pretoka vode.

**Tretji sklop** merilne linije zajema opremo za vizualizacijo granulata: fotoaparat (Nikon D200), kamera (Sony HDR-SR11), svetilka z možnostjo nastavitve svetilnosti in prenosnik s programsko opremo za zajem in obdelavo slik (DigiCamControl). S kamero je bil posnet dinamičen razvoj granulacije, s fotoaparatom pa slikan vzorec granulata, ki je bil po končani granulaciji odvzet iz vsake šarže.

## 5 Rezultati in analiza granuliranja na diskovnem granulatorju

### 5.1 Granuliranje brez pršenja vode

Skupno je bilo opravljenih 18 meritev šaržnega granuliranja kombinacij vlažnega mulja z apnom in gipsom pri različnih procesnih nastavitvah, kot je prikazano v tabeli 1.

Devet meritev poteka granulacije je bilo opravljenih za kombinacijo (VM + A) pri treh različnih naklonih diska ter za vsak naklon pri treh vrtilnih frekvencah ter devet za kombinacijo (VM + G) pri enakih parametrih. Po vsaki končani meritvi je bil odvzet vzorec granulata in slikan za vizualizacijo, ki je zajemala analizo ustreznosti oblike granulata in enakomernost velikosti granul. Ustrezna oblika granule je krogla, delno ustrezna je oval in neustrezna tista, ki nima točno definirane oblike. Porazdelitev velikosti granulata je definirana kot slaba pri veliki razliki velikosti granul in kot dobra, če so te približno enake velikosti. Obstojnost granulata je definirana s padcem granul z višine 1 m na trdo podlago in se preverja po 96 urah



**Tabela 1 :** Procesne nastavitve granulatorja pri granulaciji brez pršenja vode

Kombinacija komponent za granulacijo	Naklon diska [°]	Vrtilna frekvenca diska brez pršenja vode [vrt/min]
VM + A VM + G	37	13,8
		19,7
		25,6
	42	13,8
		19,7
		25,6
47	13,8	
	19,7	
	25,6	

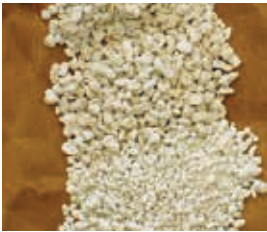


po granuliranju. Če granula pri padcu ne razpade, je obstojna, v nasprotnem primeru ni. V tabeli 2 so podane procesne nastavitve granulatorja, pri katerem je granulat s srednjo enakomernostjo porazdelitve in ustrezno obliko obstojen. Izbira ustreznosti granulata za komercialno rabo ni predmet tega dela.

Na osnovi vizualizacije sta bila za vsako kombinacijo materiala izbrana tista vrtilna frekvenca in naklon diska, pri kateri sta bili doseženi enakomerna velikost

granul in ustrezna oblika granul. Rezultati analize granuliranja so pokazali vidne razlike med kombinacijama (VM + A) in (VM + G). (VM + A) tvori ustrezno obliko granul in ima dokaj enakomerne velikosti granul, vendar so granule manjše od premera 6 mm.

Podobno kot pri apnu iz analize granuliranja v kombinaciji (VM + G) izhaja, da so granule ustrezne velikosti. Gips je v primerjavi z apnom zagotavljal boljše obstojnost granulata, medtem ko so velikosti granul podobne. Rokovanje z gipsom je bilo v primerjavi z apnom bolj enostavno. Pri analizi granulacije različnih kombinacij materialov je ugotovljeno, da sta bistvenega pomena naklon in vrtilna frekvenca diska. Vrtilna frekvenca vpliva na velikosti granulotov – pri višjih vrtilnih frekvencah so granule manjše. Naklon diska pa vpliva predvsem na trajanje granuliranja, da je dosežen pričakovan rezultat. Na sliki 5 je prikazano trenutno stanje granuliranja kombinacije VM + G v presledkih 15 s pri naklonu diska 42° in 19,7 vrt/min. Ti dve vrednosti sta se izkazali za optimalni za izvajanje granuliranja vseh kombinacij materialov. V času 30 s je velikost granulata najbolj enakomerna, gips je bil v celoti vključen v granulat. Identično je potekala granulacija v kombinaciji VM + A. V času 30 s je dosežena enakomerna velikost granulata, apno je v celoti vključeno v granulat. Stanje granulacij v dveh časovnih korakih je prikazano na sliki 6.

**Tabela 2 :** Primeri granulata VM + G po kriterijih

Vrtilna frekvenca diska [vrt/min]	13,8	19,7	25,6
Naklon diska	42°	42°	42°
Fotografija vzorca			
Ustreznost oblike granulata	Delno ustreza	Ustreza	Ustreza
Enakomernost velikosti granulata	Srednja	Srednja	Srednja
Obstojnost granulata	Da	Da	Da



**Slika 5 :** Stanje granuliranja kombinacije VM + G pri časih 15 s (a) in 30 s (b)



Slika 6 : Stanje granuliranja kombinacije VM + A pri časih 15 s (a) in 30 s (b)

## 5.2 Rezultati meritev granuliranja na diskovnem granulatorju z dodajanjem vode

Pred izvedbo meritev z dodajanjem vode je bilo potrebno določiti ustrezno lokacijo šobe. Ta je bila določena glede na pogoje ustreznosti poteka granuliranja s preliminarnih izvajanj z različnimi materiali, razvidno na sliki 7. Za dodajanje vode je bila uporabljena šoba, ki prši vodno meglico v obliki stožca, označeno na sliki 7. Procesne nastavitve granulatorja pri granulaciji s pršenjem vode so prikazane v tabeli 3.

Pršenje vode je bilo izvedeno na dva načina. Pri prvem se je izvajalo takoj po nasutju materiala in je potekalo skozi celotni čas granuliranja, to je 30 s. Pri drugem načinu se je pršenje izvajalo 15 s po začetku granuliranja z enako količino vode in je trajalo do konca granuliranja, skupno 45 s.

Pri prvem načinu dodajanja vode so nastale granule, ki niso dosegale predvidenih zahtev. Ker ima mulj visoko vlažnost, so pri prvem načinu zaradi dodatnega pršenja vode v nekaterih odsekih nastajali večji kosi, ki so kasneje ob testu obstojnosti pri naletu razpadli.

Tudi pri drugem načinu granule niso dosegale predvidenih zahtev. Granule so nastale že v začetnih 15 sekundah, nato pa so se ob pršenju vode oblikovale vse večje granule nepravilnih oblik, ki so kasneje pri testu obstojnosti razpadle. Pri ostalih kombinacijah z daljšim časom pršenja je bil proces granuliranja neustrezen, saj je nastajala vse večja gmota tako v kombinacijo VM + A kot VM + G. Zaradi vode, ki jo vsebuje vlažen mulj, za potek granulacije omenjenih kombinacij materialov ni potrebe po še dodatnem pršenju.

## 6 Zaključki

V prispevku je predstavljeno granuliranje odpadnega mulja pri proizvodnji kalcita z modelnim diskovnim granulatorjem in z vsemi potrebnimi nastavitvami procesnih parametrov za uspešno pridobljen granulat.

Proces granuliranja je potekal z vlažnim muljem, hidriranim apnom, gipsom in s kombinacijami vlažnega mulja in apna ter vlažnega mulja in gipsa. Preliminarne meritve poteka granuliranja so se izvajale predvsem zaradi ugotovitve primernosti uporabe diskovnega granulatorja pri uporabi teh materialov.

Z izvedenimi meritvami poteka granulacije vlažnega mulja in apna ter vlažnega mulja in gipsa brez dodajanja vode so bili pridobljeni potrebni manjkajoči podatki za nadaljnje izvajanje granuliranja. Za vsako nadzirano granuliranje so bili izvedeni predhodno drobljenje vlažnega mulja, določanje vlažnosti in tehtanje ustrezne količine mulja ter aditivov (apno in gips) v medsebojnih kombinacijah.

Tabela 3 : Procesne nastavitve granulatorja pri granulaciji s pršenjem vode

Kombinacija komponent za granulacijo	Naklon diska [°]	Vrtljna frekvenca diska brez pršenja vode [vrt/min]
VM + A	42	19,7
VM + G	47	25,6



Slika 7 : Granuliranje pri kombinaciji VM + A s pršenjem vode

**Tabela 4 :** Primer granulata VM + G po kriterijih

Vrtilna frekvenca diska [vrt/min]	13,8	19,7	25,6
Naklon diska	42°	42°	42°
Fotografija vzorca			
Ustreznost oblike granulata	Ne ustreza	Ne ustreza	Ne ustreza
Enakomernost velikosti granulata	Slaba	Slaba	Slaba
Obstojnost granulata	Ne	Ne	Ne

Na osnovi številnih izvajanj granuliranja kombinacije apna in vlažnega mulja ter gipsa in vlažnega mulja, oboje brez dodajanja vode, so bile izbrane najustreznejše nastavitve naprave za izbrano kombinacijo materialov.

Pri granuliranju z dodajanjem natančno določene količine vode je bilo ugotovljeno, da so ključnega pomena lokacija šobe, tip pršenja vode ter časovni potek pršenja (z zamikom, intervalno ali skozi celoten čas).

Iz analize vzorcev granulata glede na ustreznost oblike, velikosti in obstojnosti granulata izhajajo najustreznejše procesne nastavitve obratovalnih parametrov granuliranja, ki so različne za izbrane kombinacije materialov. Glede na veliko število izvajanj granuliranja – kombinacije materiala in procesnih parametrov – se je izkazalo, da so granule ustrezale vsem kriterijem hkrati le v nekaterih kombinacijah. Tako so vse granule mulja in apna razpadle pri testu obstojnosti, medtem ko so granule iz mulja in gipsa pri vrtilni frekvenci 19,7 in 25,5 vrt/min in naklonu diska 42° prestale test obstojnosti.

### Literatura

- [1] M. Levin, How to Scale-Up a Wet Granulation End Point Scientifically, Academic Press, 2015.
- [2] W. Pietsch, Size enlargement by agglomeration, Chicester: J. W & S, 1991.
- [3] A. Bombač, Zbirka nalog iz mehanske procesne tehnike, Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2019.
- [4] J. Litster, B. Ennis, The Science and Engineering of Granulation Processes (Particle Technology Series Book 15), Springer, 2013.
- [5] E. Ignatowitz, Kemijska tehnika. Jutro, Ljubljana, 1996.
- [6] L. Lambert, Technology of Obtaining Organic Granular Fertilizers, Academic Publishing, 2018.
- [7] Disk granulator, FTM machinery [Elektronski]. Dostopno: <https://www.ftmmachinery.com/products/28-disc-granulator.html>, ogled 25. 9. 2023.

### Granulation of waste silt

**Abstract:**

This work focuses on the process parameters of a model disk granulator for using waste silt in calcite production. This entails optimizing the disk’s inclination and rotation frequency, the quantity of supplied silt, the dynamic angle of the bulk material, the amount of added water, and the positions of the scraper, material feed, and wetting nozzle. Laboratory experiments were conducted using different combinations of three selected materials (silt, lime, and gypsum) to produce aggregates. Through these experiments, we aimed to assess the suitability of the chosen combination of process parameters and materials for achieving aggregates of the appropriate size and durability. Measurement results demonstrated that the initial moisture content and the material’s geometry (slurry) significantly influence the shape (round, elongated, oval) of the granules. It was also observed that adjusting the disc’s inclination significantly impacts the device’s performance, while the disc’s rotation frequency substantially affects the size of the aggregates.

**Keywords:**

agglomeration, waste silt, disk granulator, process parameters, lime, gypsum

# OPTIMIZACIJA TOPOLOGIJE MIKROKANALNIH PRENOSNIKOV TOPLOTE

Alessandro Alaia, Edoardo Lombardi, Marco Cisternino, Giacomo Uffreduzzi, Claudio Domenico Arlandini, Tommaso Tirelli, Alberto Tacconelli, Paolo Ambrogiani

## Izvleček:

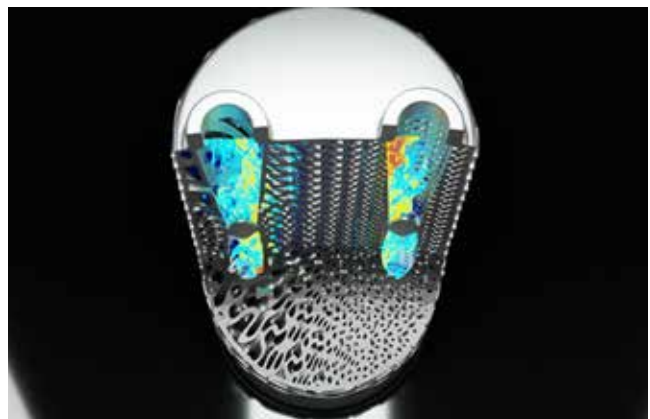
Zgodba o uspehu, predstavljena v tem članku, je bila razvita v sklopu razvojno-raziskovalnega projekta FF4EuroHPC (H2020). Partnerji Optimad, Aidro in CINECA so se združili, da bi nagovorili specifične poslovne izzive v proizvodnem sektorju in jih premagali s pomočjo visokozmogljivega računalništva. Mikrokanalni toplotni izmenjevalnik (MCHE) je prenosnik toplote, v katerem tekočina teče v stranskih zaporah širokih manj kot milimeter. Zahvaljujoč visokemu volumskemu toplotnemu toku, kompaktnosti in učinkoviti porazdelitvi pretoka ponujajo številne prednosti pred standardnimi izmenjevalniki. Tradicionalni pristop oblikovanja za MCHE zahteva več iteracij, preden se vzpostavi končna konfiguracija, kar vodi do znatnih stroškov raziskav in razvoja, dolgega časa do trženja in dragih eksperimentalnih kampanj. V praksi se zaradi proračunskih omejitev oceni le nekaj konfiguracij, kar povzroči neoptimalno zasnovo, kar negativno vpliva na konkurenčnost končnega izdelka. Inovativna rešitev je bila razvita kot platforma SaaS (Software as a Service), ki integrira niz računalniških orodij za optimizacijo topologije v ogrodju. TOLOMHE predstavlja prvi korak k storitvam v oblaku za optimizacijo topologije in generativno zasnovo, ki je na voljo malim in srednje velikim podjetjem, specializiranim za proizvodnjo tovrstnih toplotnih izmenjevalnikov.

## Ključne besede:

FF4EuroHPC, Mikrokanalni toplotni izmenjevalnik, optimizacija, CFD Simulacija, strojno učenje, inovacija

**F4EuroHPC nadaljuje svoje poslanstvo s spodbujanjem majhnih in srednje velikih podjetij, da s pomočjo najsodobnejših tehnologij sprostitjo svoj inovacijski potencial.**

FF4EuroHPC je raziskovalno-razvojni projekt Obzorja 2020, ki spodbuja konkurenčnost majhnih in srednje velikih evropskih podjetij (MSP) s financiranjem poslovno usmerjenih poskusov in motiviranjem uporabe naprednih tehnologij in storitev visoko zmogljivega računalništva (*angl. high performance computing, HPC*).



**Slika 1** : Primer mikrokanalnega prenosnika toplote (MCHX)

**Alessandro Alaia, Dr., Edoardo Lombardi, Dr., Marco Cisternino, Dr, Giacomo Uffreduzzi, Mag.,** vsi Optimad, Torino, Italija;

**Claudio Domenico Arlandini, Dr., CINECA** Bologna. Italija;

**Tommaso Tirelli, Mag., Alberto Tacconelli, Mag., Paolo Ambrogiani, Mag.,** vsi Aidro, Milan, Italija

**Prevod: Tina Črnigoj Marc,** Arctur, d. o. o., Nova Gorica

V okviru projekta FF4EuroHPC lahko majhna in srednje velika evropska podjetja razvijejo inovativne izdelke in storitve, izkoristijo zanimive poslovne priložnosti in postanejo konkurenčnejša z uporabo evropskih visokokakovostnih superračunalniških storitev. V okviru projekta sta bila ponujena dva javna poziva, namenjena inovativnim in agilnim majhnim in srednje velikim podjetjem, ki bi lahko

ponudila eksperiment najvišje kakovosti. Predloženi eksperimenti so obravnavali poslovne izzive evropskih podjetij z različnih področij uporabe. Eksperimenti, ki so izpolnili standarde javnega poziva, so bili izvedeni s pomočjo tehnologij HPC, in sicer v dveh sklopih. Eksperiment je študija primera, pomembnega za končnega uporabnika, to je podjetje, ki demonstrira uporabo HPC (v oblaku). Hkrati eksperiment demonstrira koristi, ki jih HPC prinaša v vrednostno verigo vse od končnega uporabnika pa do ponudnika infrastrukture HPC. Eksperiment mora obravnavati poslovne izzive podjetja, ki jih rešuje z uporabo HPC in sorodnih tehnologij, kot sta visoko zmogljiva podatkovna analitika (*angl. high performance data analytics, HPDA*) in umetna inteligenca (*angl. artificial intelligence, AI*). Ko je eksperiment uspešno zaključen, se predstavi v zgodbi o uspehu, ki z rezultati lahko motivira tudi druge gospodarske subjekte k uporabi tehnologij za namen inoviranja. Ena od zgodb o uspehu s področja energetike je predstavljena v tem članku.

### **Izziv: razviti napredno metodologijo oblikovanja za ustvarjanje inovativnih konfiguracij mikrokanalnih prenosnikov toplote**

Partnerji Optimad, Aidro in CINECA so združili moči, da bi rešili specifičen poslovni izziv v proizvodnji s pomočjo visokozmogljivega računalništva.

Mikrokanalni prenosnik toplote (Micro Channel Heat Exchanger, MCHX) je prenosnik toplote, pri katerem tekočina teče v kanalih, širokih manj kot milimeter. Zaradi visokih specifičnih lastnosti, učinkovite porazdelitve pretoka in nizke teže postajajo priljubljeni v več industrijskih panogah, vključno z vesoljsko industrijo, bioinženiringom, elektroniko in naftno ter plinsko industrijo.

Uspešnost mikrokanalnih prenosnikov toplote (MCHX) je močno odvisna od oblikovanja (oblike in topologije) mikrokanalov. Oblikovalski pristopi, ki temeljijo na eksperimentalnih metodah, zahtevajo veliko ponovitev, kar pripelje do visokih stroškov raziskav in razvoja ter dolgih časov do uvajanja izdelka na trg. V praksi zaradi omejenega proračuna in časovnih omejitev ocenjujemo le nekaj konfiguracij, kar vodi do suboptimalnih rešitev. Po drugi strani pa oblikovanje s simulacijami postavlja več izzivov, vključno z modeliranjem, integracijo programske opreme in robustnostjo. Zaradi večstopenjske narave problema zahtevajo simulacije konjugiranega prenosa toplote (CHT) mikrokanalnih prenosnikov toplote visokoločljive računalniške modele, ki dobro rešujejo dinamiko fluida na najmanjši prostorsko-časovni skali mikrokanalov. Posledično lahko stroški teh računskih postopkov močno omejijo raziskovalni prostor. Optimizacija je torej ključna za računalniško infrastrukturo. Lastne rešitve za visokozmogljivo računanje običajno niso ustrezno

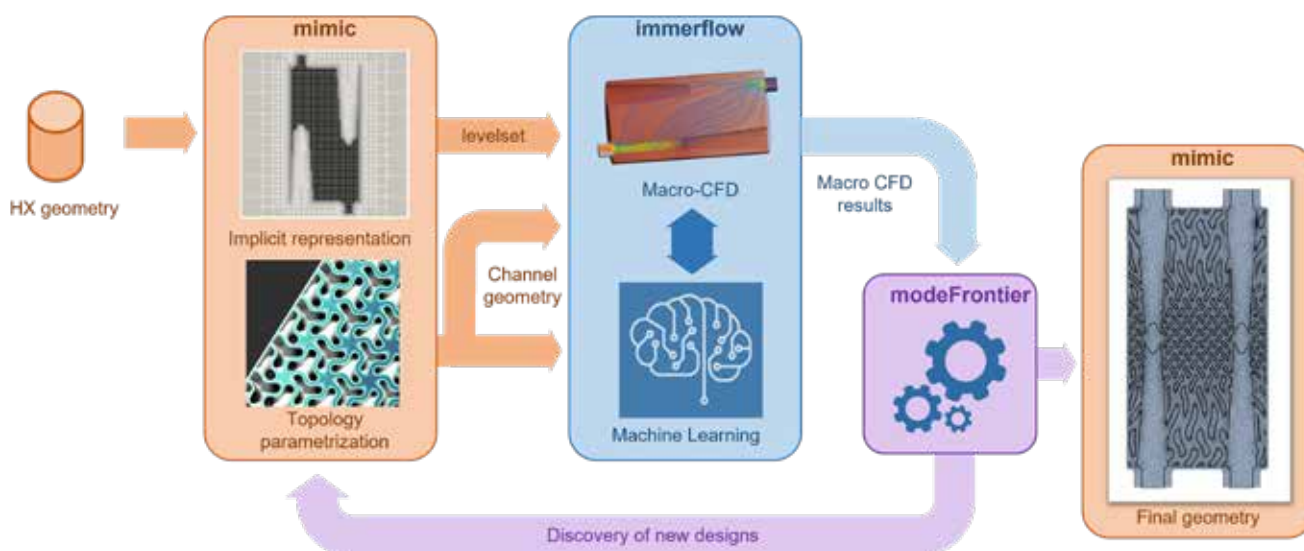
zmogljive za te naloge, zlasti za mala in srednje velika podjetja. Posledica tega je, da morajo ta zaradi omejenih računalniških virov sprejeti poenostavitev (npr. prostor izvedljivih oblik je omejen s hevrističnim pristopom, razvijajo se poenostavljeni modeli za posamezne primere uporabe itd.), kar vodi v entropične delovne postopke ter še večje stroške raziskav in razvoja, kar na koncu vpliva na konkurenčnost na trgu. Zato postaja uporaba vzporednega računanja nujna, da se ohranijo razvojni časi, ki so združljivi s hitrostjo industrijske proizvodnje.

Topološka optimizacija (TO) je napredna oblikovalska metodologija za ustvarjanje inovativnih konfiguracij, ki jih je težko doseči z običajnimi oblikovalskimi tehnikami. Zapletene oblike, ki izhajajo iz topološke optimizacije, ni mogoče enostavno izdelati s tradicionalnimi tehnikami, kot so obdelava s številčnim krmiljenjem računalnika, brizganje plastike ali vakuumsko litje. Stopnja tehnološke pripravljenosti (TRL) tehnologije aditivne proizvodnje (AM), npr. laserskega sintranja, se je v zadnjem desetletju znatno povečala, kar je to tehnologijo postavilo na osrednje mesto novega poslovnega modela v proizvodni industriji. AM ima več prednosti, kot so hitrejši proizvodni cikel, prilagodljiv dizajn in odpiranje možnosti, ki so izključene za tradicionalne proizvodne tehnologije, saj omogoča izdelavo komponent s kompleksnimi geometrijami pri relativno omejenih stroških. Zelo obetavna aplikacija za oblikovanje mikrokanalnih prenosnikov toplote (MCHX) je torej kombinacija TO in AM. Kljub ogromnemu potencialu pa proizvajalci MCHX zaradi zgoraj navedenih težav ne morejo izkoristiti potenciala, ki ga ponuja kombinacija TO + AM.

### **Rešitev: TOLOMHE - programsko okolje za topološko optimizacijo**

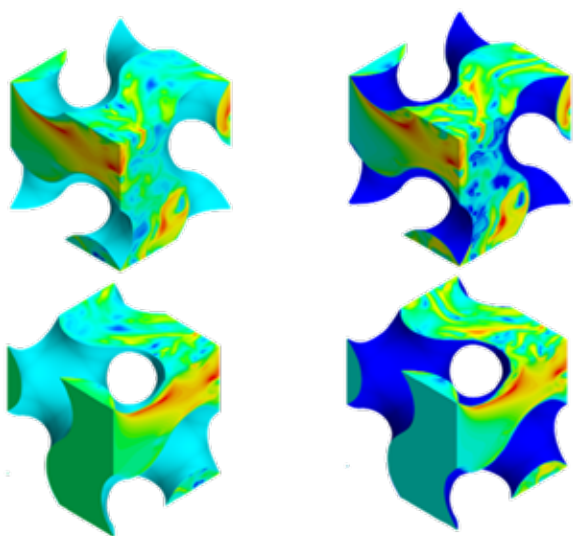
TOLOMHE je platforma, osredotočena na visokozmogljivo računalništvo (HPC), razvita za topološko optimizacijo mikrokanalnih prenosnikov toplote (MCHX). Z združitvijo napredne optimizacije, simulacije, strojnega učenja in izvajanja na HPC-infrastrukturi platforma TOLOMHE cilja na: 1. povečanje konkurenčnosti proizvajalcev MCHX z zagotavljanjem stroškovno učinkovitega orodja za oblikovanje MCHX in 2. potrjevanje inovativnega poslovnega modela za neodvisnega ponudnika programske opreme na osnovi paradigme »Optimizacija kot storitev«.

Gradniki platforme TOLOMHE vključujejo optimizator (*modeFRONTIER*), večstopenjski fizikalni algoritem za simulacijo konjugiranega prenosa toplote (*immerFLOW*) ter programsko opremo za manipulacijo geometrije (*mimic*). *modeFRONTIER* (*ESTECO*) je vodilno orodje v industriji za multidisciplinarno oblikovalsko optimizacijo. *immerFLOW* (Optimad) je produktiven algoritem za računalniško dinamiko fluidov (CFD), ki temelji na metodi potopljenih mej (*immersed boundary*), še pose-



Slika 2 : Shematski prikaz delovnega procesa optimizacije TOLOMHE

Optimizator odkrije nove zasnove na podlagi rezultatov simulacij CFD, izvedenih na makroskali. Simulacije na makroravni uporabljajo model strojnega učenja za sklepanje o tlačnem uporu in toplotni prestopnosti na podlagi lokalnega pretočnega polja in topologije kanala. Na koncu optimizacijske zanke se optimalna geometrija izračuna z združitvijo geometrije postavitve HX z optimalno topologijo kanala, ki jo odkrije optimizator.



Slika 3 : Primer simulacije na mikromerilu, izvedene na »prototipnih« mrežnih topologijah.

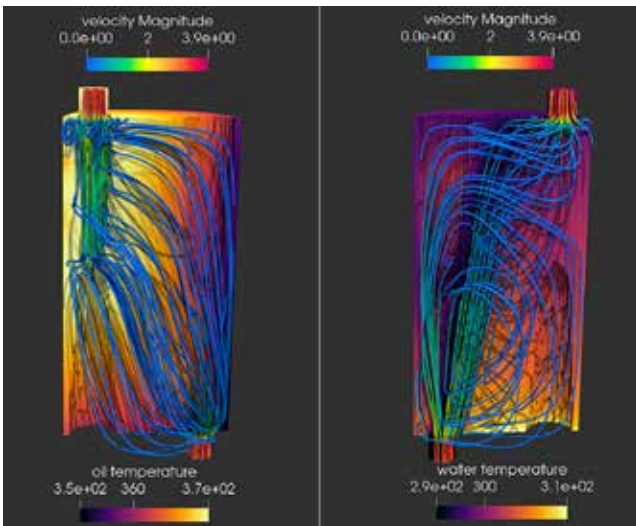
Simulacije se uporabljajo za urjenje brez povezave modela strojnega učenja za napovedovanje tlačnega upora in toplotne prestopnosti glede na lokalne pogoje toka in mrežno topologijo.

bej primeren za avtomatizirane delovne postopke s kompleksnimi geometrijami. *Mimic* (Optimad) pa je orodje za računalniško podprto manipulacijo geometrije, ki vključuje topološko parametrizacijo implicitnih geometrij. Večstopenjska narava fluidno-dinamičnega/termičnega sklopa v MCHX se obravnava s pomočjo modela strojnega učenja (ML). Ta pristop je karakteriziran s tremi integriranimi numeričnimi modeli.

**1. Model na mikroravni.** Model na mikroravni sestavlja globoka nevronska mreža, ki ocenjuje tlačni upor in toplotno prestopnost iz (lokalne) topologije kanala in pogojev pretoka. (Sintetični) nabor podatkov, uporabljen za iteriranje brez povezave, je bil ustvarjen na skupini visokozmogljivih računalnikov (Galileo100, infrastruktura CINECA s 528 računalniškimi vozlišči, vsako od njih z dvema procesorjema Intel CascadeLake 8260, vsak s 24 jedri). Vsaka točka podatkov ustreza simulaciji visoke ločljivosti, izvedeni na eni sami celici »prototipnih« topologij mreže.

**2. Model na makroravni** se uporablja za simulacijo pretoka na makroskopski ravni za dano postavitev prenosnika toplote. Učinek mikroskale je vključen v obliki tlačnega upora in toplotne prestopnosti. Te se izračunajo z enostavnimi evalvacijami feed-forward zank modela strojnega učenja. Posledično se računaska cena simulacije za celoten prenosnik toplote drastično zmanjša.

**3. Evolucijski okvir za optimizacijo** se uporablja za raziskovanje celotnega oblikovalskega prostora in izboljšanje začetnega oblikovanja. Genetski algoritmi zahtevajo veliko število vrednotenj modela med začetnim raziskovanjem oblikovalskega prostora (od nekaj sto do nekaj tisoč, odvisno od specifičnega problema). Da bi dosegli to raziskovanje v sprejemljivem času, se optimizacija izvaja na HPC-infrastrukturi, kar omogoča visoko prilagodljivost genetskih algoritmov. Poleg tega so genetski algoritmi primerni za večkriterijsko in večomejitveno optimizacijo. V okviru modeFRONTIER je bila izbrana hibridna strategija, ki združuje sekvenčno kvadratično programiranje (Sequential



**Slika 4 :** Primeri rezultatov simulacije konjugiranega prenosa toplote, izvedene na makroskopskem merilu MCHX. Tokovnice so obarvane s polji hitrosti in temperature za vročo (levo) in hladno tekočino (desno). Učinki na mikromerilo tako na pretok tekočine kot na prenos toplote so vključeni v smislu nelinearne, prostorsko spremenljive prepustnosti in toplotne prestopnosti. Ti koeficienti se izračunajo sproti z modelom strojnega učenja, s čimer se uresniči dvosmerna povezava med makro- in mikrolestvico.

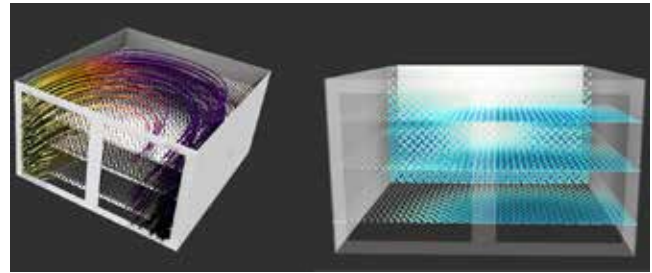
Quadratic Programming, SQP) in genetski algoritem za nedominirano razvrščanje (Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm, NSGA-II) kot optimizacijski algoritem. Med topološko optimizacijo je opis oblikovanja MCHX impliciten v obliki funkcije določanja nivoja, da se izognemo dragim (in k napakam nagnjenim) postopkom ponovnih zank. Na koncu optimizacije se uporabniku vrne eksplisitna predstavitev celotne geometrije prenosnika toplote v obliki površinske razčlenitve, kot jo zagotavlja orodje mimic.

### Poslovne koristi in vpliv TOLOMHE

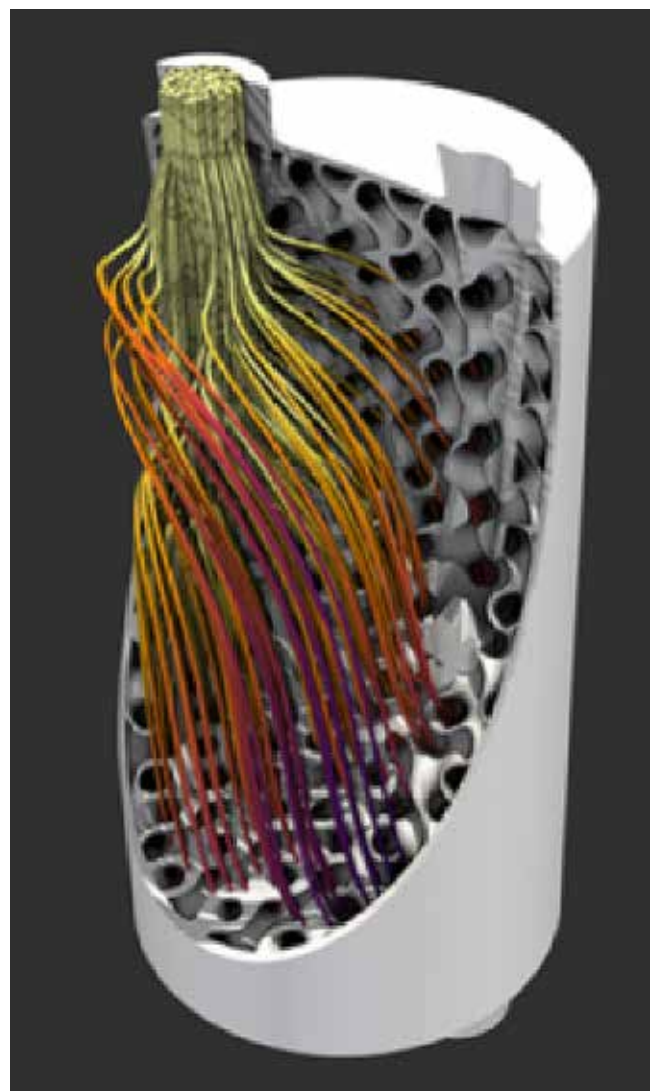
Prednostna ponudba TOLOMHE temelji na treh glavnih konceptih:

- ▶ Implementiran je bil na HPC-infrastrukturo, kar omogoča dostop do ustreznega računalniškega okolja.
- ▶ Za uporabo HPC ali optimizacije ni bilo potrebno predhodno znanje. To pomeni bistveno lažji začetek za uporabnike HPC, ki to počnejo prvič.
- ▶ Vsa potrebna orodja so integrirana v enotno platformo. Tako rešitev lahko odpravi vse težave, povezane z integracijo različnih orodij (CAE/CAD) in licenciranjem.

Zahvaljujoč uporabi TOLOMHE se pričakuje, da bo končni uporabnik pospešil prehod od poslovnega modela »izdelava po načrtu« k poslovnemu modelu »izdelava po specifikacijah« z zmanjšanjem stro-



**Slika 5 :** Različne rezine optimizirane geometrije za prenosnik toplote ACOC. Optimizirana toplotna moč (večja od 30 kW) je bila izračunana s temperaturo vstopnega zraka 50 °C, z masnim pretokom zraka 0,5 kg/s, vstopno temperaturo olja 130 °C in s prostornim pretokom 54 l/min. Največji dovoljeni padec tlaka je bil za olje nastavljen na 130 kPa.



**Slika 6 :** Posnetek notranjega kanala optimiziranega prenosnika toplote dvotekočinskega izmenjevalnika olje-voda. Tokovnice za vročo tekočino (olje) so obarvane s temperaturo. Cilj optimizacije je bil povečati izmenjavo toplote z modulacijo debeline trdnih sten znotraj projektiranega volumna. Na vstopih v tok so bili predpisani fiksni masni pretok in temperature. Uvedena je bila največja omejitev padca tlaka 20 kPa.

škov raziskav in razvoja ter krajšim časom do uvedbe novih izdelkov na trg.

Delo, izvedeno v okviru eksperimenta TOLOMHE, prinaša dodatne poslovne koristi končnemu uporabniku:

- ▶ Avtomatizacija oblikovalskega delovnega procesa ima potencial, da skrajša čas do ponudbe za 90 % in čas do trga za 50 % (z nekaj mesecev na en mesec).
- ▶ Potencialni prihranki lahko znašajo do 100.000 evrov na leto, saj se usposobljena delovna sila preusmeri v druge dejavnosti, ki prinašajo dodano vrednost končnemu uporabniku.



Projekt FF4EuroHPC je prejel sredstva Evropskega skupnega podjetja za visokozmogljivo računalništvo (EUROHPC JU) v okviru pogodbe o dodelitvi sredstev št. 951745. EUROHPC JU prejema podporo iz programa Evropske unije za raziskave in inovacije Obzorje 2020 ter iz Nemčije, Italije, Slovenije, Francije in Španije.

### Topology Optimization of Micro-Channel Heat Exchangers

#### Abstract:

The success story presented in this article was developed during the first tranche of the R&D H2020 FF4EuroHPC Project. Partners Optimad, Aidro and CINECA teamed up to address specific business challenge in the manufacturing sector and overcome it with the help of High Performance Computing. Micro Channel Heat Exchanger (MCHE) are heat exchangers in which the fluid flows in lateral confinements with dimensions of millimeters. Thanks to the high volumetric heat flux, compactness, and efficient flow distribution, they offer several advantages over standard exchangers. The traditional design approach for MCHE requires several iterations before the final configuration is established, leading to significant R&D costs, long time-to-market, and expensive experimental campaigns. In practice, due to budget constraints, only a few configurations are assessed, resulting in sub-optimal design which negatively impacts the competitiveness of the final product. An innovative solution was developed as a SaaS platform, which integrates a set of computational tools for topology optimization of MCHX in an HPC-centric framework. TOLOMHE represents the first step towards cloud services for topology optimization and generative design offered to SMEs specialized in manufacturing for MCHX.

#### Keywords:

FF4EuroHPC, Micro Channel Heat Exchanger, optimization, CFD simulation, machine learning, innovation

**LA&CO**  
Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.

**Rexroth**  
Bosch Group  
Zadružnica

LA & CO d.o.o.  
Limbuška cesta 2  
2341 LIMBUŠ

www.la-co.si  
info@la-co.si  
02 / 42 92 660

**25**  
LET

Že 25 let vam ponujamo vrhunsko tehniko in prave strokovnjake, za vaše zahteve na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike.



## STROJNE NOGE Z BLAŽENJEM TRESLJAJEV IN KROGELNI ZGLOBI IZ SUPER TERMOPLASTA

ELESA+GANTER ima široko ponudbo nastavljivih nog. Zahvaljujoč različnim kombinacijam materiala, oblike in velikosti jih lahko uporabite na številnih področjih, kjer morajo biti na primer stroji in naprave nastavljivi po višini. Danes vam predstavljamo dve aktualni novosti.



*Noge za stroje LS.VA z blaženjem treslajev*

Naše nove strojne noge LS.VA z blaženjem treslajev sestavljajo krožnik iz termoplasta, ojačan s steklenimi vlakni, blažilni element iz poliuretana in navojno vreteno iz pocinkanega ali plemenitega jekla 1.4301. Blažilci treslajev blažijo vibracije, treslaje in hrup. Na zmožnost absorpcije vibracij neposredno vplivata tudi debelina in površina elementa iz poliuretana. Strojne noge LS.VA dopolnjujejo nabor blažilcev treslajev, ki jih že najdete v asortimentu podjetja ELESA+GANTER, kot so na primer strojne noge LW.A (noga in vreteno iz jekla) za težka bremena in zgibne noge GN 342.2 za lažja bremena.

Še ena novost so krogelni zglobovi SJF iz termoplasta SUPER. Uporabljajo se za neposredno pritrditev zgibnih nastavljivih nog s standardnimi vijaki, ne da bi bilo potrebno navojno vreteno. Standardni del se uporablja predvsem tam, kjer je potrebna montaža plošč na izravnalni element ali pa je obremenitev majhna.



*Krogelni zglob SJF iz termoplasta SUPER*

Krogelne zglebe SJF podjetja ELESA+GANTER je mogoče montirati na naslednje ploščice za zgibne noge – s protizdrso gumijasto podlogo ali brez nje – LS.A, LV.A, LV.F in LV.FO

Ponudba nastavljivih nog podjetja ELESA+GANTER vas bo prepričala z raznoliko ponudbo izdelkov in z izjemnimi tehničnimi lastnostmi, kar je rezultat uporabe najkakovostnejših materialov za edinstven dizajn in za površine, ki so enostavne za čiščenje.

### Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236 379 900 23, Fax: +43 2236 379 900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: [www.elesa-ganter.at](http://www.elesa-ganter.at)

REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
**VENTIL**

  
**strojnistvo.com**  
križišče strojnikov

## POVRATNE INFORMACIJE

### NAREDIJO REŠITVE PAMETNEJŠE

Vse je povezano z nadzorom. Vgrajena elektronika pametnih aktuatorjev omogoča izboljšanje nadzora, prihranek prostora ter zmanjšanje časa namestitve in s tem skupnih stroškov. Poleg tega pa vgrajena elektronika omogoča nov svet medsebojno povezanih možnosti zasnove vaših strojev.



Aktuatorji THOMSON ELECTRAK (Vir: [www.thomson-linear.com](http://www.thomson-linear.com))

Kot del modularnega krmilnega sistema EMCS (Electrak Modular Control System) so aktuatorji THOMSON ELECTRAK na voljo z naslednjimi možnostmi povratnih informacij:

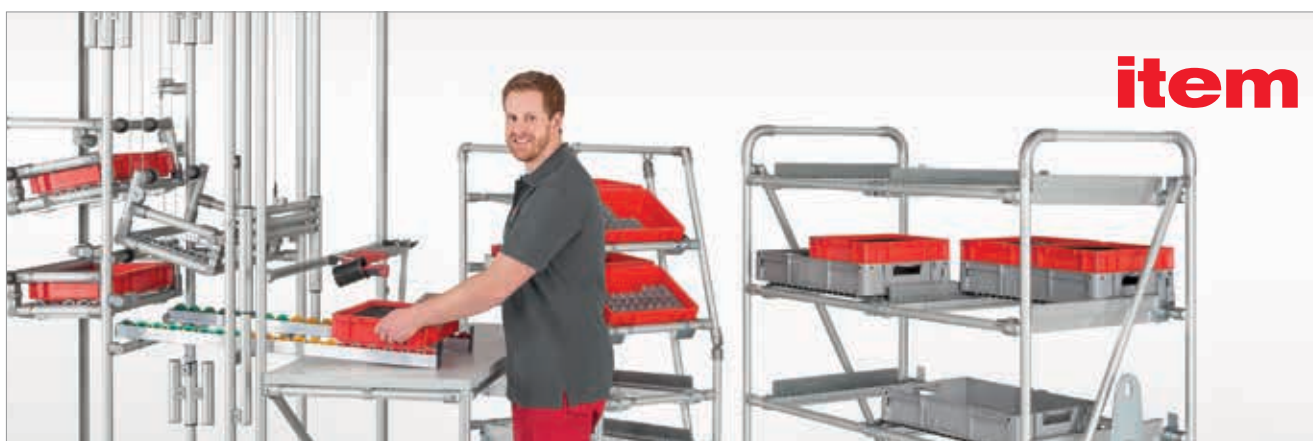
- ▶ *Analogna povratna informacija za določitev položaja.* Visokokakovosten potenciometer z visoko ločljivostjo in nizkim šumom zagotavlja napetostni signal za natančno povratno informacijo o položaju in smeri batnice aktuatorja. Na voljo je pri modelih Electrak XD, HD in MD.

- ▶ *Digitalna povratna informacija za določitev položaja z veliko natančnostjo.* Encoder zagotavlja eno- ali dvokanalni niz impulzov za povratno informacijo o položaju in hitrosti, ki se lahko uporablja za sinhronizacijo aktuatorjev preko krmilnega sistema. Na voljo je pri modelu Electrak HD.

- ▶ *Povratna informacija o sili za izboljšan nadzor na podlagi nastavljenih parametrov obremenitve.* Ta funkcija prenaša informacijo o sili, ki deluje na batnico aktuatorja preko analognega signala ali kot CAN bus sporočilo. V aplikacijah, ki so občutljive na silo, bo ta funkcija sistemu omogočila merjenje sile na batnici aktuatorja v realnem času med gibanjem in bo lahko zaustavila aktuator, ko bo ta dosegel zeleno silo. Na voljo je pri modelu Electrak XD.

#### Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: [gp@inotech.si](mailto:gp@inotech.si), internet: [www.inotech.si](http://www.inotech.si)



**Vitka proizvodnja.**

item. Your ideas are worth it.®

Sistem item Lean Production združuje preprosto rokovanje in visoko stabilnost konstrukcije. S profilnim sistemom D30 nastajajo rešitve, ki jih lahko preprosto prilagajamo na licu mesta.

**INOTEH**  
[www.inotech.si](http://www.inotech.si) A BIBUS GROUP COMPANY  
 Inotech d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

# FREKVENČNI PRETVORNIKI 3G3M1 OMRON

Nova serija frekvenčnih pretvornikov M1 podjetja OMRON s prenovljenim kompaktnim dizajnom zmanjšuje ožičenje in velikost elektrokrmilnih plošč, hkrati pa podpira uporabo široke palete motorjev za učinkovito zasnovo strojev. OMRON zagotavlja kakovost, zanesljivost rešitve M1 ter 10 let delovanja brez vzdrževanja.



Slika 1 : 3G3M1-AB007-ECT in 3G3M1-AB002

Ključne značilnosti frekvenčnih pretvornikov serije M1:

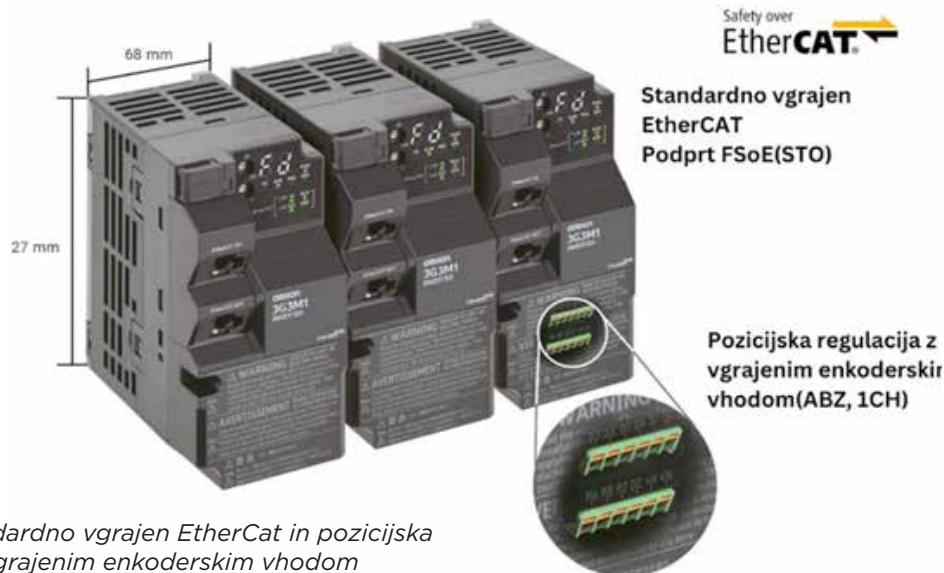
- ▶ enofazni in trifazni modeli z močmi do 3,7 kW in 22 kW;
- ▶ komunikacije: Modbus (standardni model) in EtherCAT (ECT-model);
- ▶ vgrajen enkoderski digitalni vhod za precizno pozicijsko regulacijo (ABZ-faze);
- ▶ podpira širok nabor motorjev, ki jih je mogoče krmiliti hitrostno, navorno in pozicijsko;
- ▶ omogoča funkcijo sledenja frekvence sekundarnega pretvornika, princip »master-follower«,

- ▶ za indukcijske motorje AC in permanentno magnetne sinhronne motorje je možno krmiliti z odprtozančno vektorsko (OLV) regulacijo in zaprtozančno vektorsko (CLV) regulacijo, ki ponujata učinkovito delovanje v številnih pogonskih aplikacijah;
- ▶ parametriranje v programskem orodju OMRON Sysmac Studio Drive, tudi v »off-line« načinu;
- ▶ fleksibilne topologije EtherCAT-povezav;
- ▶ funkciji Safe Stop 0 in Safe Torque Off ponujata ožičeno varnost, podprta pa je tudi varnost preko mreže (Fail-Safe over EtherCAT / FSoE).

Serija M1 razširja možnost izbire motorjev, saj poleg standardnih indukcijskih motorjev (IM) podpira tudi permanentno magnetne motorje (PM), »direct-drive« PM-motorje (do 128 polov) in posebne motorje, kot so bobnasti motorji. Ponuja izvrstne zmožnosti momenta, do 200 % nazivnega momenta, tudi pri 0,5Hz. Parametre motorja lahko zlahka nastavimo s pomočjo samoučenja (auto-tuning).

Serija M1 ima certifikate CE, UKCA, cULus, KC, RCM in RoHS, ki potrjujejo kompatibilnost z mednarodnimi standardi o varnosti.

Sistemska integracija na EtherCAT® pripelje uporabnika do stopnje, kjer je zasnova stroja bolj prilagodljiva in mogoča večja učinkovitost, kot so



Slika 2 : Standardno vgrajen EtherCat in pozicijska regulacija z vgrajenim enkoderskim vhodom



razširitev možnosti integracije različnih motorjev, zmanjšanje ožičenja, prihranek prostora in integrirana konfiguracija s programskim orodjem. Funkcionalnost ustvarja varno delovno okolje, prilagodljiva omrežna topologija, kot je topologija obroča, pa omogoča, da je optimirana proizvodnja bolj robustna.

Trajnost v proizvodnih linijah bo podprta z visoko učinkovitimi motorji, funkcijami varčevanja z energijo, učinkovito močjo spremljanja dobave in porabe energije na IoT-tehnologiji.

**Vir:**

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: [www.miel.si](http://www.miel.si), e-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si), [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

*Slika 3 : Topologija povezave IT in proizvodnega nivoja za zagotavljanje trajnostne proizvodnje*

**MIEL**

Za višjo produktivnost.

**OMRON**

Natančna sledljivost in končna kontrola v avtomatizaciji proizvodnje ter v OEM rešitvah

**Omron V440-F**



MIEL, d.o.o. • Efenkova cesta 61 • SI-3320 Velenje • T +386 (0)3 77 77 000 • F +386 (0)3 77 77 001 • E [info@miel.si](mailto:info@miel.si) • S [www.miel.si](http://www.miel.si)

## OPTIČNI OJAČEVALNIK OMRON-E3X-ZV

Optični ojačevalnik OMRON-E3X-ZV podjetja OMRON je stroškovno učinkovita in optimizirana rešitev za stabilno in zanesljivo zaznavanje prisotnosti ali odsotnosti obdelavancev v različnih aplikacijah, kot so stroji za sestavljanje izdelkov, vibracijski podajalniki, valjčne stiskalnice in navijalniki folij.



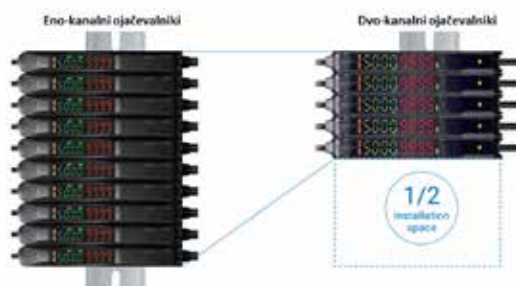
Slika 1 : Optični ojačevalnik OMRON-E3X-ZV

OMRON je izvedel strateške spremembe v materialih in procesu izdelave, uporabil nove tehnologije za znižanje stroškov in pri tem ohranil kritične funkcije ter zmogljivost. Nova serija ojačevalnikov E3X-ZV tako predstavlja najboljše razmerje med ceno in uporabo, ki proizvodnji omogoča večje prihranke.

Ključne prednosti E3X-ZV:

- ▶ enostavna nastavitvev z gumbom »Smart Tuning«,
- ▶ enokanalni in dvokanalni modeli,
- ▶ izhod PNP ali NPN,
- ▶ funkcija časovne zakasnitve izhoda,
- ▶ integrirane logične operacije: IN, ALI & XOR,
- ▶ dinamični nadzor jakosti žarka za stabilno detekcijo pri sijočih in črnih materialih,
- ▶ visoko natančna obdelava signalov, ki omogoča zaznavanje predmeta velikosti 3  $\mu\text{m}$ .

Možnost dvokanalnega modela E3X-MZV je zasnovana tako, da minimizira komponente, poenostavi



Slika 2 : Prihranek prostora z uporabo dvokanalnih ojačevalnikov

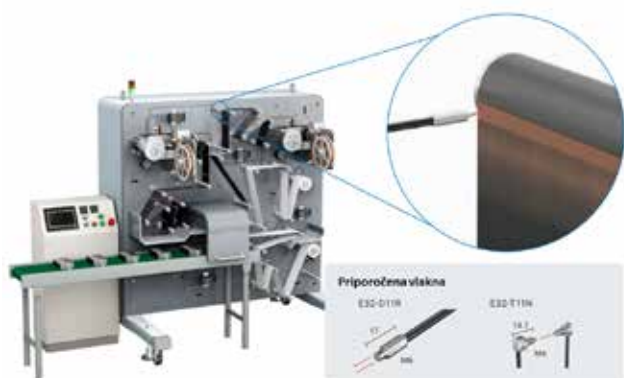
strukture in uporabi OMRON-ovo lastniško dvokanalno tehnologijo za zmanjšanje števila potrebnih optičnih senzorjev, kar na koncu zmanjša stroške (slika 2).

Primer uporabe ojačevalnika E3X-ZV je zaznavanje šivov v valjčnih stiskalnicah za sekundarne baterije. Z bliskovito hitrim odzivnim časom 50  $\mu\text{s}$  v načinu visoke hitrosti lahko E3X-ZV natančno zajame šive na hitro premikajočih se listih in tako omogoča zaznavanje šivov na ploščah, ki se premikajo s hitrostjo do 200 m/s (slika 3).

3X-ZV lahko natančno zazna predmete, ki segajo od črnih do sijočih površin. Edinstvena zasnova ojačevalnika preprečuje nasičenost svetlobe na bleščečih površinah, kar zagotavlja zanesljivo zaznavanje tudi v zahtevnih pogojih.

Vir:

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si, info@miel.si



Slika 3 : Zaznavanje šivov in zaznavanje črnih predmetov



## INOVATIVNI COBOTI ZA INDUSTRIJSKO AVTOMATIZACIJO

Podjetje Kassow Robots je postalo sinonim za inovativne in visoko zmogljive cobote, ki so revolucionirali industrijsko avtomatizacijo. So opremljeni s 7 osmi, predstavljajo izjemen korak naprej v svetu robotike in avtomatizacije, saj združujejo vrhunsko zmogljivost in varno sodelovanje z ljudmi.



Coboti Kassow



### Coboti Kassow izstopajo zaradi svojih impresivnih tehničnih lastnosti:

- ▶ 7 osi - Vsak cobot Kassow ima kar 7 osi, kar jim daje izjemno gibljivost, ki jo lahko primerjamo z gibljivostjo človeške roke. To omogoča izvajanje natančnih in zahtevnih nalog.
- ▶ Nosilnost - Coboti imajo nosilnost od 5 kg do impresivnih 18 kg, kar omogoča prenašanje predmetov z veliko maso in izvajanje nalog, pri katerih se zahtevajo velike sile.
- ▶ Doseg - Coboti imajo razpon dosega od 850 mm do 1800 mm, kar omogoča uporabo v različnih velikih delovnih prostorih.
- ▶ Hitrost - S hitrostmi do 225 stopinj na sekundo so coboti izjemno učinkoviti pri izvajanju nalog.



Družina cobotov Kassow

## Tehnične značilnosti:

Modeli:	KR810	KR1018	KR1205	KR1410	KR1805
Doseg (mm):	850	1000	1200	1400	1800
Nosilnost (kg):	10	18	5	10	5
Hitrost členkov (deg/s):	225	163/225	225	163/225	163/225
Število osi:	7	7	7	7	7
Masa (kg):	24	34	25	35	38
Zaščita:	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54
Poraba energije (W):	400-600	400-1200	400-600	400-1200	400-1200

## Coboti Kassow so primerni za številne aplikacije v industrijskem okolju:

- ▶ Pick & Place - Za samodejno pobiranje in postavljanje predmetov na določene lokacije. Natančnost in hitrost cobotov povečujeta produktivnost.
- ▶ Strega - Coboti lahko upravljajo stroje, vključno s preklapljanjem in odstranjevanjem obdelanih delov, kar optimizira proizvodne procese.
- ▶ Varjenje - V industriji varjenja coboti zagotavljajo natančnost in varnost, saj izvajajo avtomatizirane varilne operacije.
- ▶ Lepljenje in označevanje - Zagotavljajo natančno lepljenje in označevanje izdelkov, kar izboljšuje kakovost in enakomernost izdelkov.
- ▶ Pakiranje in pilotiranje - Coboti se uporabljajo za avtomatizirano pakiranje izdelkov in njihovo urejanje na palete, kar optimizira logistiko.

Z uporabo cobotov Kassow podjetja izboljšujejo svojo produktivnost in konkurenčnost ter optimizirajo svoje proizvodne procese. Te inovativne naprave predstavljajo prihodnost industrijske avtomatizacije in omogočajo bolj učinkovito izkoriščanje robotike v industriji.

**OPL** **rexroth**  
A Bosch Company

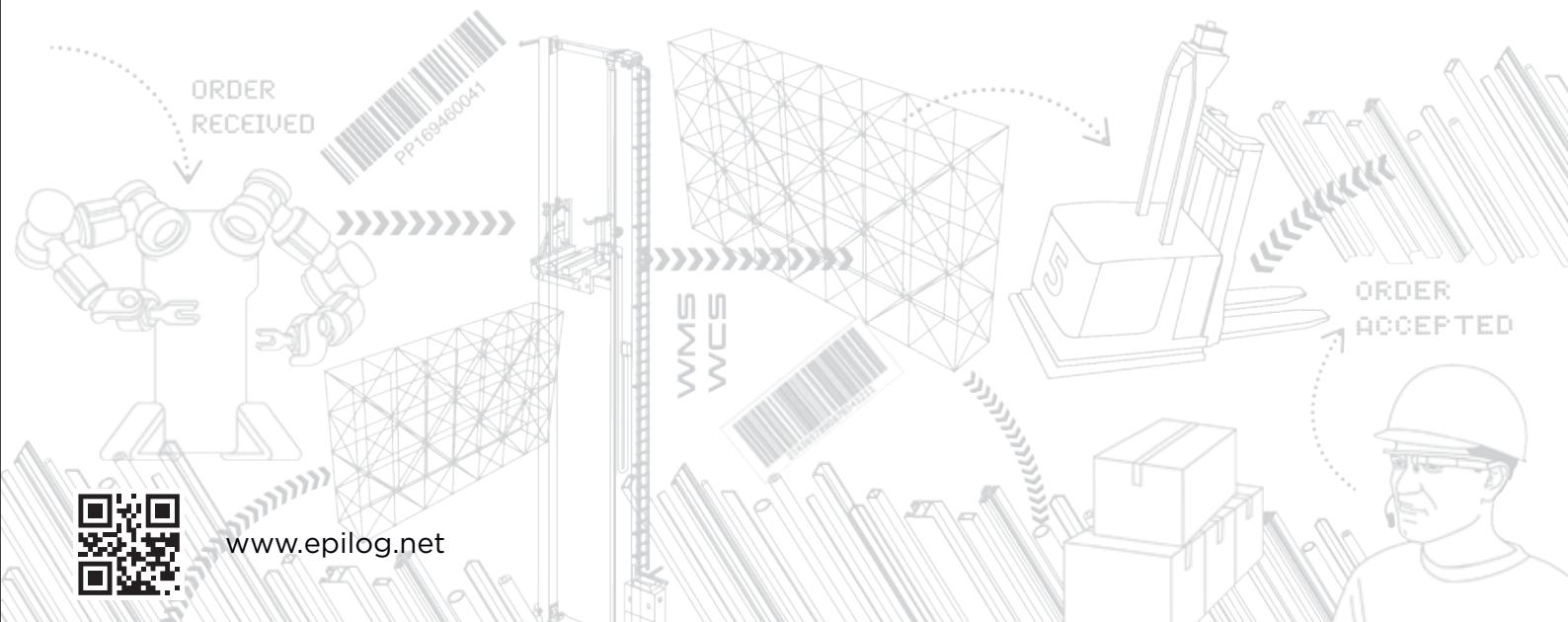
OPL industrijska avtomatizacija d.o.o.  
Dobrave 2, 1236 Trzin, Slovenija  
tel.: +386 (0)1 560 22 40  
e-mail: info@opl.si

## Vir:

Vir: OPL industrijska avtomatizacija, d. o. o., Dobrave 2, 1236 Trzin, GSM: 041 383 669, mail: info@opl.si, internet: www.bosch-apas.com, g. Jakob Saksida

**epilog**  
LOGISTICS IT

POVEZUJEMO LJUDI, STROJE  
IN STVARI V ENOTEN SISTEM



# ENERGIJSKO UČINKOVIT OJAČEVALNIK PRETOKA SMC ZHV

Ojačevalnik pretoka SMC ZHV deluje kot izpihovalna ali vakuumska enota (*slika 1*). To je nov izdelek podjetja SMC, ki zagotavlja velike hitrosti pretoka zraka in ga je mogoče prilagoditi posebnim zahtevam uporabnikov. Je energijsko učinkovita, kompaktna in lahka enota.



## Povečanje hitrosti zraka in učinkovitosti

Številni primeri uporabe stisnjenega zraka za sesanje (vakuum), izpihovanje ali transport materiala zahtevajo velike pretoke in so tako povezani z veliko porabo stisnjenega zraka (*slika 2*). Z veliko porabo pa so povezani veliki stroški. Učinkovitost sistemov za sesanje, izpihovanje ter transport je mogoče povečati z večjo hitrostjo toka zraka. Ojačevalnik pretoka SMC ZHV zagotavlja štirikratno povečanje pretoka pri izpihovanju (do 6820 l/min) ter trikratno povečanje pretoka pri sesanju (do 5270 l/min), kar zagotavlja zmanjšanje stroškov z energijsko učinkovito rešitvijo do 1 : 4. Povečanje hitrosti se v enoti SMC ZHV doseže z uporabo efekta Coandă. Pomembno je tudi, da je pretok mogoče nastavljati glede na individualne potrebe uporabnikov.

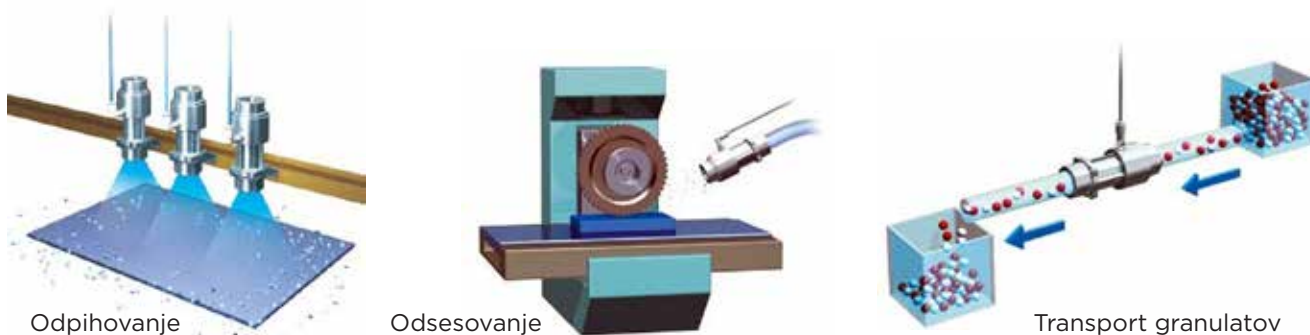
ZHV je zaradi trikratnega povečanja hitrosti pri sesanju zelo učinkovit v vakuumskih aplikacijah, ki vključujejo zbiranje prahu (z dodatno vrečko za prah), prenos granulato ter prepustnih ali poroznih obdelovancev.

Pri izpihovanju, ki je ena izmed najbolj potratnih porab stisnjenega zraka, je šoba ZHV s svojim štirikratnim povečanjem hitrosti učinkovitejša kot standardne šobe. Tipični primeri uporabe so izpihovanje vodnih kapljic ali strojnih ostružkov, hlajenje plastičnih kalupov ali steklenic PET ali zniževanje temperature strojev za varjenje plastike.

## Zamenljivost in prilagajanje

Novi SMC ZHV je prenovljena serija ZH-X185. Poudariti je treba, da je ZHV popolnoma zamenljiv s serijo ZH-X185, kar uporabnikom poenostavlja integracijo v obstoječe sisteme.

Med številnimi nadgrajenimi funkcijami je tudi možnost hitrega in enostavnega prilagajanja hitrosti izpihovanja in vakuumskega pretoka glede na posebne zahteve. Z obračanjem šobe v nasprotni smeri urnega kazalca je mogoče povečati pretok sesanja, kar posledično poveča vakuumski tlak in pretok izpihovanja. Podobno lahko uporabniki z obračanjem šobe v smeri urnega kazalca zmanjšajo sesalni tok, kar vpliva na zmanjšanje vakuumskega tlaka in pretoka.



**Slika 2** : Primeri uporabe ojačevalnika pretoka SMC ZHV



## Kompaktnost izvedbe

Druga sprememba v primerjavi s prejšnjo generacijo izdelka je veliko bolj kompaktna in lahka zasnova. Številni izdelovalci strojev in proizvodni obrati morajo zmanjšati velikost strojev, ker je tovarniški prostor tako dragocen. Optimiziran profil stroja SMC ZHV omogoča zmanjšanje notranje prostornine do 50 %, odvisno od izbranega modela. Tudi masa izdelka je do 50 % manjša, kar pripomore k zmanjšanju vztrajnostnih momentov v mobilnih aplikacijah in s tem k večji produktivnosti. Poleg tega ima ojačevalnik zraka ZHV na voljo navoje Rc, G in NPT za priključek za dovod zraka.

ZHV ohranja tudi številne prednosti modela ZH-X185, kot je velik premer kanala za sesanje materiala, na primer prahu, ki nastaja pri strojih za rezanje. Na voljo so premeri prehodov 13, 21,6, 30 in 42 mm.

ZHV je enostaven za uporabo, saj ga poganja zrak (elektrika ni potrebna), kar zagotavlja delovanje brez vzdrževanja. To je v nasprotju z električnim puhalom, ki potrebuje servisiranje motorja, kar povečuje stroške vzdrževanja in čas izpada stroja.

### Vir:

SMC Industrijska Avtomatika d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 388 5425, spletna stran: [www.smc.si](http://www.smc.si), [www.smc.eu](http://www.smc.eu), e-pošta: [tehnik@smc.si](mailto:tehnik@smc.si)



**icm**  
**IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS**  
 13.-15.2.2024  
 Ljubljana

[www.icm.si](http://www.icm.si)



# SPLAČA SE BITI NAROČNIK




**ZA SAMO 50€ DOBITE:**

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številke)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak




**Revija v hrvaškem jeziku**

**ZA SAMO 20€ DOBITE:**

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (4 številke)
- strokovne vsebine na več kot 200 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak

**DIGITALNA NAROČNINA**



Na voljo tudi naročnina na digitalno različico revije za uporabo v **BRSKALNIKU** in **NA MOBILNIH NAPRAVAH**

**BUTIK IRT3000**



Naša ekskluzivna spletna trgovina kakovostnih izdelkov s prepoznavnim dizajnom vaše priljubljene revije za inovacije, razvoj in tehnologije.

**NAROČITE SE!**

☎ 051 322 442    ✉ [info@irt3000.si](mailto:info@irt3000.si)    💻 [www.irt3000.si/narocilo-revije](http://www.irt3000.si/narocilo-revije)

**WWW.IRT3000.COM**

## KOVINSKA MEHASTA SKLOPKA EWM ZA SLEPO MONTAŽO

Sodobni dizajni postajajo vse bolj kompleksni, hkrati pa je potrebno elemente oblikovati še bolj prostorsko varčno. Posledica tega je pogosto potreba po slepi montaži pogonskih elementov.

Kot pomoč projektantu pri konceptu in montažerju pri delu je podjetje ENEMAC iz Nemčije v program dodalo kovinsko mehasto sklopko tipa EWM.

Element EWM je sestavljen iz dveh delov. Daljši del je izdelan iz aluminijastega pesta, ki je povezano z mehkom iz nerjavečega jekla, na prostem koncu mehastega dela pa je centrinski obroč z označenim stožčastim utorom. Krajši del elementa ima drugo aluminijasto pesto in stožčasto pero. Ta oblikovni del zagotavlja natančno poravnavo obeh delov sklopke.

Slepa montaža je na splošno zelo zamudna in zato stroškovno intenzivna. Pri tipu sklopke EWM je možno prihraniti do 80 % časa montaže, v primeru serijske uporabe pa montažo še dodatno poenostavimo z uporabo vgrajenega obroča.

Sklopka se lahko predmontira pred namestitvijo motorja na priklopni sklop, kasneje se podstavek preprosto vgradi. Tudi v primeru, da pesto in utor za moznik nista popolnoma poravnana, se pesto ne bo deformiralo, ampak se bo (elastičen) meh prilagodil za okoli nekaj mm. Ko je potreben servis, se lahko sklopka preprosto odstrani in zamenja.

Sklopke tipa EWM so na voljo v 9 različnih velikostnih razredih od 10 Nm do 600 Nm in zagotavljajo kompenzacijo aksialnega zamika med 0,5 in



0,8 mm ter kompenzacijo stranskega zamika med 0,15 mm in 0,20 mm. Zamenljiva mehasta sklopka se lahko uporablja v temperaturnem območju med 233 K in 473 K (-40 °C in 200 °C).

### Vir:

ENEMAC GmbH, Daimler Ring 42, 63839 Kleinwallstadt, Tel.: 06022/7107-0, web; [www.enemac.de](http://www.enemac.de), e-mail: [info@enemac.de](mailto:info@enemac.de)

POSVET  
AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

06. decembra 2023  
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

aktualne novice o posvetu so na voljo na [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

# NOVA »HEAVY DUTY« ENERGETSKA VERIGA TKHD85 PROIZVAJALCA KABELSCHLEPP



Energetska veriga TKHD85 (1. dizajn brez potrebe po vzdrževanju; 2. toge aluminijaste profilne prečke širine 1 mm za velike obremenitve; 3. zamenljiv drsnik za podaljšano življenjsko dobo)

Naša posebej robustna energetska veriga je zdaj na voljo v izjemno kompaktni obliki.

Posebnost serije TKHD so dolge potovalne dolžine. Ne glede na to, ali gre za žerjave na ladjah, naprave za ravnanje z razsutim materialom ali druge aplikacije, naše priljubljene energetske verige ni enostavno preseči, ko gre za dolge potovalne razdalje.

Na zahtevo strank smo pravkar lansirali pomanjšano različico: TKHD85. Je idealna izbira, ko je treba v »heavy duty« aplikacijo namestiti bolj kompakten kabelski paket. V zameno dobijo kupci manjšo težo, ki je ne smemo podcenjevati, zlasti pri dolgih razdaljah.

Kombinacija robustne zasnove s površino, odporno na umazanijo, naši energetske verige omogoča zanesljivo premikanje tudi v težkih razmerah. Hkrati je zaradi vgrajenega dušenja hrupa zelo tiha. Razdelek dolžine 85 mm in optimizirana zunanja kontura pozitivno vplivata na njen gladki tek.

Serija TKHD se lahko uporablja za aplikacije drsenja, kotaljenja in tudi pri nepodprtih aplikacijah. Pri drsenju se uporabi zamenljivi drsnik, kar zagotavlja daljšo življenjsko dobo sistema.

Karakteristike:

- ▶ razdelek 85 mm,
- ▶ notranja višina 58 mm,
- ▶ notranja širina 100–800 mm,
- ▶ upogibni radij 240–400 mm.

Vir:

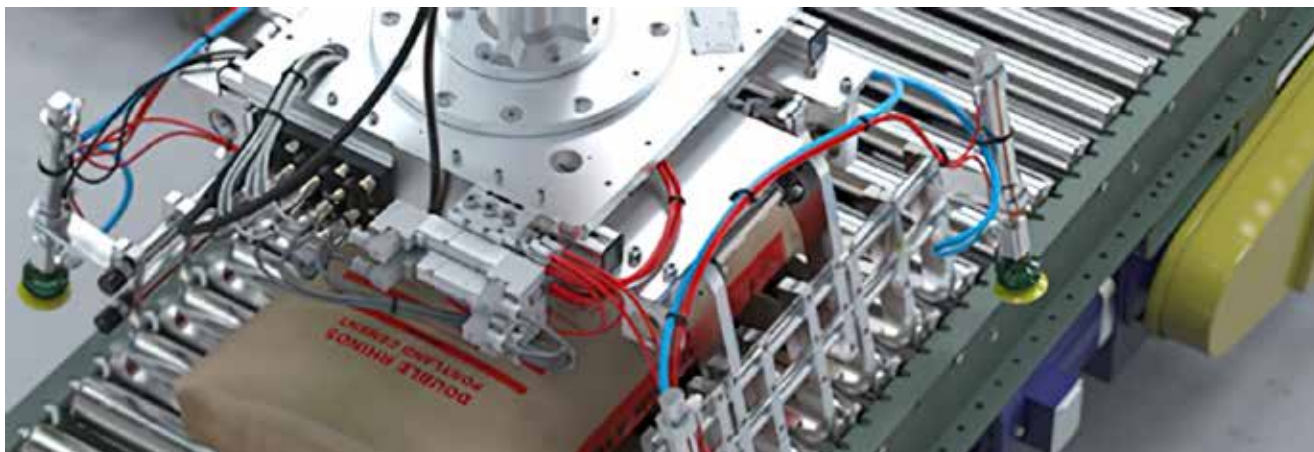
INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

## OGLAŠEVALCI

- |  |   |
|--|---|
| ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana ..... 340      | ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....293               |
| ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje..... 307               | ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....281, 345     |
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin.....281, 348                | ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin .....281     |
| ▶ EPILOG, d. o. o., Ljubljana.....335                | ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.),           |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj..... 343                 | ▶ Novo mesto.....281                              |
| ▶ HPE, d. o. o., Ljubljana.....281                   | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... 281, 282 |
| ▶ ICM, d. o. o., Vojnik ..... 311, 347               | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana .....281, 284 |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi ..... 330      | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 299, 337     |
| ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija..... 305       | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana ..... 306            |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana .....317                | ▶ TKC, d. o. o., Ljubljana.....298                |
| ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš ..... 281, 329          | ▶ UL, Fakulteta za strojništvo ..... 302, 304     |
| ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje ..... 281, 332 | ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica ..... 310            |

## PALETIRANJE S PRIJEMALOM LBG-50

Z novim prijemalom LBG-50 proizvajalec PIAB, ki ga zastopa INIOTEH, krepi svoj vpliv na trgu rešitev za paletiranje. Novo prijemalo z lahkoto dviguje vreče z maso do 50 kg. Ker gre za vnaprej razvito orodje, uporabnik prihrani dragoceni čas pri načrtovanju.



Slika 1 : Prijemalo LBG-50

Pri razvoju novega sistema za prijetanje vreč v liniji za paletiranje je pomembno natančno poravnavanje mer s transportnimi valji za nemoten postopek dviganja in spuščanja. To zahteva zamudno analizo in načrtovanje, kasneje pa še več časa za prilagajanje in natančne nastavitve.

Novo prijemalo LBG-50 proizvajalca PIAB v družini orodij za paletiranje za lahke vreče rešuje vse to.

Ravnanje z vrečami običajno predstavlja izziv, saj so težke, prožne in s površino, ki je občutljiva na stiskanje, prebadanje ali drugo grobo ravnanje. LBG-50 se temu izogne z nežnim, a čvrstim dvigom, medtem ko vgrajena zgornja vpenjalna plošča

zavaruje vrečo od zgoraj med premikanjem. To pa omogoča krajše delovne cikle.

Tako roka kot ogrodje LBG-50 sta izdelana iz aluminija, zato je robusten, a lahek. Druge pozitivne lastnosti so prilagodljiva širina in položaj prstov ter številne možnosti namestitve. Prilagodljivost velja tudi za paket ventilov, ki ga je mogoče konfigurirati z diskretnim I/O, Ethernet/IP ali Profinet.

### Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si



www.svet-me.si

### TEMATIKE

AVTOMATIZACIJA    PRIMERI DOBRE PRAKSE  
STROJNIŠTVO        ROBOTIKA





NOVICE    SAMOGRADNJE  
PROGRAMIRANJE



https://svet-el.si

### TEMATIKE

ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE



## NAJMANJŠI AKTUATOR EASYE-25

### IZ DRUŽINE AKTUATORJEV EASYE-LINE

Proizvajalec BANSBACH dopolnjuje svojo družino aktuatorjev easyE-line. Do sedaj so bile na voljo velikosti easyE-35, easyE-50 in easyE-60, od sedaj naprej pa je dobavljiva še najmanjša verzija easyE-25.

S svojo velikostjo  $\varnothing$  25 mm in elegantnim dizajnom je ta in-line električni aktuator odlična rešitev za skoraj vse manjše naloge dvigovanja. Aktuatorji easyE-25 so bili razviti posebej za aplikacije, kjer ni na voljo veliko prostora.

Ključne karakteristike:

- ▶ maksimalna dinamična sila do 370 N v tlačni in natezni smeri,
- ▶ maksimalna hitrost 5 mm/s,
- ▶ možni hodi od 50 do 250 mm,
- ▶ napetost 12 ali 24 VDC,
- ▶ faktor zaščite IP66,
- ▶ temperaturno območje delovanja od  $-20$  °C do  $+70$  °C.



Slika 1 : Električni aktuatorji easyE-line

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

## ZDRUŽITEV LEŽAJEV SUPER SMART IN GREDI 60 CASE LINEARRACE

Kroglični ležaji Ball Bushing® proizvajalca THOMSON LINEAR v kombinaciji z gredmi 60 Case® Line-

arRace® istega proizvajalca imajo odlične karakteristike, veliko zanesljivost in 50 % daljšo življenjsko dobo od konkurenčnih izdelkov na trgu.



Pri uporabi z ležaji Super Smart gred 60 Case LinearRace doseže do 400 % daljšo življenjsko dobo

Združitev ležajev Super Smart in gredi 60 Case LinearRace tako skrajša čas vzdrževanja, zmanjša možnost zastojev strojev ter stroške skladiščenja.

Poleg tega večja nosilnost ležajev oblikovalcem omogoča uporabo manjših komponent, s čimer se znižajo stroški in zmanjša potreben prostor v strojih, ne da bi pri tem ogrozili življenjsko dobo ali zanesljivost.

Najboljše od vsega pa je, da lahko kroglične ležaje in gredi Thomson prilagodite tako, da natančno ustrezajo vašim potrebam.

Naj vaše breme prevzamejo komponente proizvajalca THOMSON LINEAR.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

# CEVNE ČRPALKE PONNDORF

Mojca Gros

Podjetje HENNLICH d. o. o. predstavlja cevne črpalke proizvajalca Ponndorf, ki so primerne za črpanje skoraj vseh tekočih medijev, enostavne za uporabo, nadzor in čiščenje ter vsestranske in zanesljive. Uporabljajo jih v številnih industrijskih panogah, kot so kemična in farmacevtska industrija, proizvodnja stekla, keramike in porcelana, v živilski, lesni in papirni industriji, v obratih smole in plastike, pri čiščenju vode in drugod.



**Slika 1:** Cevna črpalka Ponndorf P\_classicplus – pretok do 5.500 l/min in delovni tlak do 4 bar

visoke mehanske zahteve za material cevi, kar zagotavlja, da je obraba čim manjša in s tem življenjska doba cevi čim daljša. Črpalke so neobčutljive na trde delce v mediju in delujejo brez zamašitve.

- ▶ Način delovanja črpalke omogoča nežno (pazljivo) prečrpavanje, brez penjenja, kar je pomembno pri črpanju barv in lakov. Enostavno čiščenje in hitra menjava cevi sta ključna dejavnika, ki zagotavljata nemoteno delovanje.
- ▶ Za živilsko industrijo so cevi črpalke izdelane v skladu s standardi EU10/2011 in FDA. Medij pride v stik le z notranjostjo črpalke, ki je brez tesnil, loput, mrtvih kotov in dodatnih ventilov. Čiščenje je tako hitro, enostavno in zagotavlja najvišji nivo varnosti ter kakovosti.
- ▶ Pri agresivnih medijih (kisline/lugi/mešanice), ki se npr. uporabljajo v kemični in farmacevtski industriji, je zagotovljena visoka kemična odpornost in prenos medija brez stika s kovinskimi materiali, s čimer se izključijo neželene in nevarne reakcije z medijem.

## Vplivni parametri pri izbiri cevnih črpalk

Podjetje Ponndorf ima v svojem prodajnem programu različne izvedbe črpalk (*slika 1, slika 2, slika 3*). Vplivni parametri pri izbiri ustrezne črpalke so številni. Črpalke morajo biti prilagodljive vrsti medija, zagotavljati morajo ustrezen tlak in pretok, pogosto delovati v čistih okoljih, imeti morajo ustrezno življenjsko dobo, vzdrževanje in rokovanje z njimi pa naj bo enostavno.

Osvetlitev nekaterih zahtev pri izbiri cevnih črpalk v različnih industrijah:

- ▶ *Abrazivni mediji*, kot npr. beton, z drgnjenjem povzročajo obrabo. Zaradi tega so postavljene



**Slika 2:** Cevna črpalka za suhi tek Ponndorf P\_delta – zamenjava cevi v nekaj sekundah

Mojca Gros, Hennlich, d. o. o., Kranj



Slika 3 : Komplet cevne črpalke Ponndorf s priključki na vozičku

### Črpalke za delovanje v suhem in mokrem sistemu

Podjetje Ponndorf je eden redkih proizvajalcev peristaltičnih oz. cevnih črpalk tako za suh kot tudi za mokri tek.

Pri suhem sistemu deluje črpalka brez mazalne kopeli. Takšen sistem zagotavlja, da v primeru poškodbe cevi ne pride do uhanja maziva v črpani medij. Pomembna prednost teh črpalk je

enostavna menjava cevi. Za menjavo cevi črpalke potrebujemo malo strokovnega znanja, izvesti pa jo je mogoče v le nekaj minutah.

Črpalke z **mokrim sistemom** so posebej primerne za težke črpalne pogoje z delovnim tlakom do 15 barov. Posebno ohišje s kope-ljo in različni materiali cevi črpalke omogočajo dolgo življenjsko dobo. Zagotovljeno je optimalno mazanje in hlajenje cevi.

### Mobilne črpalke in pogoni črpalk

Pri Ponndorfu se zavedajo, da mora biti uporaba njihovih črpalk praktična in priročna. Zato imajo v svoje prodajnem programu tudi že pripravljene enote na mobilnih vozičkih (slika 3). Ti kompleti vsebujejo črpalko z vsemi priključki.

Za vse črpalke Ponndorf so na voljo posebni pogoni, mehanski ali elektronski (standardni motorji, motorji za ATEX območje, ...), nadzor hitrosti oz. regulacija pretoka, pulzacijski blažilniki, dodatni priključki, kot so npr. Tri-clamp, Kamlock, ... in ostali dodatki (lekažni kabli, ...). Dodajo se glede na potrebe in zahteve kupcev.

Črpalke so samosesalne, primerne za dolgotrajno neprekinjeno prečrpavanje velikih količin medija oz. za velike pretoke do 60.000 l/h. Pretoki se lahko uravnavajo glede na hitrost vrtenja motorja.

Ker pri številnih različnih cev-nih črpalk Ponndorf izbira prave ni vedno preprosta, v podjetju HENNLICH d. o. o. pomagajo pri izbiri ter opravijo predhodno testiranje, na podlagi katerega se izbere ustrezna cev. V tesnem sodelovanju s strankami pa izpolnijo zahteve tudi z individualnimi konstrukcijami črpalk Ponndorf. Skupaj s podjetjem Ponndorf se veselijo vseh izzivov, ki jim jih postavijo kupci.



## VZVODNA STISKALKA ZA MAST TIP 1142 IN 1147

- » Rezervoar: 500 cm<sup>3</sup> / 400 cm<sup>3</sup> kartuša
- » Polnjenje: odprto ali kartuša
- » Pretok: cca. 1 cm<sup>3</sup>/stisk
- » Tip 1142: 5853 kovinska cev (150 mm)
- » Tip 1147: 71518 (460 mm) fleksibilna visokotlačna cev



[www.hennlich.si](http://www.hennlich.si)

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 004

# ZAJEM IN UPORABA OGLJIKOVEGA DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) S SISTEMI OMEGA AIR

V podjetju OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana verjamemo v prihodnost sistemov, ki bodo pomagali zmanjšati delež CO<sub>2</sub> v industriji. V ta namen ponujamo CCS/CCU-rešitve na ključ za vrednotenje CO<sub>2</sub> (ločevanje, utekočinjanje, stiskanje in čiščenje plina).



Slika 1: Izpusti CO<sub>2</sub> v ozračje

Obstajata dva sistema za preprečevanje izpustov CO<sub>2</sub> v ozračje, ki sta dragocena korist za okolje (višja koncentracija CO<sub>2</sub> v ozračju je glavni vzrok globalnega segrevanja) – CCU- in CCS-sistem. Glavna razlika med procesoma CCU in CCS je v tem, da CCS-sistemi ne vključujejo obdelave CO<sub>2</sub> in zato plina pozneje ni mogoče uporabiti.

Tehnika zajema CO<sub>2</sub>, ki ji lahko rečemo tudi »vrednotenje ogljika«, je proces zajemanja plinastega ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>), ki je v industrijskem ali kmetijsko-živilskem procesu, in njegove nadaljnje obdelave z namenom ponovne uporabe v lokalnem procesu ali pa prodaje.

Sistem CCU je potrebno razlikovati od sistemov za zajemanje in shranjevanje ogljika (CCS), ki večinoma zajemajo CO<sub>2</sub> iz procesa (ali celo iz atmosfere) in ga usmerjajo v hranilnike (večinoma pod zemljo).

V proizvodnem obratu OMEGA AIR PE Logatec proizvajamo

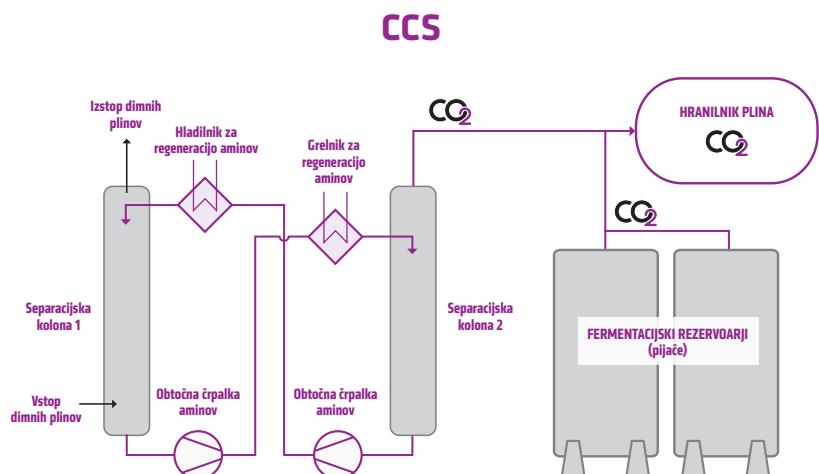
kontejnerske sisteme na ključ CO<sub>2</sub>-BOX, ki končnemu uporabniku omogočijo pozitiven vpliv na okolje in hkrati ustvarjanje dobička. Tako pridobljen CO<sub>2</sub> je lahko – odvisno od zahteve kupca in nadaljnje uporabe – v plinastem ali tekočem stanju in industrijske ali prehranske kakovosti.

Zajem CO<sub>2</sub> iz dimnih plinov (slika 3 - levi del) – CCS-sistem

Dimni plini vsebujejo relativno visoko koncentracijo CO<sub>2</sub>, ki ga je s kombinacijo separacijskih tehnologij možno zajeti. Pri separaciji z



Slika 2: Kompaktna kontejnerska izvedba – CO<sub>2</sub> BOX



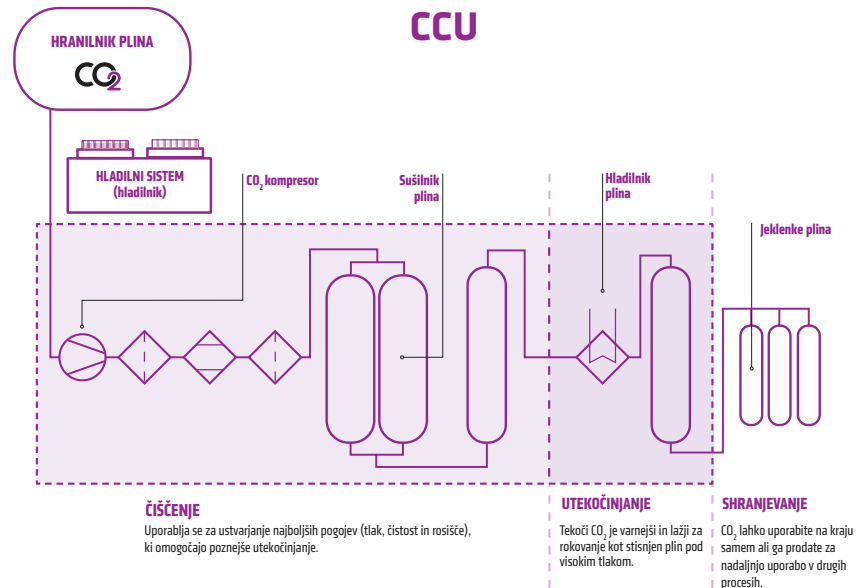
Slika 3: Shema CCS-sistema



organskimi topili (npr. etilenamid) se v prvi separacijski koloni tok dimnih plinov spira s topili, ki vežejo nase CO<sub>2</sub>. V naslednji fazi tekočino, obogateno s CO<sub>2</sub>, regeneriramo (segrejemo) in v drugi separacijski koloni CO<sub>2</sub> v plinasti fazi ločimo iz topila v tekoči fazi. Organsko topilo nato ohladimo in ga ponovno injiciramo v prvo separacijsko kolono, medtem ko se CO<sub>2</sub> v plinasti fazi hrani v vmesnem zalogovniku, kjer je pripravljen za fazo dodatne obdelave (npr. filtracija, komprimiranje, utekočinjanje).

### Zajem CO<sub>2</sub> pri fermentaciji (slika 3 – desni del) - CCS-sistem

Alkoholno vrenje ali alkoholna fermentacija je biološki proces, pri katerem se sladkorji, kot so glukoza, fruktoza in saharoza, pretvorijo v energijo v obliki adenozin trifosfata (ATP), pri tem pa nastaneta etanol in ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) kot presnovna odpadna produkta. Na vrhu fermentorjev se zajema CO<sub>2</sub> v visoki koncentraciji in se nato pred fazo



Slika 4 : Shema CCU-sistema

nadaljnje obdelave hrani v vmesnem zalogovniku.

### CCU-sistem

Kadar želimo CO<sub>2</sub> ponovno uporabiti v nekem procesu, ga je predhodno potrebno dodatno

očistiti. Faza čiščenja najpogosteje zajema komprimiranje, filtracijo in sušenje. Ustrezno očiščen CO<sub>2</sub> je primeren za nadaljnjo uporabo v živilski industriji ali različnih industrijskih aplikacijah.

[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)



**OMEGA AIR**  
*more than air*

**OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana**  
Cesta Dolomitskega odreda 10  
SI-1000 Ljubljana, Slovenija  
[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)  
T +386 (0)1 200 68 00  
info@omega-air.si

<p><b>RAZPON TLAKOV</b></p> <p>1000 mbar 16 bar, 50 bar 100 bar, 250 bar 420 bar</p>			
<p><b>MEDIJI</b></p> <p>stisnjen zrak vakuum N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CNG, dihalni zrak CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He</p>			
			

© Ventil 29(2023)5. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.  
 © Ventil 29(2023)5. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Internet: <http://www.revija-ventil.si>  
 E-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

ISSN 1318-7279  
 UDK 62-82 + 62-85 + 62-31/-33 + 681.523 (497.12)

**VENTIL** Revija za fluidno tehniko, avtomatizacijo in mehatroniko  
 Journal for Fluid Power, Automation and Mechatronics

Volume Letnik 29  
 Year Letnica 2023  
 Number Številka 5

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno tehniko in Fluidne tehnike pri Zdrženju kovinske industrije Gospodarske zbornice Slovenije. Izhaja šestkrat letno.

Ustanovitelj: SDFT in GZS – ZKI-FT  
 Izdajatelj: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo  
 Glavni in odgovorni urednik: prof. dr. Janez Tušek  
 Pomočnik urednika: izr. prof. dr. Miroslav Halilovič  
 Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Ivan BAJSIČ, Univerza v Novem mestu, Fakulteta za strojništvo
- ▶ mag. Aleš BIZJAK, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Mitjan KALIN, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Damjan KLOBČAR, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
- ▶ izr. prof. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ mag. Anton STUŠEK, Uredništvo revije Ventil
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Polskava
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana  
 Lektoriranje: Marjeta Humar, prof., Andrea Potočnik  
 Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna  
 Tisk: Tiskarna Present, Ljubljana  
 Marketing in distribucija: Roman Putrih

Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil  
 Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana  
 Telefon: +(0)1 4771-704  
 Faks: +(0)1 4771-772 in +(0)1 2518-567

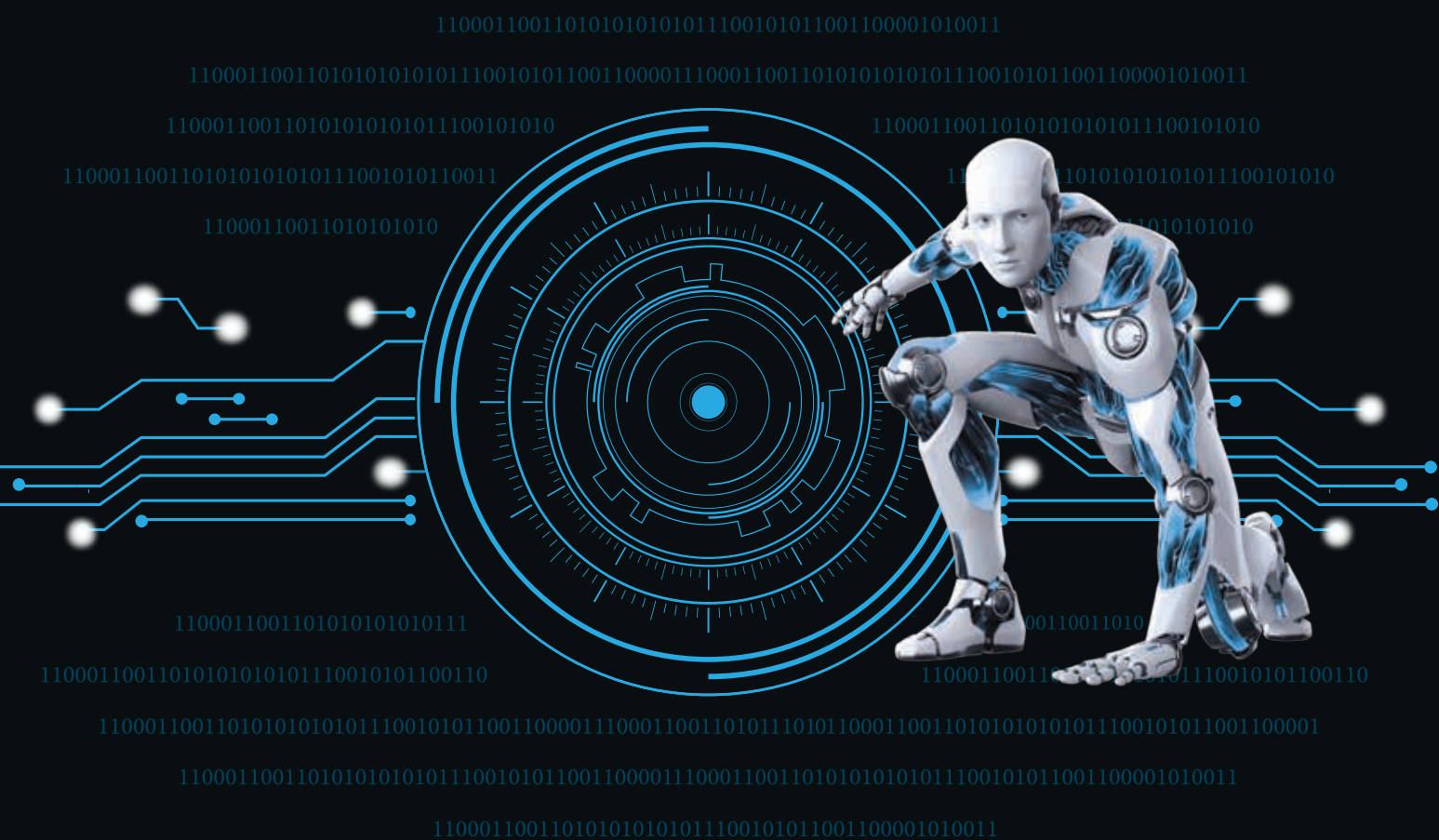
Naklada: 1.000 izvodov  
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).  
 Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.  
 Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 5-odstotni davek na dodano vrednost.

# IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

13.-15. februar 2024

Ljubljana





**FESTO**

# Preprosto: del rešitve

Festo ★ osnovni program

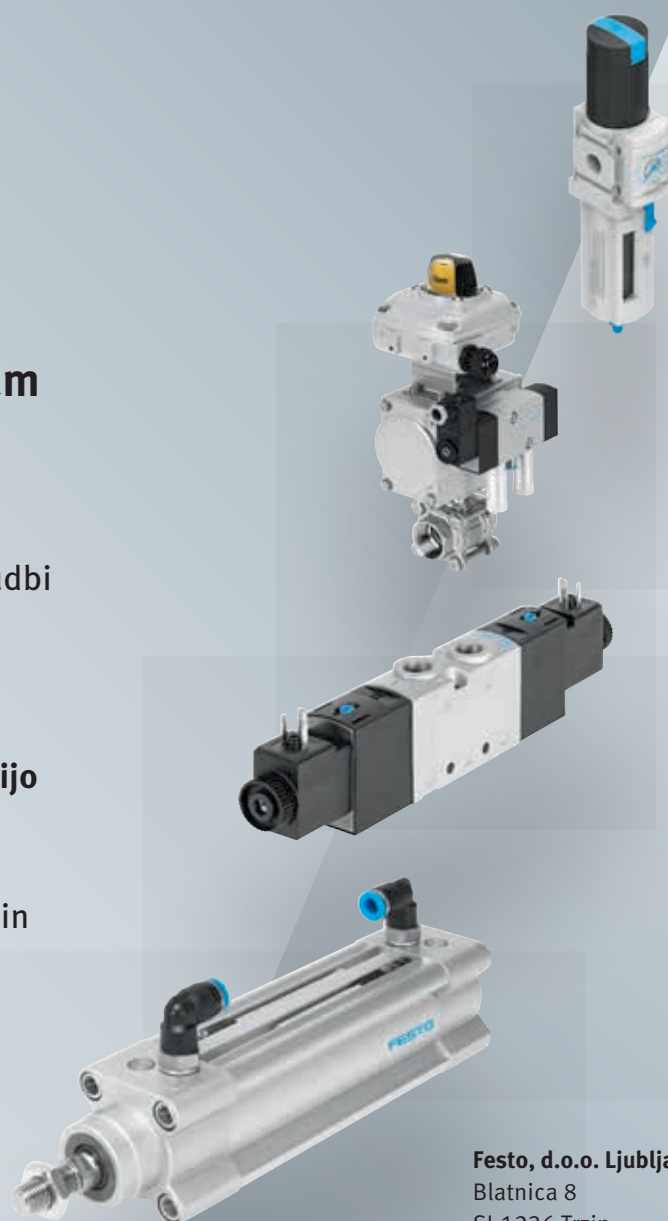
**Prednosti na prvi pogled:**

- Več kot 35.000 izdelkov v ponudbi
- Hitra dostava
- Privlačne cene

**Osnovni program za avtomatizacijo**

Festo osnovni program je naš izbor najpomembnejših izdelkov in funkcij, ki rešujejo večino vaših nalog v avtomatizaciji.

Poenostavite svojo nabavo -  
Samo poiščite modro zvezdo!



**Festo, d.o.o. Ljubljana**  
Blatnica 8  
SI-1236 Trzin  
Telefon: 01/ 530-21-00  
Telefax: 01/ 530-21-25  
sales\_si@festo.com  
www.festo.si