



**OPL**

**FESTO**

- Intervju
- Ventil na obisku
- Hidravlični valji velikih dimenzij
- Tok fluida skozi disk iz poroznega materiala
- Lokalizacija mobilnega robota
- Avtomatizirani sistemi z računalniškim vidom
- Traktorska olja

**Parker**

**HYDAC**

**SICK**

Sensor Intelligence.

**MIEL OMRON**  
www.miel.si  
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

**VIAL**  
AUTOMATION  
*Sinerzija človeka in tehnologij*

**ABB**

Power and productivity  
for a better world™

## industrijska olja in maziva

### Proizvodni program:

hladilno mazalna sredstva, sredstva za hladno preoblikovanje, sredstva za antikorozijsko zaščito, olja za termično obdelavo, mazalne masti, olja za posebne namene, razmastilna sredstva, pomožna sredstva za gradbeništvo, hidravlične tekočine, maziva in tekočine za motorna vozila, olja za zobniške prenosnike, svetovanje in ekologija



**OLMA**  
www.olma.si



## HIDRAVLIČNE SESTAVINE HIDRAVLIČNI SISTEMI STORITVE



PROGRAM  
ZASTOPSTEV



[www.kladivar.com](http://www.kladivar.com)

KLADIVAR, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, d.o.o.  
Industrijska ulica 2, SI - 4226 Žiri, Slovenija  
T: 04 51 59 100 / F: 04 51 59 122 / E: info@kladivar.com

# Unikatne tehnološke rešitve

F L E K S I B I L N E M O N T A Ž N E C E L I C E



## FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI

Iskra ASING d.o.o., je priznani ponudnik celostnih rešitev projektiranja, izdelave in tehnološkega inženiringa na sledečih programskih sklopih:

- Navijalni stroji in naprave
- Montažne linije in sistemi
- Namenski obdelovalni stroji
- Merilne naprave in sistemi

 **Iskra**  
Iskra Avtoelektrika Group  
**ASING d.o.o.**

Vrtojbenska cesta 62  
SI-5290 Šempeter pri Gorici  
Telefon: 05 33 93 412, 33 93 401  
asing@iskra-ae.com  
www.iskra-ae.com

Impresum	299	■ INTERVJU	
Beseda uredništva	299	Dr. Franc Gider – direktor Javne agencije za tehnološki razvoj RS	300
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	304	■ VENTIL NA OBISKU	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	318	Fluidna tehnika na Fakulteti za strojništvo v Mariboru	324
■ ALI STE VEDELI	368	■ OLJNA HIDRAVLIKA	
Seznam oglaševalcev	384	Radovan S. PETROVIĆ, Jožef PEZDIRNIK, Nenad TODIĆ: Optimization of Oil-Hydraulic Cylinders of Large Measurements and High Output Power	330
Znanstvene in strokovne prireditve	314	■ MERITVE	

**Naslovna stran:**

OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 e-mail: komerciala@olma.si	8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51
OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 0000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si http://www.sick.si
LOTRIČ, d. o. o., Selca 163,4227 Selca, tel.: 04 517 0700, faks: 04 517 0707, internet: www.lotric.si	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si www.omron-automation.com
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7	ABB, d. o. o. Koprska ulica 92 1000, Ljubljana Tel.: +386 1 2445 457 Fax: +386 1 2445 490 www.abb.si

Gašper **BENEDIK**, Brane **ŠIROK**, Matjaž **EBERLINC**, Primož **URBANČIČ**, Aljoša **MOČNIK**: Izstopno hitrostno polje in tlačne razlike pri toku fluida skozi disk iz poroznega materiala 338

## ■ ROBOTIKA

Luka **TESLIČ**, Igor **ŠKRJANC**, Gregor **KLANČAR**: Lokalizacija mobilnega robota z uporabo različnih senzorjev 344

## ■ RAČUNALNIŠKI VID

Florin Daniel **ANTON**, Theodor **BORANGIU**, Silvia **ANTON**: A Rapid Deployment Automation Solution for Robot Vision Applications 350

## ■ HIDRAVLIČNE TEKOČINE

Aleš **ARNŠEK**: Aktualni trendi razvoja traktorskih olj 358

## ■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Robert **HARB**, Martin **TERBUC**, Rok **TRELC**: Znižanje stroškov z učinkovito oskrbo s stisnjanim zrakom 364

## ■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Zmanjšanje porabe energije in povečanje učinkovitosti postopkov s programirljivimi krmilniki za avtomatizacijo (PAC) (**NATIONAL INSTRUMENTS**) 372

## ■ NOVOSTI NA TRGU

Standardna krmilna omarica za peskalne stroje (**ADEPT**) 374  
Merjenje razdalje z zelo majhnim induktivnim senzorjem **IWFM 08 (VIAL)** 374  
Cevi za visokotlačno vodno čiščenje **GOLDENBLAST/PLUS (HIDEX)** 375

## ■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Servoregulator v funkciji **PLK-ja** 376

## ■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige 381  
Uveljavitev standarda **DIN EN ISO 13849** za pnevmatiko 381

## ■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Na spletu dostopni programi za dimenzioniranje in izbiro hidravličnih komponent (**HYDAC**) 382  
Zanimivosti na spletnih straneh 382

**VENTIL**  
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1518-7270 | Avgust 15/2009/4

- Intervju
- Ventil na obisku
- Hidravlični valji velikih dimenzij
- Tok fluida skozi disk iz poroznega materiala
- Lokalizacija mobilnega robota
- Avtomatizirani sistemi z računalniškim vidom
- Traktorska olja
- Iz prakse za prakso

industrijska olja in maziva

www.olma.si



## Très chic: Designerski agregat.

Je lahko hidravlični agregat sploh lep? Mi mislimo, da celo mora biti. Zato smo naš novi kompaktni agregat KA oblikovali tako, da ugaja očem. Ampak to še ni vse. K popolnem agregatu spadajo tudi številne možnosti uporabe. V aplikacijah kot so obdelovalni stroji, dvizhne platforme in hidravlična orodja razvije KA svojo polno moč in 700 bar delovnega tlaka. Mobilna ali stacionarna enota je lahko vgrajena stoje ali leže, z eno ali tri faznim napajanjem – odločitev je vaša! Usklajeni motorji, ventili in dodatna oprema iz obsežnega modularnega sistema omogočajo, da agregat KA izpolni vsa vaša pričakovanja. Za več informacij HAWE Hidravlika d.o.o., tel. 03 7134 880.

Solutions for a World under Pressure

**HAWE**  
HYDRAULIK

© Ventil 15(2009)4. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.  
© Ventil 15(2009)4. Printed in Slovenia. All rights reserved.

## Impresum

Internet:  
http://www.fs.uni-lj.si/ventil/

e-mail:  
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

Letnik	15	Volume
Letnica	2009	Year
Številka	4	Number

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno tehniko in Fluidne tehnike pri Združenju 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:  
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:  
Roman PUTRIH

Znanstveno-strokovni svet:  
doc. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana  
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana  
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana  
izr. prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana  
prof. dr. Aleksander CZINKI, Fachhochschule  
Aschaffenburg, ZR Nemčija  
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor  
izr. prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana  
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana  
doc. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana  
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT  
doc. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana  
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija  
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Žiri  
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor  
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ, University of  
Alicante, Španija  
prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen,  
ZR Nemčija  
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska  
prof. dr. Gajko NIKOLIĆ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška  
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana  
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana  
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo,  
Škofja Loka  
izr. prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana  
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana  
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana  
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:  
Barbara KODRÚN

Lektoriranje:  
Marjeta HUMAR, prof.; Paul McGuinness

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:  
LITTERA PICTA, d. o. o., Ljubljana

Tisk:  
LITTERA PICTA, d. o. o., 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 2518-567 in  
+ (0) 1 4771-772

Naklada:  
2 000 izvodov

Cena:  
4,00 EUR – letna naročnina 24,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za knjigo Republike  
Slovenije (JAKRS)

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  
8,5-odstotni davek na dodano vrednost.

## Bolonjski proces in relanost v Sloveniji

*O bolonjski prenovi visokošolskega študija pri nas in v drugih evropskih državah, ki se je pričela pred skoraj enim desetletjem, smo v uvodnih tega časopisa že večkrat pisali. Večkrat smo se zelo kritično odzvali na slovensko inovativnost na tem področju. Toda v Sloveniji novih idej ne zmanjka. Ena od takih je, ko je senat Univerze v Ljubljani v začetku julija sprejel odločitev za spremembo statuta, ki omogoča študentom dvanajstmesečni absolventski status po vsaki študijski stopnji. To je prav gotovo slovenska inovacija, ki je bolonjska prenova študija ne predvideva in ne velja v drugih državah, ki so vpeljale tako imenovani bolonjski študij. Če izračunamo čas študija slovenskega doktorja znanosti, bo ta z rednim študijem, s stalnim rednim vpisom končal tretjo stopnjo po enajstih letih. Tri leta bo študiral na prvi stopnji, dve leti na drugi in tri leta na tretji. To je osem let. Če k temu prištejemo še tri leta absolventskega staža, je to enajst let. Če bo študent izkoristil še možnost enega leta pavziranja ali pa bo spremenil smer študija in s tem izgubil še eno leto, bo študij še daljši. Kaj vse to pomeni v primerjavi s študijem v sosednjih državah? Ali bodo naši diplomanti ali pa doktorandi toliko več znali in se na trgu zaradi tega lažje in bolje »prodajali«?*

*Najbolj pa je zanimivo, da pri takšni odločitvi naše največje univerze praktično nihče ne reagira. Nekateri časopisi in druga sredstva javnega obveščanja so to novico zgolj prenesli v javnost. Kako to, da se nihče ne vpraša, kdo je pobudnik takšne ideje, kdo je sploh zagovornik in kdo nasprotnik? Ali so se res vsi senatorji Univerze v Ljubljani strinjali s takšno spremembo statuta, kakšni so bili argumenti za in kakšni proti itd.? Prav gotovo se nihče od senatorjev ni vprašal, kje bomo vzeli denar, ki je potreben za podaljšanje študija. Ta večji strošek bo moralo plačati slovensko gospodarstvo.*

*Komu pa pravzaprav podaljšanje absolventskega staža najbolj ustreza? Ali so to res samo študentje? Kaj s podaljšanjem študija pridobijo profesorji in drugo osebje, ki se na fakultetah ukvarja s pedagoškim delom in s študirajočo mladino. Ob poznanem dejstvu, da so fakultete oziroma zaposleni na fakultetah plačani po učinkovitosti, kar pomeni, da je za vsako fakulteto finančno najbolj pomembno, da čim več rednih študentov diplomira ne glede na kakovost, potem takšno podaljšanje še najbolj ustreza pedagoškemu kadru na vseh fakultetah in vsem ostalim, ki služijo kruh z izobraževanjem rednih študentov.*

*Učinek fakultet bo na ta način mnogo večji!*

*Kako to, da vprašanj o tej odločitvi ne postavljajo novinarji slovenskih časopisov, ki relativno veliko poročajo o univerzah, študentih in o bolonjski prenovi? Kako to, da se pri takšnih sklepih največje slovenske univerze ne oglasi Gospodarska ali Obrtna zbornica? V takšnih primerih bi moral reagirati Državni svet, v katerem sedi kar nekaj gospodarstvenikov. Toda nič, niti ene kritične besede.*

*Osnovni namen uvedbe bolonjskega študija v vseh evropskih državah je bil poenotenje študija glede programov in trajanja. To pomeni, da Slovenija to osnovno načelo krši. Podobno kot to počnejo številni državni uradniki in številne državne institucije na drugih področjih, če samo omenim sodstvo in pravo. Na teh področjih nas morajo različni organi Evropske unije vse pogosteje opozarjati. In prav zanimivo bo, če se bo tudi v tem primeru oglasilo kakšno evropsko združenje in nam zaradi prej omenjene inovativnosti poslalo kakšno opozorilo.*

*Kaj bi se zgodilo, če bi v naši državi tako neodgovorno in negospodarno kot državni organi ravnala industrija? Kaj bi se zgodilo, če bi industrijske izdelke glede varnosti in funkcionalnosti izdelovali »po svoje«, tako kot ravna Univerza v Ljubljani? Kaj bi se zgodilo, če bi Gorenje izdelovalo pralne stroje in druge gospodinjske aparate po »slovenski« maniri? Kaj bi se zgodilo, če bi Revoz v Novem mestu pri razvoju novega vozila začel za vse evropske kupce izdelovati avtomobile z volanom na desni strani, ali pa, če bi druga podjetja v celoti ignorirala evropske smernice? Odgovor je zelo preprost. Ta podjetja bi zelo hitro propadla. Kaj pa Univerza v Ljubljani?*

Janez Tušek

# Samo kakovosten in stalen tehnološki razvoj v naših podjetjih v povezavi z znanstveno sfero na univerzah in inštitutih nas lahko dolgoročno pripelje iz gospodarske krize

Pogosto slišimo, da sta v Sloveniji akademska oziroma znanstvena sfera in industrija oziroma podjetja, ki delujejo na trgu, vsak na svojem bregu in da ni pravega znanstvenega in razvojnoraziskovalnega sodelovanja. Glede na podatke, ki obstajajo, je ta ugotovitev popolnoma resnična in tudi kritika obstoječega stanja je prav gotovo upravičena. Razlogov za nastalo situacijo pa je več in niso samo na eni strani.

V splošnem ocenjujemo in lahko tudi zapišemo, da niti v znanstveni sferi niti v industriji ni prav veliko resničnih interesov in prave volje, da bi se situacija popravila. Znanstveniki v splošnem pričakujejo, da bodo predstavniki podjetij pri njih iskali znanje, da bodo za vsako delo imeli na voljo dovolj časa in dovolj podpore s strani podjetja in da bodo za celotno opravljeno delo, ne glede na rezultat, tudi primerno plačani.

V podjetjih pa je situacija dokaj podobna. Ko naletijo na problem, ga skušajo rešiti na vse mogoče načine. Iščejo rešitve v drugih podjetjih, v literaturi, v tujini in le redko na domačih fakultetah. Ko po dolgem času ugotovijo, da zadevi ne bodo kos, se obrnejo na znanstveno ustanovo. Toda prav ti, ki so iskali rešitev več mesecev ali celo let, od znanstvenika na fakulteti ali drugi znanstveni ustanovi pričakujejo, da bo rešitev stresel iz rokava. Če tega ne stori, so že razočarani, nejevoljni in zelo kritični do domačih znanstvenikov.



Dr. Franc Gider

Prav v želji po izboljšanju sodelovanja med znanostjo in industrijo je vlada pred leti ustanovila Javno agencijo za tehnološki razvoj Republike Slovenije (TIA). TIA nastopa v pravnem prometu v svojem imenu in za svoj račun v okviru zakonov in s sklepom o ustanovitvi določenih nalog. TIA je posredni uporabnik državnega proračuna v skladu s predpisi s področja javnih financ in javnih agencij.

TIA opravlja strokovne, razvojne in izvršilne naloge na področju pospeševanja tehnološkega razvoja in inovativnosti v skladu s sprejetim nacionalnim raziskovalnim in razvojnim programom in drugimi nacionalnimi programi na področju tehnološkega razvoja in inovativnosti.

Da bi naši bralci bolje spoznali poslanstvo in dejavnosti Tehnološke agencije Republike Slovenije, smo zaprosili njenega direktorja dr. Franca Giderja za krajši intervju.

**Ventil:** Prosim vas, da na kratko predstavite zgodovino Tehnološke agencije Slovenije TIA in opišete njeno osnovno poslanstvo.

**Dr. Gider:** TIA je bila ustanovljena leta 2004, delovati pa je začela konec leta 2005. Resno delo pri izvajanju programov tehnološkega razvoja se je začelo v letu 2006. V začetku je bilo kar nekaj težav pri umeščanju TIA v strukturo podpornega okolja za povečanje konkurenčnosti (pristojnost različnih ministrstev, pravni položaj TIA, zagotovitev sredstev za delovanje TIA, ...). Danes TIA spada pod okrilje Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo (MVZT), poleg tega pa sodeluje še z Ministrstvom za gospodarstvo (MG) ter Ministrstvom za obrambo (MORS). Sredstva, ki jih TIA podeljuje prek svojih razpisov v sodelovanju z različnimi ministrstvi, se vsako leto povečujejo. Glavno poslanstvo TIA je spodbujanje tehnološkega razvoja in inovativnosti v slovenskih podjetjih.

**Ventil:** V Sloveniji je kar nekaj agencij in skladov pri različnih ministrstvih, ki na osnovi razpisov podeljujejo denar za temeljne, aplikativne in tehnološke raziskave, raziskovalno in tehnološko opremo in za mlade raziskovalce. Ali ne bi bilo učinkoviteje in bolj pregledno, če bi celotna sredstva iz državnega in evropskega proračuna, namenjena za razvoj, upravljala le ena sama ustanova?

**Dr. Gider:** Optimum bi bili dve agenciji: ena, ki dela z univerzami in inštituti, ter ena, ki dela s podjetji.

**Ventil:** Tudi razpise za tehnološki razvoj, ki so namenjeni izključno podjetjem, lahko zasledimo pri več različnih ustanovah, pri različnih ministrstvih. Ali ne bi bilo učinkoviteje, da bi preprosto enkrat letno razpisali en razpis kot razvojno pomoč podjetjem in bi bila v njem zajeta razvojnoraziskovalna dela, oprema, mladi raziskovalci in drugo?

**Dr. Gider:** Da.

**Ventil:** Sedanja vlada je v proračunu močno povečala sredstva za raziskave in razvoj, s poudarkom na tehnološkem

razvoju. Ali so ta sredstva glede na krizo kakor koli ogrožena oziroma ali je nevarnost, da se z rebalansom znižajo?

**Dr. Gider:** Res je, vlada je v letošnjem letu zelo povečala znesek sredstev za podporo tehnološkemu razvoju podjetij glede na prejšnja leta. Do rebalansov proračuna lahko vedno pride. Razporejanje sredstev med resorji ob rebalansu je seveda stvar političnih dogovorov. Glede na trdno odločenost vlade, da dejansko nekaj naredi za dolgoročni razvoj zdravega dela slovenskega gospodarstva, pa mislim, da do bistvenega znižanja vlaganj v tehnološki razvoj letos ne bi smelo priti.

**Ventil:** Znano je, da je v Sloveniji povezava med akademsko sfero in gospodarstvom zelo slaba. Ali je v načrtih vaše tehnološke agencije kakšna strategija, da bi to povezavo izboljšali. Po naši oceni bi bila edino finančna prisila tisto sredstvo, ki bi učinkovito prispevalo k sodelovanju med teoretičnimi znanstveniki in prakso v industriji.

**Dr. Gider:** Pri vseh programih, ki jih izvaja TIA, spodbujamo sodelovanje med akademsko sfero in gospodarstvom. Nosilci projektov, podpisniki pogodb in prejemniki sredstev s TIA so podjetja, ki v projekte po potrebi vključujejo tudi raziskovalce z univerz in inštitutov. Prav se mi zdi, da je gospodarstvo tisto, ki vključuje raziskovalce in jim daje smernice za delo. Na ta način bodo raziskovalci delali stvari, ki se dajo unovčiti. Strateška usmeritev

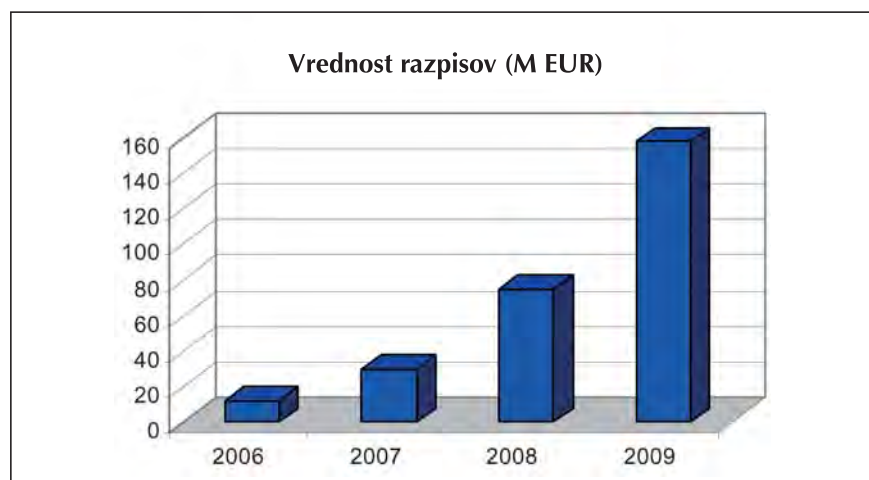
glede sodelovanja med raziskovalci in gospodarstvom je odgovornost vlade. Trenutno je letni proračun raziskovalne agencije (ki podpira akademsko sfero) še vedno dvakrat večji od letnega proračuna tehnološke agencije (ki podpira tehnološki razvoj v podjetjih) ...

**Ventil:** Pred slabim desetletjem je takratni minister za znanost v javne zavode in na univerze vpeljal tako imenovane raziskovalne programske skupine z namenom povečati učinkovitost znanstvenoraziskovalnega dela. Danes vemo, da se je delež raziskav povečal predvsem na teoretičnem področju, na področju aplikativnih raziskav pa do povečanja s programskimi skupinami praktično ni prišlo. Kakšna je vaša ocena?

**Dr. Gider:** Mislim, da so raziskovalne skupine v sedanji obliki sredstvo za spodbujanje raziskovalcev v smeri osnovnih raziskav. Rezultati takšnih raziskav pa se ne dajo kar na hitro unovčiti. Ker je Slovenija majhna dežela, si težko privoščimo takšen način delovanja. Mislim, da bi moral biti večji delež raziskav usmerjen v prakso.

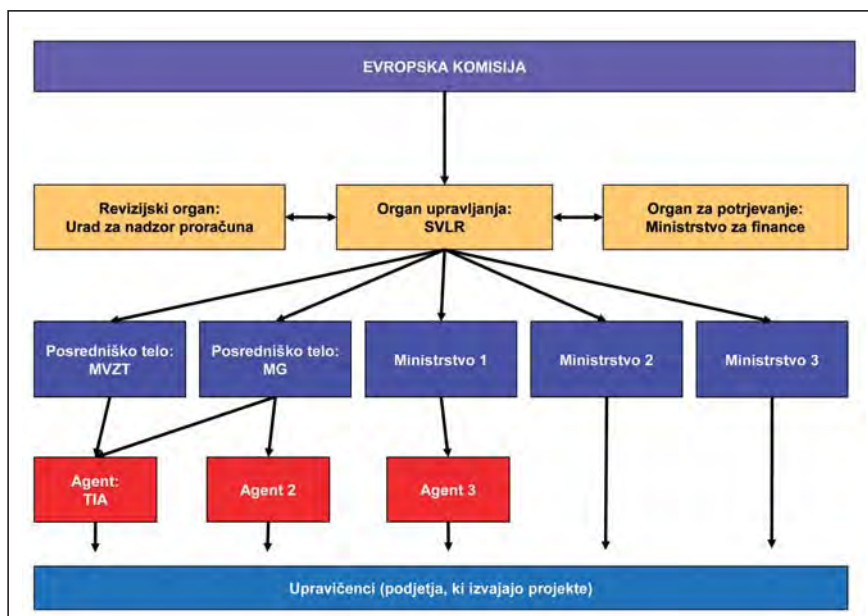
**Ventil:** Nekateri razpisi za tehnološke raziskave spadajo v tako imenovani sistem »de minimis«. Od kod ta izraz sploh pride, zakaj je uveden, zakaj le za nekatere razpise in ne za vse? Kakšen je sploh kriterij za opredelitev razpisa v prej omenjeni sistem?

**Dr. Gider:** Pri sistemu »de minimis«



Vrednost sredstev, ki jih TIA za različna ministrstva razpisuje za tehnološke razvojne projekte, raste iz leta v leto





Organizacijska struktura izvajanja projektov iz strukturnih skladov je zelo kompleksna. TIA ima vlogo agenta

gre za obliko državne pomoči, kjer ni potrebnih posebej veliko dokazil o porabi sredstev. Višina sredstev, ki jih lahko eno podjetje prejme po tej shemi, je omejena. Gre za evropska pravila državnih pomoči. Ker so sredstva omejena, se ta shema običajno uporablja pri razpisih za manjše projekte.

**Ventil:** Pogoji za pridobitev sredstev za tehnološke raziskave so zelo strogi. Zelo veliko je administrativnega opravila. Za podjetja, ki niso večča tega opravila, je to veliko breme. Mnoga inovativna in perspektivna podjetja se zaradi tega na razpise sploh ne prijavljajo. Ali se tu obetajo kakšne poenostavitve?

**Dr. Gider:** Večina programov, ki jih izvaja TIA, je financirana iz evropskih strukturnih skladov. Pri tovrstnih skladih veljajo pravila, ki jih postavi Evropska komisija. Na nacionalnem nivoju je za upravljanje s strukturnimi skladi odgovorna Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko (SVLR). Tam se v glavnem postavljajo pravila izvajanja projektov. TIA mora pravila seveda upoštevati. Strinjam se z vašo ugotovitvijo, da je izvajanje projektov povezano z veliko količino administrativnega dela. Na TIA se trudimo, da bi bilo tega dela za podjetja čim manj. Skupaj s partnerskimi

ministrstvi (MG – Ministrstvo za gospodarstvo ter MVZT – Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo) in SVLR delamo na poenostavitvah postopkov. Nekatero rezultate smo že dosegli, saj so na primer letošnji razpisi precej poenostavljeni glede na lanske. V prihodnosti lahko pričakujemo še več poenostavitev (npr. možnost avansiranja dela sredstev, enostavnejše poročanje pri upravičenih stroških, ...). Zavedamo se, da so postopki za uvedbo poenostavitev predolgi, vendar je pri vsem tem TIA le eden od členov v verigi ...

**Ventil:** Na vaši tehnološki agenciji in podobno je tudi drugje se odločate za podelitev sredstev na osnovi vloge, ki vam jo predloži podjetje. Pravimo pa, da papir vse prenese. Ali ne bi bilo bolj učinkovito in realno, da bi vaši ocenjevalci pred odločitvijo o podelitvi sredstev kakšno podjetje tudi obiskali in se na lastne oči prepričali, kakšno je podjetje in kakšne ima resnične možnosti za realizacijo predlaganega projekta?

**Dr. Gider:** To bi bilo vsekakor zaželeno. Poznamo nekaj primerljivih agencij po Evropi, ki same izbirajo dobre projekte in podjetjem celo pomagajo pri prijavi na razpis. Pri nas to zaenkrat ni možno zaradi omejitev: na leto prejmemo več kot 500 vlog za projekte, izbranih je med

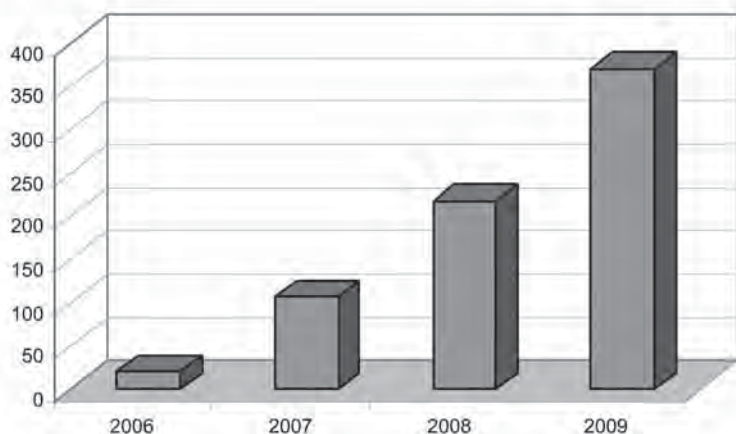
30 in 40 odstotki prijaviteljev, vsi prijavitelji morajo biti obravnavani enakopravno, letos spremljamo več kot 370 projektov, ki jih izvaja več kot 500 podjetij. Vse to potegne za sabo ogromno količino administrativnega dela, ki ga 22 zaposlenih komaj obvladuje.

**Ventil:** Ali lahko na kratko opišete, kako poteka ocenjevanje vlog? Ali so vaši ocenjevalci za tako široko področje, kot je tehnologija, praktično za vsa področja, dobro usposobljeni. Kdo preverja njihovo delo, kako se izobražujejo?

**Dr. Gider:** Na TIA smo vzpostavili poseben način ocenjevanja vlog, ki se nam zdi glede na dane pogoje najbolj pravičen in nevtralen. Postopek ocenjevanja je potrdil tudi organ upravljanja strukturnih skladov (SVLR). Ocenjevanje vlog izvaja razpisna komisija, ki jo za vsak razpis posebej imenuje direktor. Vsako vlogo ocenijo štiri ocenjevalci: dva za tehnološki del in dva za projektno-financi del. Ocenjevalce izbere komisija po vnaprej predpisanem postopku. Za ocenjevanje tehnološkega dela imamo vzpostavljeno bazo zunanjih strokovnjakov z različnih področij (na naši spletni strani imamo stalno odprto poziv za ocenjevalce, na katerega se lahko vsak prijavi). Glede na področje vloge izberemo ocenjevalce, ki najbolj poznajo področje in lahko najbolj kompetentno ocenijo vlogo. Pri tem seveda pazimo na to, da ocenjevalci niso interesno povezani s prijavitelji (ocenjevalci morajo podpisati izjavo). Pri ocenjevanju moramo zagotoviti čim večjo nevtralnost (ocenjevanje poteka v naših prostorih, med ocenjevanjem ocenjevalci nimajo dostopa do telefona, elektronske pošte in podobno). Če kakšno vlogo dva tehnološka ocenjevalca ocenita zelo različno, vlogo oceni še tretji ocenjevalec. Na osnovi treh ocen potem komisija določi končno oceno vloge.

**Ventil:** Ko podjetje dobi odobren projekt in se mu že nasmihajo sredstva, nastopi drug velik problem. To je, kako izpolniti pogoje, ki se od prejemnika sredstev zahtevajo. Ti pogoji so iz leta v leto ostrejši. Za skoraj vse razpise velja, da je treba

Število aktivnih projektov



V letu 2009 TIA podpira več kot 370 razvojnih projektov v gospodarstvu v katere je vključenih več kot 500 podjetij

povečati število zaposlenih, dodano vrednost na zaposlenega, prihodek v celoti in podobno. V teh kriznih časih je to praktično nemogoče. Ali se tu načrtujejo kakšne spremembe oziroma koliko so kontrolorji porabe teh sredstev pri pregledu realizacije uporabljenih sredstev tolerantni?

**Dr. Gider:** Pri pripravi vloge si podjetje samo postavi cilje, ki jih s projektom želi doseči. Mi samo preverjamo, ali so bili cilji doseženi ali ne. Je pa res, da so podjetja v projektih, ki so se začeli pred letom ali dvema, postavila precej ambiciozne cilje, ki jih v trenutnih gospodarskih razmerah verjetno ne bodo dosegla. Skupaj z organom upravljanja proučujemo možnosti, kaj narediti v takšnih primerih.

**Ventil:** Glede na prejšnje vprašanje pa ti pogoji ne veljajo za programske skupine na fakultetah in javnih raziskovalnih zavodih in na zavodih s koncesijo. Ali se vam zdi to pravično?

**Dr. Gider:** Ne.

**Ventil:** Prosim za vaše mnenje, katera pomoč iz državnega in evropskega

proračuna bi bila za podjetja najbolj učinkovita in katera podjetja glede na dejavnost, velikost, izvozno usmerjenost in podobno bi jo učinkovito izrabila?

**Dr. Gider:** Mislim, da bi Slovenija morala podpirati inovativna podjetja, ki na svetovnem trgu prodajajo končne izdelke in s tem soustvarjajo svetovni trg. Takih podjetij pa je pri nas zelo malo. V glavnem naša podjetja ne prodajajo končnih izdelkov, ampak bolj izvajajo dodelavne posle ter razvijajo in izdelujejo različne komponente za velike korporacije.

**Ventil:** Glede na število prijavljenih patentov smo v Sloveniji v primerjavi z drugimi državami razvitega sveta zelo skromni. Na osnovi lastnih izkušenj vam povem, da je prijava patenta, njegovo vzdrževanje pri nas in v evropskem prostoru zelo težka in zelo draga naloga. Ali ima Tehnološka agencija Slovenije na tem področju kakšne pristojnosti ali načrte?

**Dr. Gider:** Trenutno tega področja ne pokrивamo. Dvomim, da se bo TIA v

zelo bližnji prihodnosti s tem resno ukvarjala. Gre za odločitve na nacionalnem nivoju. Mislim, da zaenkrat na najvišjem nivoju še ni jasne opredelitve glede podpore patentom. Če se bo država odločila, da hoče imeti več patentov in da to želi aktivno podpirati, potem se bo s tem moral tudi nekdo ukvarjati. Mogoče celo TIA ...

**Ventil:** Prav na koncu bi vas vprašal o viziji tehnološke agencije za nadaljnjih 5 do 10 let.

**Dr. Gider:** Slovenija bo leta 2013 vstopila v klub držav, ki ne bodo več upravičene do sredstev evropskih strukturnih skladov. S tem se bo seveda zaključila večina projektov, ki jih TIA izvaja, pa tudi usahnila večina virov financiranja programov. Na TIA se tega zavedamo, zato že sedaj razvijamo nove storitve, ki jih bomo ponudili slovenskim podjetjem v prihodnosti. Vsi programi seveda ne bodo v obliki nepovratnih sredstev. Želim si, da bi TIA čez 5 do 10 let postala osrednja nacionalna institucija za podporo tehnološkemu razvoju in inovativnosti v podjetjih. Podjetjem bi ponujala paleto storitev za ta namen (financiranje RR projektov, posojila za tehnološke naložbe, tvegani kapital za start-up podjetja, partnersko razvojno sodelovanje s podjetji iz tujine, svetovanje pri tehnološkem razvoju, ...). Sredstva za financiranje omenjenih dejavnosti bi TIA pridobivala iz različnih virov: nacionalni proračun, lastni tehnološki sklad, prodaja storitev na trgu, privatni investitorji, banke, evropske institucije, poslovni angeli, ...

*Dr. Gider, v imenu bralcev revije Ventil se Vam zahvaljujem za pogovor in vam želim veliko uspehov pri nadaljnjem delu.*

*Prof. dr. Janez Tušek  
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana*



Tehnološka agencija Slovenije  
Slovenian Technology Agency

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

telefon: + (0) 1 4771-704  
telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

## Globoka recesija tudi v fluidni tehniki

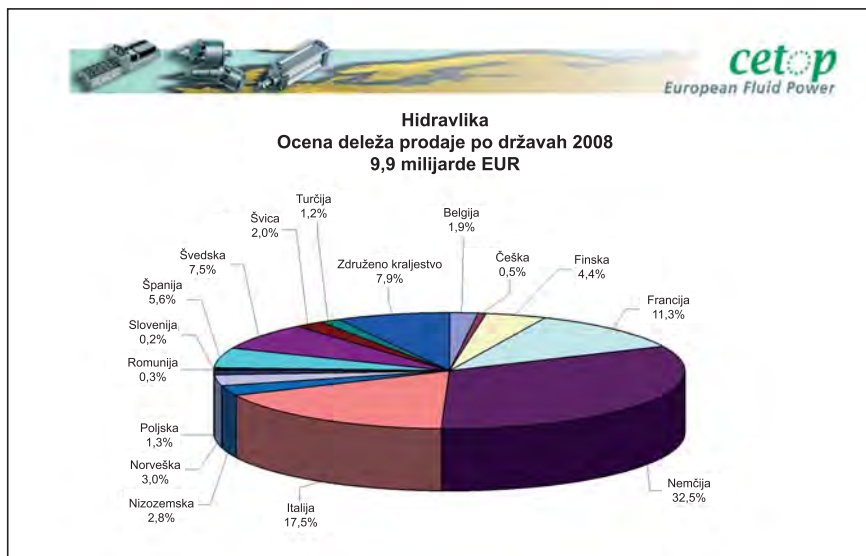
Tako kot običajno je bila tudi letos 21. aprila v času in na prostoru hannovrskega industrijskega sejma organizirana mednarodna konferenca Fluidna tehnika 2009. Po okriljem CETOP-a jo je organiziral nemški Fluid Power Assotiation- Fluidtechnik, panožna organizacija znotraj VDMA.

Udeležili so se je predstavniki CETOP-a in nadnacionalnih združenj za fluidno tehniko iz Nemčije, Francije, Italije, Velike Britanije, Poljske, Slovenije, Turčije, Rusije, ZDA, Japonske, s Tajvana, iz Kitajske, Indije in Južne Afrike ter drugi gostje in predavatelji.

Glavna tema konference je bila ocena stanja fluidne tehnike s stališča razvoja trga v preteklosti, sedanosti in prihodnosti. Povzetek vseh poročil ne glede na velikost zastopanega trga in geografsko lego lahko strnemo takole: leto 2007 je bilo leto največje rasti obsega prodaje proizvodov fluidne tehnike, leto 2008 je bilo rekordno po obsegu prodaje v zgodovini fluidne tehnike in leto začetka največje krize v zgodovini te panoge. Začetek krize je časovno razporejen po celem letu, začelo pa se je v ZDA.

Leto 2009 se je kot posledica prej naštetega začelo zelo slabo. V prvem tromesečju so se izpolnjevala še stara naročila, novih naročil pa je bilo zelo malo. V glavnem so bila odpovedana stara. O najmanjšem zmanjšanju obsega prispelih naročil so poročali Kitajci (-30 %), o največjem pa Rusi (do -90 %).

Ožje panoge strojegradnje kot največje odjemalke proizvodov fluidne tehnike so krizo občutile različno, vendar vse, in to močno. »Najmanj« so jo v začetku leta 2009 občutile proizvodnja opreme za kemično industrijo, proizvodnja hrane in pijač ter kmetijske mehanizacije, najbolj pa proizvodnja opreme za livarne in



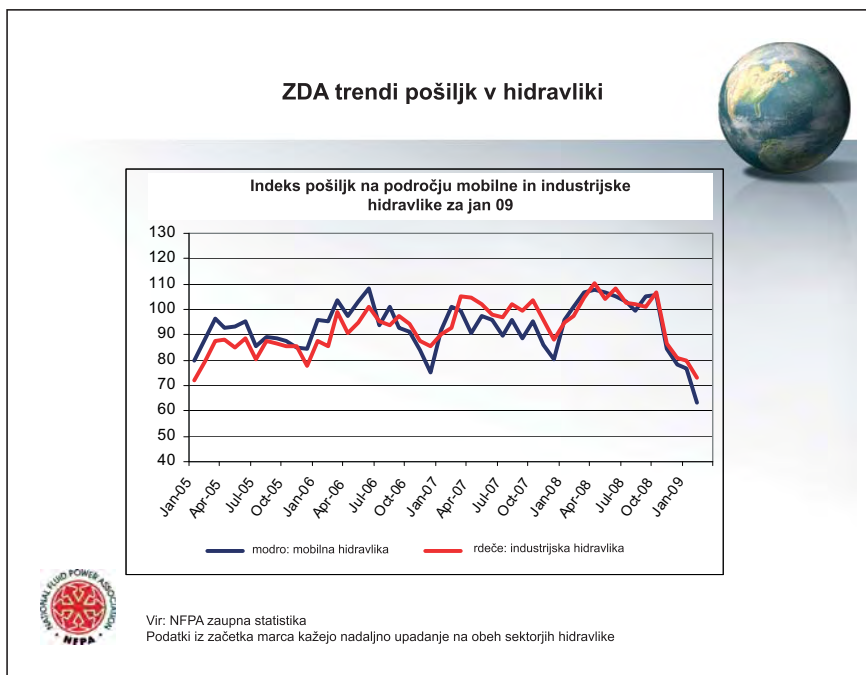
Slika 1. Ocena obsega prodaje hidravlike v letu 2008 na področju držav, vključenih v CETOP

valjarne. Fluidna tehnika je kot panoga na petem mestu tistih, ki so to krizo najgloblje občutili od merjenih enaindvajsetih panog (vir: VDMA)

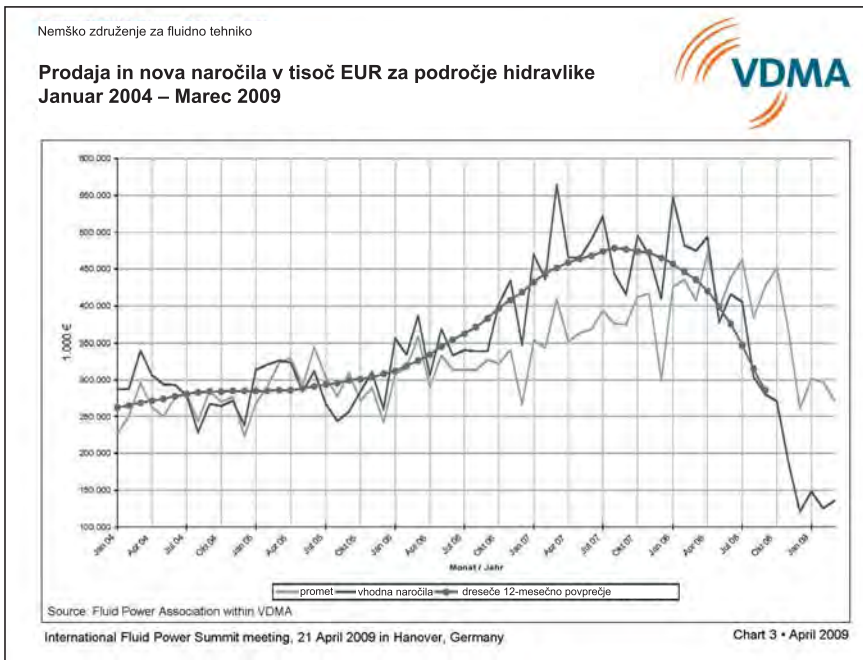
Podatki za Nemčijo, ki ima največjo težo v panogi fluidne tehnike v Evropi in drugo največjo na svetu, so sledeči: obseg prodaje na področju hidravlike se je v prvem tromesečju 2009 v primerjavi z enakim obdobjem v letu 2008 zmanjšal za 31 %,

na področju pnevmatike pa za 35 %. Obseg prispelih novih naročil je na področju hidravlike v enakem obdobju manjši za 73 %, na področju pnevmatike pa za 39 % (vir: VDMA). Podatki so res dramatični.

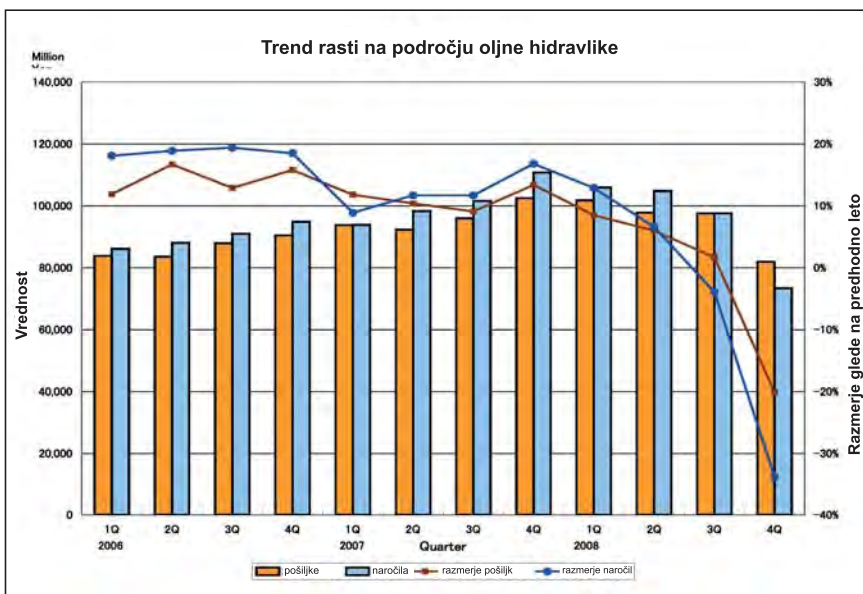
Za Slovenijo na žalost ne uspemo zbrati resničnih podatkov. Za potrebe poročanja CETOP-a jih še vedno zbiramo v združenju Fluidna tehnika Slovenije. Ocenjujemo, da so naši



Slika 2. Gibanje obsega prodaje na področju hidravlike v ZDA



**Slika 3.** Gibanje obsega prodaje in prispelih naročil na področju hidravlike v Nemčiji



**Slika 4.** Gibanje obsega prodaje in prispelih naročil na področju hidravlike na Japonskem



**Slika 5.** Gibanje obsega industrijske proizvodnje na področju fluidne tehnike na Kitajskem

podatki zelo blizu nemškim, zaznani pa so s približno dvomesečno zamudo. Za Kladivar-Poclairn Hydraulics Group skoraj natančno veljajo podatki iz Nemčije.

Splošna ocena vseh poročevalcev o stanju konec aprila je bila, da je kriza resnično globalna, da nihče ne ve napovedati njene globine, predvsem pa ne njenega trajanja. Bolj šušljalo kot izrekalo se je mnenje, da bomo za dosego obsegov prodaje v letu 2008 potrebovali »celotno petletko«. Edini, ki so za leto 2009 kljub vsemu napovedovali 12–15-odstotno rast, so bili Kitajci.

Vse napovedi za prihodnost so bile podane v stilu: »Ocenjujemo, da se bo stanje začelo popravljati ..., vendar za to nimamo nikakršnih osnov.« Največkrat je bila kot metoda napovedovanja omenjena »steklena krogla«. V teh resnično težkih časih družbe vse svoje vire usmerjajo v »preživetje«, kar drugače pomeni, da je plačila sposobnost družbe v tem času pomembnejša od »dobičkov«.

Za ustvarjanje lastne ocene stanja gibanja na trgu fluidne tehnike vam v pomoč prilagam nekaj grafov. Neposredne primerjave med gibanji posameznih trgov niso možne, ker so podatki prikazani v različnih enotah, ocena gibanja pa ne bo težka.

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

telefon: + (0) 1 4771-704  
telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

## Deveti in deseti podjetniški forum na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani

Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani smo v sredo 13. 5. organizirali deveti in kasneje, 20. 5., deseti podjetniški forum. To sta bili v temu šolskem letu zadnji takšni prireditvi. Na teh dveh forumih se je našim študentom, pedagoškim, znanstvenim in strokovnim sodelavcem predstavilo šest podjetij.

Na devetem podjetniškem forumu so se predstavila podjetja: **Primorski tehnološki park, d. o. o.**, iz Šempetra pri Gorici, **Timex AH, d. o. o.**, iz Kromberka pri Novi Gorici in podjetje **Vimar, d. o. o.**, ki je sicer registrirano v Izoli, a deluje v Primorskem tehnološkem parku v Šempetru pri Gorici.

Na devetem podjetniškem forumu je prva stopila pred občinstvo ga. **Tanja Kožuh**. Predstavila je **Primorski tehnološki park** iz Šempetra pri Gorici. Govornica je najprej namenila nekaj časa zgodovini podjetja, ki je relativno kratka, a zelo bogata. Pojasnila je, da je bil osnovni namen ustanovitve tehnološkega parka povečati interes med vsemi prebivalci za podjetništvo, pomagati interesentom za ustanovitev podjetja s strokovnimi nasveti in z različnimi finančnimi spodbudami. Primorski tehnološki park so ustanovili Univerza na Primorskem, Iskra Avtoelektrika iz Šempetra in Elektro Primorska. Njihova lokacija je na Vrtojbi na nekdanjem mednarodnem prehodu na meji med Italijo in Slovenijo. Skupno imajo okoli 7.200 m<sup>2</sup> površin za pisarne, predavalnice, laboratorije in delavnice. Imajo redne in pridružene člane. Redni člani so lahko le štiri leta. Po tem času se morajo podjetja »osamosvojiti« in lahko postanejo le pridruženi člani. Konec leta 2008 so imeli 41 rednih članov.

Primorski tehnološki park je družba, ki skrbi za nastanek, delovanje in rast

tehnološko najzahtevnejših podjetij z visokim tržnim potencialom. Podjetjem pomagajo pri premagovanju podjetniških in tržnih izzivov, da čim hitreje razvijejo svoje produkte in storitve, primerne za trg, in samostojno stopijo na podjetniško pot. Posebno pozornost posvečajo mladim. Še posebej spodbujajo študente, med njimi zlasti študente tehničnih in naravoslovnih smeri študija. Skratka tiste mlade, ki imajo idejo in je zaradi različnih vzrokov ne morejo sami ureničiti. Prav to je bil razlog, da so se na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani udeležili podjetniškega foruma in se predstavili študentom.

Član Primorskega tehnološkega parka lahko postane samostojni podjetnik, R & R-oddelek podjetja ali pa projekt, ki v svoji dejavnosti dosega visoko stopnjo razvojne usmerjenosti, tehnološke zahtevnosti in inovativnosti izdelkov ali storitev. To je njihovo uradno stališče. Glede na besede ge. Kožuhove pa lahko postanejo člani tudi tisti, ki imajo samo idejo za produkt ali storitev in jim pri ustanovitvi podjetja oni svetujejo in pomagajo, da lahko postanejo redni člani. Prav zato podjetjem in tudi začetnikom skušajo pomagati iskati finančne vire za zagon proizvodnje. V okviru tega načrtujejo nove projekte, vzpostavljajo nove mreže in skrbijo za promocijo.

Primorski tehnološki park nudi svojim novim članom tudi prostore za začetek delovanja. Za redne člane, to je za začetnike, zaračunavajo najemnino v višini 6 evrov za kvadratni meter.

**Drugo** podjetje, ki se je predstavilo, je bil **Timex AH, d. o. o.** Podjetje je predstavil lastnik in direktor **Aljoša Humar, dipl. inž. stroj.** Glavna dejavnost podjetja je proizvodnja jeklenih kotlov za centralno ogrevanje, toplotnih črpalk, bojlerjev in montaža vseh vrst instalacij. Zastopajo pa tudi

svetovno priznane proizvajalce plinskih kotlov in gorilnikov. Dolgoletne izkušnje pri konstruiranju in izdelavi kotlov za centralno ogrevanje jim omogočajo, da trgu ponudijo široko paleto kotlov na tekoča, plinasta in trdna goriva, moči od 20 do 100 kW. Razvili pa so tudi kotle na biomaso, ki imajo vse pogoje za pridobitev državne subvencije. V letu 2007 so začeli proizvajati bojlerje in toplotne črpalke.

Na trgu so prisotni že več kot petnajst let in v tem času so izvedli številne montaže na večjih objektih in v individualnih stanovanjih ter hišah. Pomembnejše med njimi so: HIT Hotel Sabotin v Solkanu, Salon Mebla v Novi Gorici, Krekova banka v Novi Gorici, Kovinoplastika Lož, Banka Koper, poslovna enota v Ilirski Bistrici, upravna stavba Primorja v Ajdovščini in še številne druge ustanove, podjetja in individualne hiše.

Imajo tudi lastno veleprodajno trgovino z instalacijskimi materiali, ki dopolnjuje njihovo glavno dejavnost in zaokrožuje celovito storitev na področju izvedbe sistemov centralnega ogrevanja.

Kot pravi direktor, so zelo ponosni na svojo dobro urejeno servisno službo – v domačem kraju, pa tudi po Sloveniji. Za vse vgrajene materiale in elemente, kot so kotli, bojlerji itd., nudijo rezervne dele sedem let od dneva prodaje. Na izvedbo raznih instalacij ogrevanja pa nudijo dve leti garancije.

Kotli za centralno ogrevanje EKO-NA so načrtovani in izdelani tako, da ustrezajo ekološkim predpisom glede emisij in izpolnjujejo veljavne tehnološke zahteve glede konstrukcije in kakovosti izdelave.

Konstrukcijo omenjenih kotlov so preizkusili na Institutu za varilstvo v Ljubljani in izpolnjuje zahteve stan-

dardov in normativov o kakovosti izdelave takrat veljavnih standardov SIST EN 729-1, 2, 3 in SIST EN 288-3, ki se nanašajo na zagotovitev kakovosti pri varjenju in na varilne postopke pri izdelavi kotlov.

Vsi kotli EKONA za centralno ogrevanje imajo tudi znak slovenske kakovosti SQ in izpolnjujejo evropske normative z oznako CE. Ti kotli imajo 5 let garancije za brezhibno delovanje, narejeni so iz 5-milimetrske kotlovske pločevine, kar omogoča dolgo življenjsko dobo kotla. Rezervne dele za svoje proizvode imajo stalno na zalogi.

Za svojo proizvodnjo, konstruiranje, montažo in servisiranje bi potrebovali več inženirjev strojništva ne glede na smer študija.

**Tretje** podjetje, ki se je predstavilo na devetem podjetniškem forumu, je bil **Vimar, d. o. o.**, ki je sicer registriran v Izoli, a deluje v Primorskem tehnološkem parku. Vimar je proizvodno in trgovsko podjetje za prečiščevanje pitne vode, za raziskave in razvoj na tem področju.

Podjetje je predstavil direktor **Hakim El Khiair**.

Podjetje Vimar, d. o. o., je skupaj z MF Plus, d. o. o., razvilo blagovno znamko AWT (Advanced Water Technology) z namenom združitve dolgoletnih izkušenj in znanj s področja prečiščevanja pitne vode.

S sistemi za filtracijo pitne vode se Vimar ukvarja že drugo desetletje. Imajo ekskluzivno pogodbo z vodilnim ameriškim proizvajalcem filtracijskih sistemov in komponent za celoten evropski trg.

Ameriški partner jim omogoča naj-sodobnejšo tehnologijo in stalno izobraževanje s področja obdelave različnih vrst voda, zato so dosegli visoko strokovno usposobljenost in izjemno dobro poznajo problematiko onesnaženih voda.

Samostojno so pričeli razvijati zelo uspešne inovativne rešitve za filtracijo vode tako v gospodinjstvu kot indu-

striji, kar dokazujejo zadovoljni kupci, biološki in kemični testi prečiščene vode.

Čiščenje vode je zelo širok pojem, zato so se odločili, da razvijejo več vzporednih linij, ki so specializirane za vsako problematiko posebej.

V liniji filtracijskih sistemov za gospodinjstva razvijajo večje filtracijske sisteme za reševanje problematike vaških črpališč in vodovodov, ki imajo stalne težave s kvaliteto pitne vode in so nenadzorovani. Sistem je zasnovan kot samostojna enota, vgrajena v kontejner s svojim elektroagregatom, klimatsko napravo in naj-sodobnejšo tehnologijo za prečiščevanje kapacitete 20.000 litrov vode na uro. V kontejnerju je vgrajena tudi vrhunska oprema za nadzor kvalitete pitne vode. Sistem deluje popolnoma avtomatsko in je računalniško nadzorovan. Razvijajo pa tudi sistem za zaščito pred legionelo.

V liniji filtracijskih sistemov za izredne razmere so za potrebe Slovenske vojske in civilne zaščite razvili in dobavili naprave EWM s kapaciteto 700 l/h. Naprava EWM je plod domačega znanja in je zaradi visoke tehnološke kakovosti uvrščena v opremo Nata.

V liniji razsoljevanja pitne vode razvijajo in izdelujejo naprave za razsoljevanje morske vode za uporabo na plovilih in stabilne naprave za uporabo na obali in otokih.

Za uresničevanje omenjenih programov uporabljajo dobro opremljene poslovno-proizvodne prostore v Izoli in Ljubljani, novo nastali demonstracijsko-izobraževalni prostor v Primorskem tehnološkem parku in vrhunsko opremljeno plovilo za demonstracijo in prikaz razsoljevanja morske vode.



Podjetji MF Plus in Vimar sta za Slovensko vojsko razvili poseben mobilni sistem za prečiščevanje vode v izrednih razmerah, ki lahko prečisti odplake v pitno vodo. Slovenska vojska je nekaj naprav že kupila, v izdelavi so tudi naprave za civilno zaščito v Sloveniji, zanjo pa se zanima tudi zveza Nato, ki je ta tehnološko naj-sodobnejši izdelek že dala v katalog dobaviteljev za celotno zvezo.

**Na desetem podjetniškem forumu** 20. 5. pa so se predstavila dokaj znana in uveljavljena slovenska podjetja, kot so: **Lek, farmacevtska družba, d. d.**, iz Ljubljane, **Trimo, inženiring in proizvodnja montažnih objektov, d. d.**, iz Trebnjega in **Iskra Mehanizmi, d. d.**, iz Lipnice.

**Aleš Por, univ. dipl. ekon.**, je predstavil podjetje **TRIMO** iz Trebnjega.

O celotnem podjetju smo najprej videli kratki film. Trimo deluje že skoraj 50 let. S svojimi proizvodi je prisoten v 54 državah, v 27 državah ima predstavništva, svojo proizvodnjo pa v Sloveniji, Rusiji, Srbiji in v Združenih arabskih emiratih. V njem je zaposlenih 540 sodelavcev, ki letno ustvarijo okoli 150 mio evrov prometa. Pri nabavi, proizvodnji in prodaji pa ima preko 1000 kooperantov.

Njihova osnovna vizija je, da podjetje predstavljajo ljudje s svojimi lastnostmi. Pravijo, da so ambiciozni, delovni, inovativni in veseli. Navdih in predanost podjetju črpajo iz skupnih vrednot, ki postavljajo v središče človeka – sodelavca, dobavitelja,



kupca ali partnerja. Zato so odprti do vseh in razvijajo odnose na iskrenem zaupanju.

Trimo razvija inovativne, originalne in celovite rešitve na področju jeklenih zgradb, streh in fasad, jeklenih konstrukcij, kontejnerjev in zvočnoizolativnih sistemov.

Pravijo, da ustvarjajo s strastjo, z ljudmi in za ljudi. Navdihujeta jih otroška radovednost in navdušenje nad narejenim, zato lahko oblikujejo trende na področju, ki ga pokrivajo. Nove ideje iščejo vsi zaposleni, stalno in povsod. To delajo tudi tam, kjer bi jih najmanj pričakovali. Raziskujejo in razvijajo nove poslovne modele, nove procese, storitve, proizvode, tehnologije, stalno iščejo nove kupce in trge, kar zagotavlja dolgoročno rast in stabilnost poslovanja.

Kot pravi g. Por so uspešni in zelo hitro rastejo. So globalno in dinamično podjetje, ki je s svojo blagovno znamko uspešno prisotno v svetu.

Ustvarjajo trdne, profesionalne in dobre odnose z vsemi ciljnimi javnostmi, s stalnimi kupci in s potencialnimi partnerji. Za kupce vsakič znova ustvarijo novo vrednost v proizvodni ali storitvi, kar povečuje njihovo uspešnost. Spodbujajo ideje arhitektov, dizajnerjev, okoljevarstvenikov, zaznavajo spremembe v trendih in v okolju – pri sebi in drugih. Za investitorje ne gradijo samo objektov, zanje ustvarjajo vrednost. Skupaj z njimi razvijajo rešitve, prilagojene skupnim in individualnim potrebam.

Poslovna odličnost in profesionalni odnos je filozofija delovanja družbe Trimo. Ustvarjajo in razvijajo jo vsi zaposleni, kooperanti, dobavitelji in kupci, vgrajena je v vsa področja njihovega delovanja.

So sodobno visokotehnološko podjetje, ki namenja veliko pozornosti nenehnemu razvoju zaposlenih na strokovni in osebni ravni. Trdne Trimove vrednote jih povezujejo v edinstveno organizacijsko kulturo, v kateri si vsakdo upa razmišljati drugače in ima pred seboj dogovorjeni skupni cilj.

Gradijo na sožitju z okoljem in družbo, ki jih obkroža. Premišljeno vlagajo v razvoj ljudi ter ljudem in okolju prijaznih izdelkov in tehnologij. Razvijajo zaposlenim in njihovim družinam prijazno podjetje. S spodbujanjem učeče se družbe in podporo športnih, kulturnih humanitarnih in okoljskih dejavnosti v lastnem okolju in širše prispevajo svoj delež k

lepši in boljši podobi jutrišnjega dne.

Za svoje bodoče delovanje potrebujejo inženirje strojništva ne glede na smer študija, ki imajo občečloveške vrednote, odgovornost, inventivnost, strast za nove izzive, smisel za timsko delo in strokovnost s svojega področja

Nato je g. **Katarzyna Slapnik** predstavila podjetje **Lek, d. d.**, iz Ljubljane. V uvodu je podala nekaj osnovnih podatkov. Lek zaposluje preko 3000 sodelavcev. Ustanovljen je bil leta 1946, čeprav njegova prava zgodovina sega še nazaj. Leta 2002 je postal član družine Novartis. V Sloveniji deluje na štirih lokacijah: v Ljubljani, na Prevaljah, v Mengšu in v Lendavi. Leto 2007 je bilo zanje najuspešnejše do sedaj. Ustvarili so za 738 mio evrov dohodkov. Od tega so okoli 70 mio evrov vložili v raziskave in razvoj. Sodelujejo s številnimi slovenskimi raziskovalnimi institucijami. Med vsemi oddelki je za strojništvo najbolj zanimiv proizvodni inženiring, v katerem zaposlujejo tudi inženirje strojništva.

Lek je eden od stebrov vodilne globalne generične družbe Sandoz. Deluje kot globalni razvojni center za izdelke in tehnologije, kot globalni proizvodni center za učinkovine in zdravila, kot kompetenčni center za razvoj vertikalno integriranih izdelkov, kot kompetenčni center Sandoza na področju razvoja in proizvodnje biofarmaceutskih izdelkov. Glede trženja je Lek, d. d., center oskrbe za trge severovzhodne in jugovzhodne Evrope, Skandinavije in Slovenije. Lek podpira delovanje Sandoza, ki želi postati prva generična farmacevtska družba na svetu.

Sandoz, divizija skupine Novartis, je že danes vodilna družba na svetu na področju generičnih zdravil, ki ponuja široko paleto kakovostnih, cenovno dostopnih zdravil, ki niso več zaščitena s patenti. Sandoz ima v svojem portfelju več kot 950 učinkovin in prodaja svoja zdravila v več kot 130 državah. Med njegove ključne skupine zdravil sodijo antibiotiki, zdravila za bolezni in motnje osrednjega živčevja ter zdravila za

prebavila, srce in ožilje in različne hormonske terapije. Poleg teh zdravil Sandoz razvija, proizvaja in trži tudi farmacevtske in biotehnološke učinkovine ter zdravila za zdravljenje vnetij. Poleg močne organske rasti v zadnjih letih je Sandoz opravil tudi vrsto združitve, vključno z družbami Lek (Slovenija), Sabex (Kanada), Hexal (Nemčija) and EonLabs (ZDA). V letu 2007 je imel Sandoz okoli 23.000 zaposlenih po vsem svetu in je dosegel prodajo v višini 7,2 milijardi ameriških dolarjev.

**Novartis AG** je globalno svetovno podjetje, ki ponuja rešitve za varovanje zdravja in izpolnjuje vedno večje potrebe bolnikov in družbe. Usmerjen je v stalen razvoj pri varovanju zdravja in za čim boljše izpolnjevanje potreb ponuja zelo raznoliko paleto zdravil: inovativna zdravila, cenovno ugodna generična zdravila, preventivna cepiva in diagnostična sredstva in izdelke za zdravje potrošnikov. Novartis je družba, ki je na vodilnem mestu na teh področjih. V letu 2007 so družbe v skupini Novartis (brez upoštevanja odprodaj) dosegle čisti prihodek od prodaje v višini 38,1 milijardo ameriških dolarjev in čisti dobiček 6,5 milijard ameriških dolarjev. Približno 6,4 milijarde ameriških dolarjev je bilo vloženih v raziskave in razvoj. Skupina Novartis ima sedež v Baslu v Švici, v njenih članicah, ki poslujejo v več kot 140 državah po vsem svetu, pa je zaposlenih približno 98.200 ljudi.

Za go. Katarzyno Slapnik pa je o podjetju Lek spregovoril še g. Ime? Dolničar, univ. dipl. inž. stroj. Podjetje je predstavil z vidika strojništva in možnosti zaposlitve inženirjev strojništva. Sam prihaja iz podjetja Lek Mengeš, ki ima deset oddelkov in kar v šestih potrebujejo inženirje strojništva: mehanične delavnice, mehatronika, oddelek energetike, področje pnevmatike, oddelek tehnične podpore, ki skrbi za nove linije, oddelek za upravljanje s pogodbenimi strankami. Posebno področje, ki ga pokrivajo predvsem inženirji strojništva, je varstvo pri delu. V celotnem Leku je okoli 80 % proizvodnje v okolju, ki je eksplozijsko nevarno.

**Mag. Borut Kecelj, univ. dipl. inž. stroj.,** pa je predstavil podjetje **Mehanizmi, Iskra mehanizmi, d. d.,** iz Lipnice pri Kropi na Gorenjskem. Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1956. Zaposlenih imajo okoli 420 sodelavcev. Samo v razvoju novih proizvodov in novih tehnologij dela 25 strokovnjakov z različnih tehničnih področij. Letno ustvarijo okoli 34 mio evrov prometa. Svoje končne proizvode delajo skoraj izkjučno za tuji trg. Imajo certifikate, kot so ISO 9001, ISO 14001, ISO/TS 16949 in certifikat Investiranje v ljudi. Svoje proizvodne obrate imajo v Lipnici na Gorenjskem, v Kamniku ter v Bosni in Hercegovini v kraju Gradiška.

Iskra Mehanizmi, d. d., iz Lipnice pri Kropi je podjetje s petdesetletno tradicijo na področju avtomobilske industrije, mehatronike, merilnih instrumentov, številne tehnike, števec, stikal, relejev in gospodinjskih ter hišnih aparatov. Izkušnje in znanja, pridobljena v letih sodelovanja z najboljšimi, nadgrajujejo z inovativnostjo, vlaganjem v ljudi, prizadevanjem za kakovost in nenehnim izboljševanjem.

Po besedah mag. Keclja so zanesljiv partner, ki ponuja rešitve po meri kupca.

Svojo vizijo gradijo na visoko zahtevnih produktih na področju mehatronike, avtomobilske industrije in električnih aparatov, kot so koračni motorji za zelo zahtevna okolja.

Za doseganje najvišjih kakovostnih standardov in prilagodljivosti kupcem najpomembnejše tehnologije zagotavljajo v podjetju. Rast podjetja zagotavljajo z neprestanim širjenjem kompetenc na področju razvoja izdelkov in procesov. Tako bo letos že polovica prihodkov podjetja ustvarjena s prodajo izdelkov, razvitih v njihovem razvojnem oddelku. Poleg lastnega razvoja gradijo tudi svojo dobaviteljsko verigo. Pri razvoju novih izdelkov in tehnologij uporabljajo številne najsodobnejše računalniške programe, kot so ProEngineer, FEMM, KISS soft, Mafh CAD in druge.

V razvojnem oddelku imajo zaposlene predvsem inženirje strojniške smeri. V svoje vrste želijo privabiti nove inženirje strojništva, predvsem mehatronike in proizvodnega strojništva.

Z devetimi in desetimi podjetniškimi forumom smo na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani za nekaj časa prekiniteli s tako promocijo študija strojništva in naših študentov. Če primerjamo podjetniške forume v šolskem letu 2007/08 s temi v šolskem letu 2008/09, je opazna izjemna razlika, ki je po naši oceni povezana z gospodarsko krizo. Če smo v prejšnjem šolskem letu izbirali podjetja, ki so se sama želela predstaviti na Fakulteti za strojništvo, potem smo morali v tem zadnjem šolskem letu sami iskati ali celo prositi podjetja, da so bila pripravljena predstaviti svojo dejavnost.

Ta odnos podjetij vzbuja skrb! Po naši oceni je to zelo kratkovidno razmišljanje delovnih organizacij. Vsak pameten podjetnik bo v krizi načrtoval, se učil, vlagal v kader, iskal nove ideje, strokovnjake in ne nazadnje na relativno ceneni način prišel do kakovostnih kadrov. Naša podjetja, kot kaže, ne razmišljajo tako. Bomo videli kdo ima prav.

Na koncu poročila pa ponovno lahko zapišemo, da je pri takšni organizaciji podjetniških forumov zelo lepo sodelovati. To izjavo lahko potrdijo vsi, ki so na tak ali drugačen način sodelovali pri organizaciji. Lepo je videti podjetnike in študente, kako se hitro »ujamejo« in razpravljajo o proizvodnji, tehnologijah in o drugih najrazličnejših temah. Edina kritika, ki jo lahko izrečemo in so jo izrazila tudi podjetja, je izjemno nizka udeležba profesorjev naše fakultete, asistentov in tehničnih sodelavcev. Podjetniki so sicer zelo vljudni, a so vseeno opazili abstinenco profesorjev. Nekateri so tudi dejali, da so naši profesorji vzvišeni in da je verjetno podjetniški forum zanje prenizek nivo. Ali je res tako, naj sodijo drugi. To je zelo velika napaka naše hiše in videti je, da se je ne da odpraviti.

*Prof. dr. Janez Tušek  
FS Ljubljana*



## Industrijski forum IRT je bil odlično sprejet

V Portorožu je 8. in 9. junija potekal Industrijski forum IRT 2009 – dogodek, ki ga soustvarjajo in predstavljajo predstavniki iz industrije. Namenjen je bil predstavitvi dosežkov, novosti in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, procesov, tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb. Številni udeleženci so se strinjali, da je zaradi gospodarske krize še toliko pomembnejše druženje na dogodkih, saj se na njih stke veliko novih poznanstev, ki omogočajo izmenjavo mnenj, izkušenj in znanj, pogosto pa pomenijo tudi začetek uspešnega sodelovanja in skupnega nastopa na domačem in tujih trgih.

V dveh dneh se je na Industrijskem forumu IRT 2009 družilo in tkalo nove vezi več kot 250 udeležencev. Prisluhnilo so več kot 50 prispevkov, ki so predstavljali pregled strokovnih, inovacijskih in tehnoloških dosežkov domačega znanja zadnjih nekaj let.

Prvi dan foruma je potekal v luči predstavitev vabljenih strokovnih prispevkov, ki so jih pripravili ugledni strokovnjaki iz industrije. Ti so skušali prikazati stanje v industriji na vseh tematskih področjih foruma (inovacije, razvoj in tehnologije) in izpostaviti njihove glavne izzive. S tem so ponudili dobro podlago za razprave, ki jih je tematsko zaokrožila okrogla miza z naslovom Viri inovacij, razvoja in tehnologij za rast povezovanja, sodelovanja in uspešnega prestrukturiranja.

Okroglo mizo so sooblikovali Gorazd Vrbica, direktor AlixPartners GmbH, Rudi Bric, direktor podjetja PETRA Stroji, d. o. o., Jože Duhovnik, dekan Fakultete za strojništvo v Ljubljani, Iztok Lesjak, direktor Tehnološkega



*Utrinek iz predavanj*

parka Ljubljana, in Simon Štrancar, direktor G-1, d. o. Govorci na okrogli mizi so se strinjali, da je gospodarska kriza, v kateri smo, globlja, kot se zavedamo, in da bo še trajala.

Izpostavili so, da je prav zato izjemno pomembno, da smo fleksibilni in inovativni. Menili so, da imamo v Sloveniji sposobne ljudi in dobre izdelke, ki pa se jih moramo naučiti tudi prodajati in ceniti svoje znanje. Izpostavili so tudi, kako pomembno je sodelovanje in da se dodane vrednosti tega v Sloveniji premalo zavedamo.

Drugi dan foruma so potekale predstavitve strokovnih prispevkov v štirih vzporednih sekcijah. Prispevki so bili združeni v sklope glede na glavne tematike foruma tako, da so udeleženci lahko spremljali predstavitve in sodelovali v razpravah o temah, ki jih strokovno najbolj zanimajo.

Ob robu foruma se je predstavilo tudi več deset podjetij iz industrije, ki so na razstavnih prostorih prikazala svoje najnovejše dosežke.

»Za organizacijo dogodka smo se odločili po številnih pobudah in pre-



*Udeleženci okrogle mize*



Razstavniki prostori

dlogih predstavnikov iz industrije in strokovnih krogov, češ da v slovenskem prostoru pogrešajo dogodek, na katerem bi predstavniki številnih industrij lahko našli odgovore na

svoja vprašanja," je povedal glavni in odgovorni urednik revije IRT3000 in eden od organizatorjev dogodka Darko Švetak. Vodja programskega odbora Industrijskega foruma IRT

2009 dr. Tomaž Perme pa je dodal, da je bilo prav na željo industrije osrednje dogajanje na dogodku namenjeno predstavitev strokovnih prispevkov iz industrije, v katerih menedžerji in strokovnjaki iz industrije, pa tudi ponudniki rešitev in znanja lahko dobijo koristne podatke in napotke za svoje nadaljnje delo, hkrati pa ne dogodku ustvarjajo poslovno mrežo, ki je v današnjem času ostre konkurence in globalizacije še kako pomembna.

Ob zaključku foruma so organizatorji podelili privlačne nagrade izžrebanjem, ki so s prijavo na forum sodelovali v nagradnem žrebanju.

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

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

**42. MOS**  
Sejem vseh sejmov

**MEDNARODNI OBRTNI SEJEM**  
**CELJE, 9.-16. SEPTEMBER 2009**

[www.ce-sejem.si](http://www.ce-sejem.si)

CELJSKI SEJEM

## Obisk Inštituta za obdelovalne stroje in uporabne znanosti v Augsburgu

Na povabilo direktorja podjetja IPRO, d. o. o., iz Ljubljane g. Janeza Hočevarja sem 30. 6. obiskal Inštitut za obdelovalne stroje in uporabno znanost (Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften – IWB) v Augsburgu v Nemčiji. Osnovni namen obiska je bil ogled demonstracije varjenja z gnetenjem. Ta postopek razvijajo že kar nekaj let skupaj s podjetjem Kuka, ki izdeluje robote za varjenje in ima ravno tako svoje prostore v Augsburgu.

Osnovno poslanstvo Inštituta za obdelovalne stroje in uporabne znanosti v Augsburgu je prenos znanja na področju tehnologije obdelovalnih (orodnih) strojev in obdelovalne tehnike v industrijo. IWB pripada Tehniški univerzi v Münchnu. V okviru svoje dejavnosti so osredotočeni predvsem na mala in srednje velika podjetja in na male ter srednje velike projekte na področju strojništva glede produktivnosti, različnih tehnologij in trajnostnega razvoja.

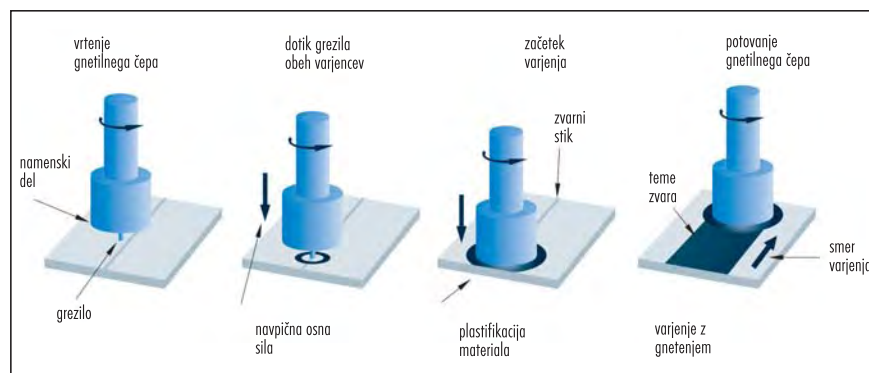
IWB se ponaša z bogato zgodovino. Začetki njegovega delovanja segajo v leto 1875. Vse od takrat pa do danes je bila njegova dejavnost zelo raznolika in vedno usmerjena v raziskave in razvoj novih storitev in novih ali posodobljenih produktov. Vedno pa so bile njihove pomembne aktivnosti pridobivanje, predelava in obdelava kovin, različne druge tehnologije, povezane s kovinami, in različne izdelovalne tehnologije na področju strojništva, tekstila in papirja.

Danes IWB zaposluje 60 strokovnjakov z različnih tehničnih področij. Poleg teh imajo honorarno zaposlenih več drugih strokovnjakov in profesorjev z različnih področij in tudi različnih univerz. IWB je razdeljen na oddelke in enote ali skupine glede

na projekte, ki jih izvajajo. Skupine raziskujejo na različnih področjih: avtomatizacija in robotika, menedžment in logistika, orodni in obdelovalni stroji, montaža in strega, izdelovalne tehnologije, spajanje materialov. Po besedah vodje inštituta in glede na naš vtis, ki smo ga dobili z ogledom celotnega inštituta, so v tem trenutku najpomembnejše raziskovalne aktivnosti prav na področju tehnike in tehnologije spajanja, materialov, lepljenja, varjenja in navarjanja. S tega področja bi lahko naštel kar pet večjih projektov. Tu naj jih na kratko omenimo: lasersko navarjanje in laserska hitra izdelava orodij, navarjanje in obdelava površin z elektronskim snopom, varjenje z gnetenjem, robotsko lepljenje in uporovno varjenje prevlečenih materialov.

praktično v vseh razvitih državah. Patent naj bi veljal do leta 2011. Po najnovjših podatkih pa ga lastnik želi podaljšati do leta 2017. Postopek se največ uporablja za spajanje aluminija in njegovih zlitin, magnezija in njegovih zlitin in še nekaterih drugih materialov, ki so primerni za preoblikovanje in so relativno mehki in duktilni.

Za varjenje z gnetenjem se v Sloveniji zanima kar nekaj podjetij. Prav zato je podjetje IPRO iz Ljubljane preko predstavnikov podjetja KUKA organiziralo obisk in ogled omenjenega inštituta. Največje zanimanje za varjenje z gnetenjem so pokazale slovenske livarne aluminija. Vedno več komponent v avtomobilih in drugih vozilih mora biti izdelanih iz lahkih zlitin s hladilnimi kanali za hlajenje



Slika 1. Shematski prikaz varjenja z gnetenjem v različnih fazah

IWB ima naslednje oddelke: za raziskave in razvoj, za tehnično svetovanje, za obnovo in prenavo tehnologije in oddelke za izobraževanje.

Kot pravi direktor, so njihovi osnovni cilji usmerjeni v raziskave, učenje in prenos znanja.

Osnovni namen našega obiska je bil ogled robotskega varjenja z gnetenjem.

Varjenje z gnetenjem je relativno nov postopek, ki je bil razvit na varilskem inštitutu v Angliji (The Welding Institute – TWI) in so ga patentno zaščitili

s pretakanjem hladilnega medija. To še posebno velja za najnovjša hibridna vozila, ki se pospešeno razvijajo v številnih avtomobilskih tovarnah. S samim litjem ne moremo doseči zaprtih prostorov z zaprtimi hladilnimi kanali v notranjosti ulitkov, v katerih bi se pretakalo sredstvo in hladilo celoten sistem. Z varjenjem z gnetenjem različnih ulitih delov med seboj pa je to mogoče doseči. Z gnetenjem lahko varimo med seboj ulite dele ali pa ulite dele s pločevino oziroma z elementi, ki so skoraj iz enakega materiala, a so izdelani z drugo tehnologijo.



**Slika 2.** Robot z varilno glavo za varjenje z gnetenjem

Gnetilno varjenje je postopek spajanja materialov v hladnem, v trdnem stanju brez uporabe zunanje energije. Princip varjenja z gnetenjem je prikazan na *sliki 1*. Kot orodje uporabljamo varilni čep, ki se vrti in s svojim grezilom med dvema ali celo več varjenci. Čep se med varjenjem premika tudi linearno v smeri nastajanja vara. Zaradi trenja med orodjem in materialom varjenca ter gnetenja materiala z orodjem (grezilom) med varjenjem se v točki spajanja dveh ali več varjencev močno dvigne temperatura, ki v določenih materialih lahko doseže tudi 0,7 temperature tališča kovine, ki jo varimo. Grezilo je sestavljeno iz različno oblikovanih rezilnih nastavkov in utorov po celotnem obodu. Del materiala, ki ga grezilo čepa odreže s čelne strani obeh varjencev, potuje po kanalih grezila in se odloži na zadnji st-rani grezila. Pri tem nastopajo velike mehanske sile, ki delujejo na material, ki ga je grezilo na sprednji strani odrezalo in ga potiskajo skozi kanale grezila. Trajektorije gibanja materiala so odvisne od oblike grezila zvarnega čepa in od varilnih parametrov, kot je hitrost vrtenja čepa, hitrost gibanja čepa v smeri nastajanja zvara, in od pritiskne sile, s katero čep pritiska na oba varjenca.

Trenje prispeva k povišani temperaturi varjencev in s tem k lažjemu spajanju. Toda to ni glavni dejavnik za tvorjenje spoja. Celo več: pri tem postopku želimo, da je trenja čim manj in da spoj dejansko nastane z gnetenjem. Glavni dejavnik pri celotnem procesu je gnetenje dela osnovnega materiala. To pomeni, da ne potrebujemo dodatnega materiala in da med varjenjem ni odgora ali kakšne druge izgube materiala.

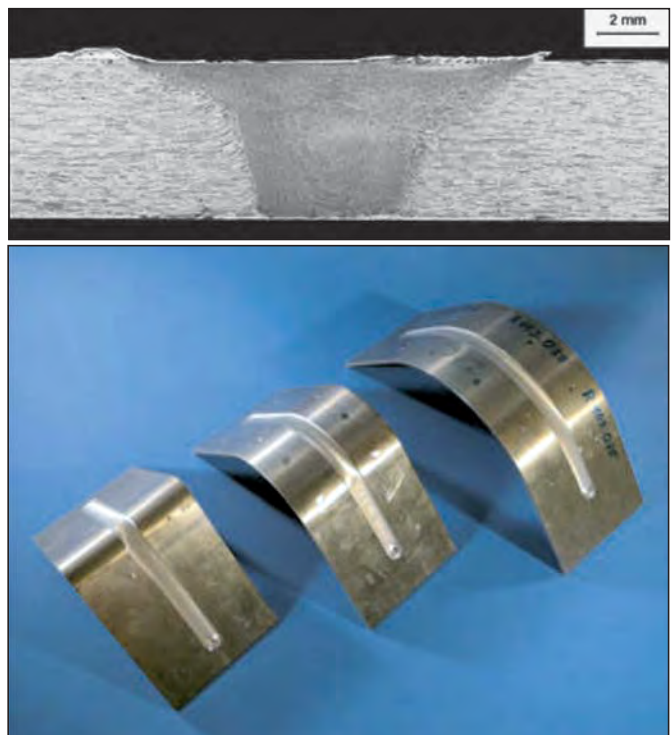
Varjenje z gnetenjem je najprimernejši postopek za spajanje dolgih varjencev, debeline od 1 mm pa do 50 mm, sočelnih in prekrivnih spojev ter spojev T. Varimo pa lahko tudi tanjše varjence, kar smo videli tudi na IWB. Lahko varimo ravne, zaokrožene in drugače oblikovane zvarne stike. Praviloma varimo brez posebne priprave zvarnih stikov oziroma brez špranje in v vseh legah. Najpogosteje ga uporabljamo za zvarjanje aluminija in magnezija ter njunih zlitin. Lahko pa se uporabi tudi za spajanje drugih kovinskih materialov.

Varilni čep je izdelan iz legira-

nega jekla in toplotno obdelan. Od njega zahtevamo, da ima njegovo grezilo zelo trdo in gladko površino ter žilavo jedro. To pomeni, da moramo grezilo čepa nitrirati, cementirati, boridirati ali celo vanadirati. Oblike čepov so lahko zelo različne.

K varilnim parametrom štejemo hitrost vrtenja čepa, njegov premer, osno silo, ki drži čep v pravi legi, da rama čepa drsi po varjencu, hitrost pomikanja čepa med varjencema in naklonski kot gnetilnega čepa, obliko čepa s koti nagiba in velikosti kanalov v njem, s koti rezilnega roba in drugo.

V praksi poznamo več različnih izvedb varjenja z gnetenjem: varjenje z dvema čepoma, varjenje z gnetenjem, kjer se čep vrti v eno smer, grezilo pa v drugo, in različne hibridne izvedbe, kjer uporabimo toplotni vir, kot so varilni oblok, plazma ali laser za ogrevanje robov varjencev in gnetilni čep za varjenje z gnetenjem. Glede na stopnjo avtomatizacije poznamo avtomatsko gnetilno varjenje in robotsko gnetilno varjenje. Avtomatsko varjenje uporabljamo za velikoserijsko proizvodnjo in predvsem za ravne zware v eni ravnini.



**Slika 3.** Prikaz makrobrusa sočelnega spoja, izdelanega z gnetenjem (zgoraj), in več sočelnih zvarnih spojev, po varjenju preizkušeni v upogibnim testom (spodaj)

Za fleksibilno proizvodnjo za varjenje različnih varjencev in različnih produktov v manjših serijah pa uporabljamo robotsko varjenje, kot je prikazano na *sliki 2*.

Na *sliki 3* vidimo makroobrus izdelanega sočelnega zvarnega spoja iz dveh ravnih varjencev in tri zvarne spoje, izdelane z varjenjem z gnetenjem. Ti so prestali preprost in cenen trdnostni test za ugotavljanje kakovo-

sti spoja, in sicer upogibni preizkus, ki zelo hitro pokaže, če smo izbrali pravo tehnologijo.

Ob zaključku tega poročila lahko zapišemo, da je IWB tipičen aplikativni inštitut za prenos znanja iz univerze v industrijo. Kot smo zapisali, pripada Tehniški univerzi v Münchnu in opravlja aplikativne naloge za industrijo. Za to ima angažiranih več univerzitetnih pro-

fesorjev. Zakaj tak model delovanja inštitutov in univerz ne more živeti v Sloveniji? Zakaj slovenski profesorji ne morejo delovati hkrati na univerzi in vsaj delno v industriji? Ali pa obratno: zakaj Univerza v Ljubljani praktično nima profesorjev iz industrije?

*Prof. dr. Janez Tušek  
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana*

## Znanstvene in strokovne prireditve

### ■ Global Engineering Management Conference - Svetovna konferenca o menedžmentu

13.–16. 09. 2009  
The Fairmont, Dallas, Texas, USA

Organizator:  
– ASME

Informacije:  
– [www.asmeconferences.org/gemc09](http://www.asmeconferences.org/gemc09)

### ■ MOTEK 2009 - Sejem opreme za racionalno montažo in strego v industriji

21.–24. 09. 2009  
Stuttgart, BRD

Organizator:  
– Landesmesse Stuttgart

Informacije:  
– [www.motek-messe.de](http://www.motek-messe.de)

*nadaljevanje na strani 337*

## Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo - Laboratorij LASIM in Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo ter Gospodarska zbornica Slovenije - Združenje kovinske industrije

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



najavljajo 6. posvet

## AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2009 – ASM '09

v sredo, 11. 11. 2009, ob 9. uri

v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

# RAAD 2009 - 18<sup>th</sup> International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region Brasov, Romunija, 25. -27. maj 2009

V slikovitem mestu Brasov v osrčju Romunije, ki ima germansko zgodovino in kulturno dediščino, je konec maja potekala 18. mednarodna delavnica Robotika v regiji Alpe-Adria-Donava (<http://www.raad2009.cimr.pub.ro>). Konferenco sta skupaj organizirali Univerza Transilvanije iz Brasova in Politehniška univerza Bukarešte pod pokroviteljstvom Robotskega združenja Romunije, Ministrstva za izobraževanje, raziskave in inovacije Romunije ter mednarodnega združenja IFToMM (The International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science).

V okviru srečanja so bila organizirana štiri vabljenja predavanja ter osemnajst rednih sekcij s področij robotskih raziskav in aplikacij. V treh paralelnih sekcijah je bilo predstavljenih 98 prispevkov, najštevilnejši pa so bili predstavniki Romunije, Italije in Slovenije. Prvič so bile podeljene nagrade za najboljše prispevke. Za najboljši raziskovalni prispevek je prejel nagrado referat Belfiore et al. Z naslovom Comparative analysis of isotropy indices in RR and RRP Arms. Nagrado za najboljšo robotsko apli-



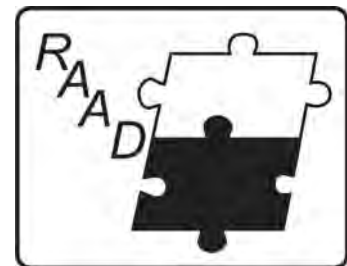
*Udeleženci srečanja pred trdnjavo Cetat v Brasovu*

kacijo smo odnesli domov Slovenci z referatom Čepon et al. Experimental mobile robotic platform. Kot najboljši študentski prispevek pa je bil nagrajen referat Dumitrache Calibration of wrist-mounted profile laser scanning probe using a tool transformation approach.

Poleg bogatega tehniškega programa smo udeleženci uživali tudi v gostoljubnosti romunskih organizatorjev. V okviru srečanja je bil organiziran orgelski koncert v gotski katedrali sredi Brasova, ogled srednjeveške trdnjave Rasnov in gradu Bran, ki je bolj znan kot grad grofa Drakule.

Naslednja konferenca RAAD 2010 bo maja naslednje leto na Blatnem jezeru na Madžarskem.

*Roman Kamnik  
UL, Fakulteta za elektrotehniko*





INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem za profesionalno elektroniko

International Trade Fair for professional electronic

07.-09. 10. 2009

CELJE-SLOVENIA

www.intronika.si, e-mail:intronika@icm.si




## Uspešna ekskurzija odbora za znanost in tehnologijo pri OZS

Odbor za znanost in tehnologijo, ki deluje pri obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, je na strokovni ekskurziji 10. 07. obiskal tudi laboratorij za organske polprevodnike in organsko fiziko v Ajdovščini. Ker je laboratorij zanimiv tudi za gospodarstvo in industrijo, ga bom ob tej priliki na kratko predstavil.

Laboratorij sodi v okvir Univerze na Primorskem. Vodi pa ga priznani strokovnjak **prof. dr. Gvido Bratina**, ki nam je laboratorij takole predstavil:

»Raziskave v našem laboratoriju za organsko fiziko potekajo na dveh tirih: na področju organske elektronike se ukvarjamo z elektronskimi lastnostmi materialov, ki so zanimivi kot sestavni deli organskih sončnih celic in organskih tankoslojnih tranzistorjev, na področju biofizike pa nas zanima sklopitev med proteini in organskimi polprevodniki za biosenzorske aplikacije. V okviru raziskav na področju tankih slojev organskih polprevodnikov uporabljamo vakuumsko naprevanje in kapljičasto nanašanje. Morfološko karakterizacijo opravimo z mikroskopom na atomsko silo VEECO CP II. Mikroskop omogoča tudi karakterizacijo elektronskih la-

stnosti tankih slojev, saj je opremljen s pikoampermetrom za merjenje tokov med konico in vzorcem in frekvenčnim ojačevalnikom za merjenje električnega polja (Kelvinova mikroskopija). Projekti na področju organskih sončnih celic obsegajo optimizacijo in razvoj metod nanašanja polimernih

mešanic na velikih površinah, raziskave alternativnih akceptorskih materialov in študij stabilnosti stikov med kovino in organskim polprevodnikom. V zvezi z organskimi tankoslojnimi tranzistorji študiramo razvoj elektronskih lastnosti z večanjem debeline slojev, za kar smo izdelali poseben nosilec vzorcev, ki nam omogoča merjenje električnih tokov med dvema kovinskima stikoma med rastjo organskih polprevodniških slojev. Pomemben del aktivnosti obsega tudi študij začetnih faz rasti pentacena na različnih podlogah. Cilj biofizikalnih raziskav je integracija beljakovinskih molekul in elektronskih elementov, ki delujejo na osnovi organskih polprevodnikov. Ko pride beljakovina v stik s ciljno molekulo, se njene elektronske lastnosti spremenijo. Naše aktivnosti so usmerjene v detekcijo takih sprememb. Tako nastali hibridni elektronski elementi bi delovali kot biosenzorji.«



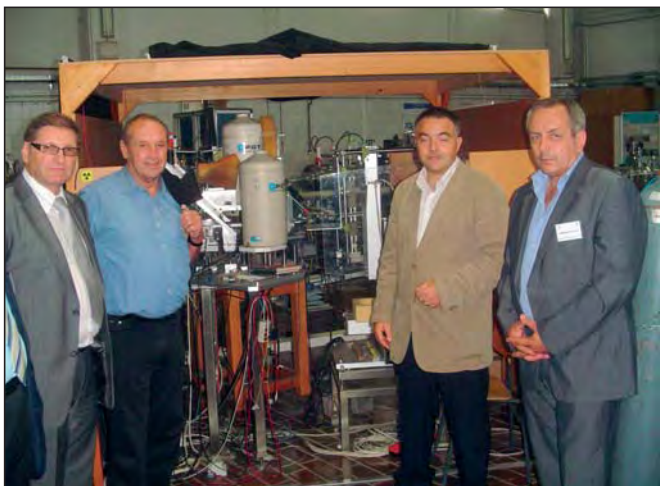
Prof. dr. Gvido Bratina v laboratoriju za organsko fiziko v Ajdovščini

Prof. dr. Gvido Bratina je po svoji predstavitvi zelo eksplicitno poudaril, da je interes laboratorija sodelovanje z industrijo in gospodarstvom, tudi z malimi in mikropodjetji.

Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS pa si je ta dan ogledal tudi jedrski reaktor Triga v Brinju pri Podgorici, ki deluje v okviru Inštituta Jožef Stefan. Jedrski reaktor in njegovo dolgoletno zgodovino je zelo celovito opisal znani strokovnjak **dr. Darko Kavšek**. Odbor pa si je ogledal tudi mikroanalitski center **F 2** za fiziko nizkih in srednjih energij. Analitski center in celotno žarkovno linijo je predstavil **dr. Primož Pelicon**. Opisal je pomen delovanja mikroanalitskega centra in presenetljive rezultate, ki jih v zadnjem času dosegajo pri svojem delu.

Strokovne ekskurzije odbora za znanost in tehnologijo pri OZS sodijo v proces povezovanja gospodarstva in znanosti, še zlasti je poudarek na povezovanju z malimi in mikropodjetji. S tem pa se želi zagotoviti prenos znanja iz znanstvenoraziskovalnih inštitucij v gospodarstvo.

Janez Škrlec, inž.,  
Odbor za znanost in tehnologijo pri  
OZS



Mikroanalitski center inštituta Jožef Stefan. Z desne drugi je vodja centra, dr. Primož Pelicon

Ljubljana, Slovenia, October 4<sup>th</sup> - 7<sup>th</sup> 2009

# ICIT & MPT 2009

7<sup>th</sup> International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies

## ICIT & MPT 2009

### Mednarodna konferenca o industrijskih orodjih in izdelovalnih tehnologijah

Manj kot dva meseca ostajata do izvedbe sedme mednarodne konference o industrijskih orodjih in izdelovalnih tehnologijah ICIT & MPT (podrobnosti lahko najdete na <http://www.tecos.si/icit/>).

Konferenca ICIT & MPT se je razvila v edinstven dogodek, ki privabi raziskovalce s področij predelave materialov in proizvodnih tehnologij kakor tudi strokovnjake z drugih področij podpornih dejavnosti, ki so ključna za uspešno delovanje orodjarn, raziskovalnih laboratorijev ali centrov za prenos tehnologij. Gre za enega najpomembnejših mednarodnih dogodkov v tem delu Evrope na področju orodjarstva in izdelovalnih tehnologij, torej na področjih, ki so ključna pri razvoju novih proizvodov.

Tudi tokratna konferenca ICIT & MPT bo osredotočena na orodjarstvo in tehnologije predelave materialov. Strokovnjaki, inženirji, priznani raziskovalci in znanstveniki iz industrije, raziskovalnih in akademskih krogov bodo govorili o novih tehnologijah predelave materialov in izdelave orodij, virtualni proizvodnji, proizvodnih sistemih, inteligentnih sistemih, hitri izdelavi, orodjih za fleksibilno in maloserijsko proizvodnjo, upravljanju izdelave orodij, novih materialih in ravnanju z njimi ter o sočasnem inženirstvu. Namen konference je ponuditi platformo za izmenjavo informacij in znanja o razvoju ter najnovejših inovacijah s področja orodjarstva in tehnologij predelave materialov. Ker je medsebojno sodelovanje ključno za uspeh v dinamičnem poslovnem okolju, kakršnemu smo priča danes, se bo konferenca ICIT & MPT posvetila tudi temu vidiku.

Do sedaj so se na konferenco prijavili strokovnjaki iz Avstrije, Bosne in Hercegovine, Bolgarije, Hrvaške, Češke, Finske, Nemčije, Italije, Japonske, Južne Koreje, Libije, Nizozemske, Kitajske, Poljske, Portugalske, Makedonije, Srbije, Slovenije, Španije, Velike Britanije ter Združenih držav Amerike. Odobreni članki so izbrani v program konference in bodo objavljeni v zborniku konference.

Posebej bi rad opozoril na **ključne tuje prispevke konference, ki so jih poslali vodilni svetovni strokovnjaki na področju orodjarstva in izdelovalnih tehnologij: prof. Günther Schuh z Univerze RWTH iz Aachna, prof. Peter Hoffmann z ERLAS-a, prof. Engelbert Westkämper z Instituta Fraunhofer, prof. Reimund Neugebauer z Instituta Fraunhofer, dr. Philip Reeves iz podjetja Econolyst, Joan Guasch iz ASCAMM Foundation in drugi.**

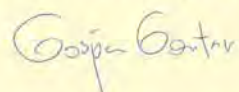
ICIT & MPT je torej neponovljiva priložnost, da se na enem mestu spoznate z delom in načrtovanimi RR-projekti vrhunskih mednarodnih strokovnjakov.

Organizatorji se trudimo, da bo letošnja izvedba tudi za udeležence iz industrije zanimivejša kot kdajkoli prej. Dopolniti jo namreč nameravamo z **B2B-dogodkom, kjer bodo imeli udeleženci priložnost izvedeti najnovejše informacije o prihajajočih razpisih in se med seboj pogovoriti z namenom ustvarjanja novih poslovnih priložnosti, razvojno-raziskovalnih partnerstev, skupnih prijav EU-projektov, itd.**

Za konec bi vas rad k sodelovanju oz. k udeležbi na konferenci spodbudil še z naslednjimi informacijami: najboljši članki bodo predlagani za objavo v reviji Strojniški vestnik s SCI-indeksom, konferenca bo sovpadala s posvetom Orodjarstvo 2009, v sklopu konference pa bo organiziran tudi vodeni ogled podjetja Akrapovič, d. d.

Prepričan sem, da bo tudi tokratni ICIT & MPT zanimiv in produktiven. Vljudno ste vabljeni na konferenco, saj je dandanes mednarodno povezovanje za podjetja s področja strojništva pomembnejše kot kdajkoli prej. **Več informacij dobite pri Tanji Ferleš na tel. št. 03 490 0920.**

Predsednik organizacijskega odbora



doc. dr. Gašper Gantar



## Raziskovalni sklad VDMA – Fluidna tehnika – poročilo o programu raziskav

V času rednega letnega zbora VDMA (Nemško združenje strojne industrije) 18. julija so na sedežu VDMA v Frankfurtu na Maini v ločenem delu zasedanja podali tudi poročilo o izvajanju projektov v okviru Raziskovalnega sklada VDMA za fluidno tehniko (Forschungsfond Fluidtechnik).

Poročila so prikazala delo na naslednjih projektih:

- Primerjava obratovalnega obnašanja elektrohidravličnih in elektromehanskih pogonskih sistemov pri strojih za brizganje plastičnih mas
- Simulacija in optimizacija proporcionalnih ventilov v fluidni tehniki
- Optimizacija pnevmatičnih vakuumskih ejetorjev
- Raziskava vplivov različnih kakovosti površin in hidravličnih fluidov

dov na tesnost, trenje in trajnost izbranih hidravličnih tesnilk

- Varnost in zanesljivost krmiljenih pogonov v fluidni tehniki
- Matematično modeliranje, optimiranje in izdelava mikrostrukturiranih kontaktnih površin za hidrostatične enote z iztiskanjem
- Vseobsežno izračunavanje nestacionarnih tokov pri hidravličnih batnih črpalkah, za izboljšanje obratovalnih lastnosti.

V nadaljevanju zasedanja so bile podane tudi izčrpne informacije o rezultatih, doseženih s samofinanciranjem raziskav. Dogovorjeni so bili tudi novi raziskovalni projekti, kot so:

- Splošno optimiranje elektropnevmatičnih krmilnih ventilov
- Modeliranje v pnevmatiki
- Povečanje učinkovitosti z izrabo

izpušnega zraka

- Uporabnostno naravnani razvoj mobilnih krmilnih sistemov
- Ugotavljanje energijske učinkovitosti vozni in delovnih pogonskih vezij pri mobilnih delovnih strojih
- Fleksibilna matrična vezja kot energijsko učinkoviti pogonski sistemi za mobilne delovne stroje.

Za dodatna vprašanja, povezana z Raziskovalnim skladom za fluidno tehniko pri VDMA, je na voljo Peter-Michael Synek na naslovu: Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt a. M.; tel.: + 069-6603-1513, e-pošta: [peter.synek@vdma.org](mailto:peter.synek@vdma.org).

Po O + P 53(2009)5 – str. 193  
pripravil: A. Stušek

## Senzorika za fluidno tehniko

Revija *FLUID* v posebnem delu letošnje junijske izdaje izčrpno predstavlja stanje senzorike za fluidno tehniko. Predstavitev obsega 14 strani pisnih prispevkov in seznam s tehničnimi podatki 8 najpomembnejših dobaviteljev.

Vsebina pisnih prispevkov je naslednja:

- Inteligentni senzorji prihajajo (intervju z dr. C. Th. Simmonsom, od sept. 2009 predsednikom strokovnega združenja AMA)
- Zaščita do IP69K zagotovljena (elektromagnetni kotni enkoderji)
- Enotno nadzorovati (specifična senzorika za fluidno tehniko)
- Išče se prilagojenost (specialni senzorji: med medicino in mobilno hidravliko)
- Z dotikom ali brez njega (položajni in tlačni senzorji za fluidno tehniko)
- Sile vedno natančno krmiliti (indirektni senzorji sile z razteznostnimi transformatorji)

**Vir:** Simmons, C. Th., Kessler, Th. W., in dr.: Sonderteil Sensorik, Fluid 42(2009)6, str. 33–49.

Pripravil A. Stušek



## Hidravlične naprave iz nerjavnega jekla

Zanesljivost in trajnost opreme za ladje in v pomorstvu sploh sta odvisni zlasti od njene protikorozijske odpornosti. Uporaba nerjavnega jekla ustrezne sestave je ena od preprostih in cenenih rešitev. Povezani podjetji *Scoda* (predvsem za ladjedelniške sestavine) in *Atos* (za krmilno-tehnično opremo) ponujata ustrezne rešitve.

*Scoda* nudi možnosti za elektrohidravlično krmiljenje populzije, stabilizacijo in krmiljenje ladij ter izvedbe konstrukcijskih delov ladje, kot so ograje, vodotesna vrata, tanki in cevovodi, parkirna oprema na krovu itd. *Atos* pa temu dodaja vse potrebne krmilne komponente z ohišji iz nerjavnega jekla, vključno z navadnimi in proporcionalnimi ventili.

Pogonski agregati in druge enote zdržijo več kot 200 ur preskušanja v slani atmosferi, v skladu s standardom ASTM B117.

Vse sestavine in vsa oprema, kot so ohišja, gibki cevovodi, merilniki tlaka in nivoja, filtri itd., so kompatibilni z biološko razgradljivimi in vodno-emulzijskimi hidravličnimi fluidi, v skladu s protipožarnimi in okoljevarstvenimi predpisi.

Za optimalno oz. čim manjšo porabo moči in preprečevanje preobremenitev na ladjah se hidravlična moč po skupinah porabnikov generira z agregati z redundantno vgradnjo krilnih ali batnih črpalk s stalno ali spremenljivo iztisnino, s proporcionalnim krmiljenjem tlaka ali toka. Standardno z delovnim tlakom do 25 MPa.

Varnostni in potni elektromagnetni ventili v standardni izvedbi ali v iz-

vedbi z vložki so opremljeni s senzorji položaja, ki zagotavljajo optimalni nadzor in krmiljenje in s tem učinkovito varnost in zanesljivost delovanja sistema.

Scodini pogonski agregati obsegajo tudi rezervoarje s prostornino do 1000 L v konstrukcijski izvedbi prilagojeni za vgradnjo v ladijsko strukturo.

*Atos* pa nudi najnovejšo generacijo digitalnih servovaljev z integriranimi potenciometrijskimi, ultrazvočnimi ali podobnimi senzorji za krmiljenje položaja in/ali hitrosti, v povezavi z ustreznimi poljskimi vmesniki (v izvedbi Profibus ali Canbus). Elektronske krmilne enote za avtomatsko upravljanje so standardne izvedbe.

Dodatne informacije na spletnih naslovih: [www.scoda.it](http://www.scoda.it) ali [www.atos.com](http://www.atos.com).

Po H & P 62(2009)6 – str. 17  
pripravil A. Stušek

## Novi hidravlični valji Montanhydraulika za brano Železne dveri

Mednarodno uveljavljeno podjetje *Montanhydraulik Gruppe* je med drugim izdelovalec posebnih hidravličnih valjev za vodogradbene objekte, posebno vodne električne centrale.

Podjetje se je še posebej izkazalo s podpisom pogodbe za veliko vodno elektrarno z močjo 2 400 MW v Vietnamu (dobava 12 valjev s premerom 720 mm, gibom 12 000 mm in težo 38 t). Centrala naj bi začela obratovati leta 2013.

Zanimivo je, da tudi za novo brano v Železnih dverih (Džerdap) med Srbijo in Romunijo dobavlja posebne valje z gibom 24 m (glej sliko na str. 239 zgoraj).



Podjetje razen inovativnih rešitev hidravličnih pogonov in krmilj za vodne centrale izdeluje ustrezno hidravlično opremo tudi za dvigala, stroje za vrtnanje predorov, vetrne centrale ipd. Pod geslom »Intelli-

gent Power« razvija in izdeluje nove sestavine, kot so teleskopski in sinhrono delujoči valji, zasučni hidravlični motorji, zavorni in zapirni ventili, kot tudi kompletne hidravlične naprave.

Podjetje je v letu 2008 zaposlovalo 825 sodelavcev (od tega 60 z visokošolsko izobrazbo) in doseglo skupni promet v višini 208 milijonov evrov.

Po O + P 53(2009)6 – str. 238  
pripravil A. Stušek

## Izboljšana različica vizualizacijskega orodja GAEA+

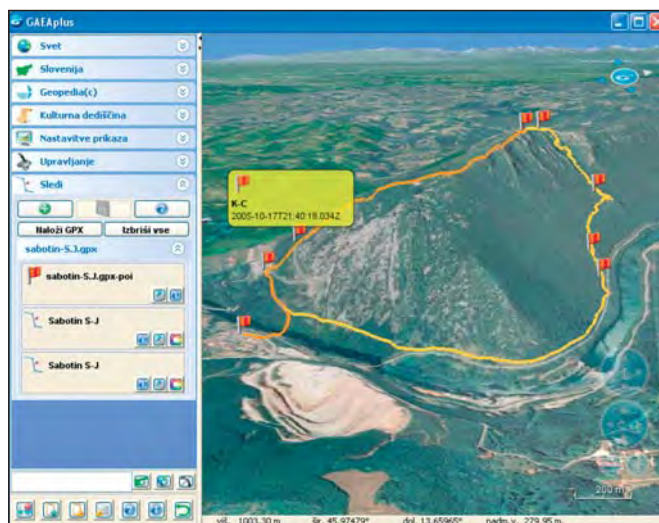
Podjetje *XLAB*, d. o. o., pridružen član Tehnološkega parka Ljubljana, je izdalo novo verzijo tridimenzionalnega vizualizacijskega orodja Gaea+. V ozadju orodja Gaea+ deluje povsem novo ogrodje Java World Wind 0.6, ki omogoča boljšo navigacijo z navigacijskimi ikonami, ki so uporabniku prijaznejše.

Dosedanje oblačke, ki so označevali interesne točke (planinske kočice, vrhovi itd.), so zamenjale prikladnejše ikone, ki nudijo informacije o posameznih interesnih točkah. Izboljšana je podpora formatu GPX. Do sedaj je orodje omogočalo le prikaz GPS »tracks«, sedaj pa omogoča tudi prikaz GPS »waypoints«. GPS »tracks« in/ali »waypoints« so podatki, ki jih dobimo iz GPS naprave (tudi naprednejši mobilni telefoni), ki nam s pomočjo satelitov shranjuje pozicijo. Dodana so orodja: prilet na GPS-

lokacijo, informacija o dolžini, spreminjanje barve, risanje svojih lastnih GPS-poti.

Izboljšana je tudi funkcionalnost iskanja. Če obstaja več krajev z istim imenom, iskalnik izpiše vse zadevke iskanja. Če pošiljate povezavo na določeno lokacijo, ta po novem shrani tudi naklon pogleda, kar uporabniku omogoči prikaz točno želenega pogleda.

Vsebinsko je Gaea+ izboljšala informacije o prometu in kamerah, ki se redno osvežujejo na nekaj sekund. Poleg tega so sedaj na voljo tudi



Gaea+ – Java World Wind 0.6

meje občin in njihove kontaktne informacije.

Vabljeni na uradno spletno stran Gaea+, kjer lahko orodje brezplačno preizkusite in ga uporabljate.

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

## Uporaba ročnega terminala močno skrajša čas inventure

Klasični popis osnovnih sredstev s pisalom in papirjem je zelo zamuden in pogosto netočen.

Da bi delo opravili hitro in natančno, predlagamo celovito rešitev za popis osnovnih sredstev z uporabo ročnega terminala, s katerim:

- močno skrajšamo čas, ki ga bi sicer porabili za popisovanje,
- popisni komisiji olajšamo delo, ker odpade ročno vnašanje in pretipkavanje s popisnih listov,
- s tehnologijo črtno kode preprečimo napake.

Da bi Občina Mengeš ([www.menges.si](http://www.menges.si)) hitro in natančno opravila s popisom več kot 6.000 osnovnih sredstev, se je odločila za LEOSS-ovo celovito rešitev InventuraOS ([www.leoss.si](http://www.leoss.si)).

Zakaj? Ker so z rešitvijo dobili vse, kar potrebujejo za izvedbo popisa: ročni terminal, programsko opremo in nalepke s črtno kodo. Prepričali so jih tudi strokovni nasveti pred



Ročni terminal Honeywell Dolphin 7600

popisom in po njem, uporabniška prijaznost programske opreme in njeno preverjeno delovanje.

Ker uporabljajo na Občini Mengeš informacijski sistem Grad ([www.grad.si](http://www.grad.si)), je bilo potrebno pred označevanjem izvoziti podatke o osnovnih sredstvih (v nadaljevanju OS). Na podlagi teh je LEOSS v svoji tiskarni natisnil 7.000 obstojnih metaliziranih nalepk s črtno kodo (dimenzije 50 x 25 mm). Z natisnjenimi nalepkami so pristojni nato označili vse lokacije in OS. V naslednjem koraku je popisovalna komisija že lahko začela s popisom. Na terenu z odčitavanjem črtno kode z ročnim terminalom popisovalec najprej izbere lokacijo (nahajališče), ki jo name-rava popisati, in vanjo vstopi. Nato na lokaciji odčita vse črtno kode OS, s čimer shrani podatke na terminal.

OS so na ta način popisana. Potem so člani komisije obiskali naslednjo lokacijo in postopek ponavljali, dokler niso bila popisana vsa OS na vseh lokacijah. Tako so pridobili podatke o dejanskem stanju OS po lokacijah. Ko so popis končali, so podatke iz terminala s pomočjo komunikacijskega vmesnika prenesli na računalnik in jih pregledali ter jim po potrebi dodali opombe ali popravili zapise. Inventuro OS so tako opravili bistveno hitreje in brez napak, ki so pogoste pri pisanju, pretipkavanju in ročnem vnašanju v računalnik. Naj poudarimo še to, da je prva inventura najpomembnejša, ker predstavlja temelj za vse nadaljnje, ki potekajo hitreje in rutinsko. Komisija mora samo odčitati črtne kode OS po posameznih lokacijah, izvoziti zajete

podatke v program in jih primerjati s stanjem predhodnega popisa.

#### Uporabljena oprema:

- ročni terminal Honeywell Dolphin 7600 za zajemanje podatkov z vgrajenim čitalnikom črtne kode IT5300, platforma Win CE 5.0, pomnilnik 128/128 MB, vmesnik Bluetooth, tipkovnica z 29 tipkami,
- komunikacijski podstavek za ročni terminal HHP D7600 Home-Base, vmesnik USB, vgrajen polnilnik baterij (napajalnik je dodan terminalu),
- tisk 7.000 metaliziranih nalepk 50 x 25 mm za osnovna sredstva,
- LEOSS InventuraOS MW Standard, verzija 2.0, program za obdelavo podatkov pri popisu os-

novnih sredstev (priprava podatkov, polnjenje in praznjenje prenosnih terminalov, pregled in statistika opravljenega dela, končno poročilo), standardna verzija za okolje Windows XP in Vista,

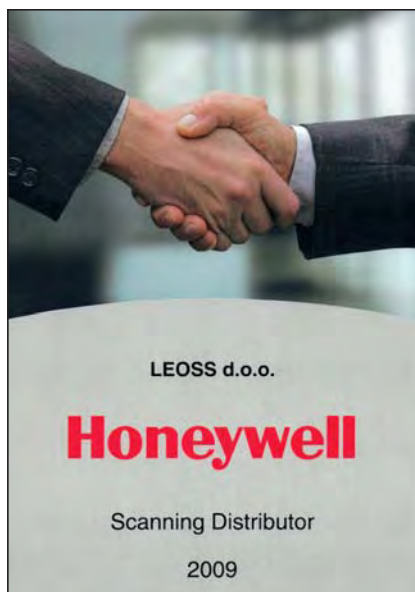
- LEOSS InventuraOS Plus CE, program za izvajanje popisa osnovnih sredstev z upoštevanjem stanja po obstoječih podatkih – datotekah (do 10.000 osnovnih sredstev), za terminale s platformo WinCE.

Vir: LEOSS, d. o. o., Dunajska c. 106, 1000 Ljubljana, tel.: 01 530 90 20, faks: 01 530 90 40, internet: [www.leoss.si](http://www.leoss.si), e-mail: [leoss@leoss.si](mailto:leoss@leoss.si), g. Gašper Lukšič

## Honeywell dodelil LEOSS-u prestižni partnerski status

Družba LEOSS, d. o. o. ([www.leoss.si](http://www.leoss.si)), ki se ukvarja z avtomatskim identificiranjem in mobilnim zajemom podatkov, je izpolnila zahtevne pogoje za pridobitev partnerskega statusa korporacije **Honeywell Scanning Distributor**, in tako postala edino slovensko podjetje, ki mu je Honeywell zaupal ta status. Na Honeywellovo odločitev sta vplivala tako obseg poslovanja med Honeywellom in LEOSS-om kot tudi raven tehnične in ostale podpore, ki jo svojim kupcem zagotavlja LEOSS.

»Partnerski status Honeywell Scanning Distributorja je za LEOSS zelo pomemben, saj nam omogoča, da se še bolj posvetimo strankam, zagotovimo krajše dobavne roke opreme, nižje cene in nadstandardno podporo pred nakupom, med njim in po njem,« pravi **Franci Nadles**, direktor družbe LEOSS. »Odpirajo se nove priložnosti za poslovni razvoj, kajti ravno ta status postavlja pred nas nove izzive in naloge, za katere sem prepričan, da jih bomo uspešno izpolnili.« Poleg tehnične podpore in



svetovanja ter lastnega servisa LEOSS poskrbi za hitro integracijo Honeywellove opreme v poslovanje v želji po optimizaciji delovnih procesov kupcev.

**Honeywell International**, ki ima sedež v ameriški zvezni državi New Jersey, ima vodilno vlogo na globalnem tehnološkem tržišču. Svojo proizvodnjo tehnološko dovršenih izdelkov in storitev usmerja k čim večjemu zadovoljevanju želja upo-

rabnikov. V letu 2007 je z nakupom družbe **Hand Held Products (HHP)** vstopil na področje naprednih tehnologij za zajem in obdelavo podatkov. Honeywell je leta 2008 prevzel še **Metrologic**, s čimer je napravil izredno pomemben korak k dopolnitvi ponudbe produktov in storitev, ki jih uvršča v poslovno skupino Automation and Control Solutions. Slednja vključuje divizijo AIDC (Auto-ID & Data Collection), kamor sodi oddelek **Honeywell Scanning & Mobility**. Nakup Metrologica ni bil naključen, pač pa strateška odločitev, saj je prav Metrologic zadnja leta veljal za najkakovostnejšega na področju POS-čitalnikov. Dokaz je neodvisna POS Hardware Leaderboard Top 50, raziskava o POS opremi 2007 in POS opremi 2006, ki jo opravlja svetovno priznana revija *Vertical Systems Reseller (VSR)* v juliju vsako leto. V kategoriji čitalnikov črtne kode je družbi Metrologic dodelila najvišje število točk in s tem prvo mesto.

Vir: LEOSS, d. o. o., Dunajska c. 106, 1000 Ljubljana, tel.: 01 530 90 20, faks: 01 530 90 40, internet: [www.leoss.si](http://www.leoss.si), e-mail: [leoss@leoss.si](mailto:leoss@leoss.si), g. Gašper Lukšič

## Univerzalna cev iz Elaflexa z oblogo DuPont™ Teflon® PTFE

Nove Elaflex® PTFE univerzalne cevi, ki jih je razvilo podjetje Elaflex-Gummi Ehlers GmbH (Hamburg, Nemčija) v partnerstvu s ContiTech Schlauch GmbH (Korbach, Nemčija) so opremljene z enovito iztiskano in gladko oblogo narejeno iz Teflon® PTFE 62. Fluoropolimer združuje veliko upogibno trajno dinamično trdnost in odpornost proti napetostnim razpokam z visoko termično stabilnostjo in je poleg tega odporen tudi proti skoraj vsem sredstvom, ki so prisotni v hrani ter v farmacevtski in kemični industriji.

Ameriški Urad za živila in zdravila FDA ga je uvrstil v USP razred VI in, ker je PTFE obloga sposobna električne razsipanosti po celotni površini, se nove cevi lahko uporabljajo tudi v Ex coni 0 in 1. Ker obloga iz materiala Teflon® ne povzroča križne kontaminacije ali razbarvanja sredstva so Elaflex® PTFE univerzalne cevi primerne tudi za zelo čiste proizvode, kot na primer za proizvodnjo farmacevtskih izdelkov. Notranje nelepljive lastnosti PTFE-ja onemogočajo usedanje ostankov – še posebno pri prenašanju zelo viskoznih sredstev – in pomagajo pri čiščenju cevi. Te lastnosti skupaj s hitro zmožnostjo izpraznenja pri čiščenju ali med menjavo sredstev, lahko pri proizvodnji zmanjšajo stro-



ške. Večplastni zunanji premaz na Elaflex® PTFE univerzalnih ceveh je sestavljen iz posebne lepljive gume na oblogi narejene iz materiala Teflon®, ojačitvenega sloja, ki je iz materiala, ki je visoko odporen proti trganju in temperaturi in prevleke iz gume, ki je sposobna električne razsipanosti in je odporna proti abraziji, ognju, vremenu in staranju. Po potrebi so cevi na voljo z vijačnico iz galvaniziranega vzmetnega jekla, ki omogoča večjo odpornost proti ukrivljenosti in večjo stabilnost oblike. Tako cev obdrži svojo obliko med črpanjem in pri delu, ki ni pod tlakom in ohrani krožen profil tudi pri močno ukrivljenih radijih.

Celoten sistem je narejen za obratovni tlak do 16 barov in temperaturo med -30°C in 150°C. Univerzalna cev je kompatibilna z EN 14420 standardiziranimi sklopi za cevi in SPANN-LOC ali SPANNFIX prižemami za cevi iz Elaflexa. Te so na voljo v različnih materialih glede na mesto uporabe vključno s Teflon® PFA (»rubinasto rdeča«) premazom, če je kemijska

obstoynost posebej zahtevana. Zaradi sposobnosti električnega razsipanja obloge in zgornjega sloja ni potrebna povezava med kovinskimi deli.

Podjetje DuPont Fluoropolymer Solutions je vodilni proizvajalec fluoropolimernih smol, dodatkov, filma, apretur in disperzij, PTFE (politetrafluoretilen), PFA (perfluoriran alkoksi) FEP (fluoriran etilen propilen), ETFE (etilen tetrafluoretilen) in PVF (polivinilfluorid), ki se trži pod zaščitnimi znamkama DuPont™ Teflon®, DuPont™ Tefzel®, DuPont™ Tedlar® in DuPont™ Zonyl®.

DuPont je podjetje, ki nudi proizvode in storitve, ki temeljijo na znanosti. Podjetje, ki je bilo ustanovljeno leta 1802, znanstvene dosežke prenaša v prakso in ustvarja trajne rešitve, ki so nujno potrebne za boljše, varnejše in bolj zdravo življenje ljudi povsod po svetu. DuPont je prisoten v več kot sedemdesetih državah in nudi široko paleto inovativnih izdelkov in storitev za različna tržišča vključno s kmetijstvom in živila, gradbeništvo, komunikacijami in prometom.

**Vir:** Peemöller, U: Universal hose from Elaflex with electrically- dissipative lining of DuPont™ Teflon® PTFE is FDA-conform, ELAFLEX - Gummi Ehlers GmbH, D-22525 Hamburg (Eidelstedt), Germany, tel.: +49 (0) 40 / 54 00 05 50, e-mail: peemoeller@elaflex.de



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA

01

t: 01 477 66 13  
f: 01 426 18 79  
e: info@tp-lj.si  
www.tp-lj.si

Tehnološki park Ljubljana d.o.o.  
Teslova ulica 30  
SI-1000 Ljubljana

## OZS na MOS 09

Strokovna sekcija elektronikov in mehatronikov pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije (OZS) se bo letos ponovno predstavila na največjem mednarodnem sejmu obrti **MOS 2009**, ki bo na Celjskem sejmišču od 9. do 16. septembra. Sejem MOS običajno obišče ok. 170.000 obiskovalcev in sodi med največje tovrstne sejme v tem delu Evrope.

Sekcija elektronikov in mehatronikov se bo predstavila skupaj s svojimi partnerji: Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze Maribor, Institutom Jožef Stefan, Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Kemijskim inštitutom v Ljubljani, ŠC Ptuj,



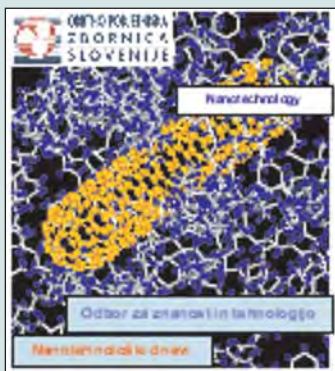
Utrinek iz MOS 2008

revijo Ventil, revijo IRT 3000 ter naprednimi obrtniki in podjetniki. Na sejmu se vsako leto predstavijo tudi drugi partnerji iz industrije in gospodarstva. Sekcija elektronikov

in mehatronikov je doslej na MOS-u skupaj s partnerji prejela že dvoje visokih priznanj za celovito predstavitev novih tehnologij in povezave gospodarstva in znanosti.

## 4. nanotehnološki dan

Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije (OZS) načrtuje že 4. nanotehnološki dan, ki ga bodo izvedli v drugi polovici septembra 2009. Nanotehnološki dan bo namenjen predstavitvi nanotehnologij na številnih področjih, kot so medicina,



IKT, elektronika, avtomobilska stroka in drugo. Predavali bodo vrhunski strokovnjaki z Instituta Jožef Stefan, Kemijskega inštituta v Ljubljani in z različnih fakultet mariborske in ljubljanske univerze ter drugih razvojnoraziskovalnih inštitucij. Obvestilo o možnosti prijave, kraju izvedbe dogodka in strokovnih vsebinah bo objavljeno na spletni strani OZS: <http://www.ozs.si/>.

## OZS na VideoLectures.net

Odboru za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije (OZS) je uspel poseben podvig. Svoj največji strokovni dogodek doslej so uspeli objaviti tudi na največjem znanstvenem videoportalu – VideoLectures.net : <http://videolectures.net/>.

VideoLectures.net je največji svetovni portal znanstvenih videovsebin. Portal je v okviru iniciative Združenih narodov letos prejel nagrado **World Summit Award – WSA** v kategoriji E-znanost in tehnologija. Na tem portalu objavljajo svoja pre-

davanja vse večje svetovne univerze, med njimi tudi Massachusetts Institute of Technology ipd.

VideoLectures.net ponuja dostop do kakovostnih videopredavanj znanih znanstvenikov in strokovnjakov. Upravljajo ga na Centru za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij (CT3) skupaj z E8 – Odsekom za tehnologije na Institutu Jožef Stefan. Nagrada WSA je dokaz, da je portal prešel iz slovensko-evropskega medijskega prostora v svetovni, in hkrati spodbuda, da Slovenija postane eden izmed centrov svetovnega odprtega e-izobraževanja. Odbor za zna-



nost in tehnologijo, ki deluje v okviru OZS, je z vključitvijo svojega 3. nanotehnološkega dne na videoportal VideoLectures.net napravil pomemben korak naprej v smeri prepoznavnosti Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije v širšem svetovnem prostoru. Naprednim in inovativnim obrtnikom pa se je s tem odprl dostop do visoko strokovnih videovsebin z različnih strokovnih področij.

Janez Škrlec, inž.  
Obrtna zbornica  
Slovenije



# Fluidna tehnika na Fakulteti za strojništvo v Mariboru

Laboratorij za oljno hidravliko je najmlajši laboratorij na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. O njegovem poslanstvu, dosedanjem delu in načrtih smo se pogovarjali z vodjem laboratorija doc. dr. Darkom Lovrecem.



Del članov laboratorija ob montaži osrednjega agregata

**Ventil:** Ali lahko bralcem revije predstavite vaš laboratorij – kaj je pripeljalo k njegovi ustanovitvi?

**D. Lovrec:** Po večletnem sodelovanju z industrijo na področju hidravlike in pnevmatike, povečanih aktivnostih na znanstvenem in strokovnem delu ter ostali strokovni dejavnosti na omenjenem področju so razmere pripeljale do tega, da se ta dejavnost izloči iz Laboratorija za mehatroniko in gre samostojno pot.

Tako je bil pred šestimi leti na pobudo prof. dr. Edvarda Kikerja najprej podan predlog o ustanovitvi in s kasnejšim sklepom senata tudi potrjena ustanovitev novega laboratorija z uradnim nazivom Laboratorij za oljno hidravliko, meni pa zaupana vodenje laboratorija in skrb za njegovo rast. Novo ustanovljeni laboratorij predstavlja novo disciplino oz. novo

dejavnost v okviru Inštituta za proizvodno strojništvo na Fakulteti za strojništvo v Mariboru.

Praktično je laboratorij zaživel šele s pridobitvijo najemnih prostorov na sosednji Srednji strojni šoli po juliju 2006. Po preureditvi razpoložljivih prostorov v laboratorijske njegova dejavnost tako v strokovnem kot znanstvenem smislu vsestransko raste. Laboratorij je sedaj v strokovnih krogih in organizacijah tako doma kot v tujini vse bolj prepoznaven.

Še mogoče beseda ali dve o članih laboratorija. Laboratorij funkcionira po načelih racionalnosti in projektne usmerjenosti. Razen vodje, ki je stalni član laboratorija, v njem delata še mladi raziskovalec iz gospodarstva (90 % delovnega časa) in pa tehnični sodelavec, ki je hkrati tudi član drugega laboratorija. Poleg omenjenih

pa z laboratorijem sodelujeta še dva člana – na strokovnem področju maziv tudi gostujoči strokovnjak iz industrije in pa demonstrator. Sicer pa je sestava strokovnjakov laboratorija projektno orientirana – glede na vrsto projekta, ki se izvaja v okviru laboratorija, tudi iz strokovnjakov drugih laboratorijev ali iz industrije.

**Ventil:** Kaj je osnovna dejavnost laboratorija? Katera področja vse pokrivata?

**D. Lovrec:** Glede na naziv bi sprva pomislili, da se v okviru laboratorija ukvarjamo samo s hidravlično krmilno in pogonsko tehniko. Nasprotno, področje delovanja laboratorija je dokaj široko. Znanstvena, strokovna in izobraževalna dejavnost s področja oljne hidravlike in pnevmatike ter pogonov in krmilij vsekakor predstavlja osrednjo dejavnost laboratorija. Razen tega pa se pokrivajo tudi sorodna področja – velik poudarek dajemo tudi vsebinam in aktivnostim s področja vzdrževanja ter ostalim vrstam pogonov in krmilij, ki so v tesni povezavi s hidravlično in pnevmatično pogonsko tehniko, ter zajemanju signalov in njihovi obdelavi kot tudi nadzoru stanj sistemov, ki temelji na zajemanju in obdelavi signalov ali npr. na zagotavljanju zanesljivosti delovanja hidravličnih pogonov in naprav.

Razvojne in aplikativne aktivnosti zajemajo snovanje in aplikacijo enostavnih in namenskih elektrohidravličnih premočrtnih in rotacijskih pogonov. Uporabljamo klasične in sodobne adaptivne regulacijske strukture,



Utrinek z laboratorijskih vaj

primerne za elektrohidravlične oz. elektropnevmatične premočrtne in rotacijske pogone s ciljem povečati njihovo natančnost in dinamiko, npr. regulacija položaja ali sile hidravličnih valjev, regulacija tlaka ali pretoka hidravličnih črpalk, razvoj energetske varčnih konceptov pogona.

En del teh aktivnosti predstavljajo raziskave in aplikacije s težiščem na regulaciji hidravličnih pogonov: razvoj regulacijskih sistemov za regulacijo pozicije, sile, pretoka in tlaka, razvoj in uporaba reguliranih elektrohidravličnih napajalnih pogonov, namenjenih varčevanju energije, razvoj in uporaba hitrostno reguliranih hidravličnih napajalnih pogonov.

Drugi del, ki se mu intenzivneje posvečamo v zadnjem času, pa se nanaša na nadzor stanja in diagnostiko v fluidni tehniki: nadzor stanja in nega hidravličnih tekočin, diagnostika delovanja komponent in sistemov fluidne tehnike, uvajanje termografije in nadzora vibracij na področje fluidne tehnike.

Razen tega se v okviru laboratorija izvaja še dopolnilno izobraževanje na strokovnem in vodstvenem nivoju ter svetovanje in storitvene dejavnosti s področja hidravlične in pnevmatične pogonske tehnike.

**Ventil:** Glede na omenjena strokovna področja, na katerih ste aktivni, verjetno pokrivata tudi pripadajočo pedagoško dejavnost?

**D. Lovrec:** Bolj ali manj to resda drži. Predmeta, ki sta v ozki povezavi z

osnovno strokovno dejavnostjo laboratorija, sta Hidravlika in pnevmatika ter Vzdrževanje hidravličnih in pnevmatičnih sistemov, ki se izvajata na programu strojništva, prvi tudi na programu Mehatronika. Te vsebine se še nadgrajujejo v okviru predmetov Mehatronski krmilni in servosistemi na drugi stopnji bolonjskega študija ter Mehatronski sistemi v fluidni tehniki in pa Proporcionalna in servoventilska tehnika na tretji stopnji.

Ker izhajam s področja mehatronike (Kibernetika in sistemi vodenja), je seveda določen del predmetov tako obarvan. Danes le še redko kje srečamo hidravliko in pnevmatiko v svoji prvinski obliki – povsod so v ozadju električni signali, uporabljajo se načela vodenja teh sistemov, zato danes govorimo o mehatroniki v fluidni tehniki. Časi, v katerih smo o hidravliki še govorili, da je sicer »močna, vendar neumna«, so že zdavnaj minili. Danes velja, da je hidravlika še vedno ostala močna, a je z vse večjo uporabo elektronike, senzorike in informatike postala pametna – tako lahko povsem upravičeno trdimo, da je danes hidravlika »močna in inteligentna«.

Glede na tesno povezanost fluidne tehnike z mehatroniko se pod okriljem laboratorija izvajata tudi predmeta, kot sta npr. Mehatronski sistemi na obdelovalnih strojih in Krmilna tehnika, glede na omenjeno povezanost z vzdrževanjem pa še npr. Vzdrževanje mehatronskih sistemov in Računalniško podprto vzdrževanje.

Vsi omenjeni predmeti se izvajajo v okviru bolonjskih študijskih progra-

mov. Na starem, sedanjem programu, ki se izteka, je bilo teh vsebin nekoliko manj. Blizu nam je tudi tribologija ali vsaj njen del in pa vsekakor tudi zaprtozančni koncepti vodenja, ki se organizacijsko izvajajo v okviru drugega laboratorija. Kot

sem že omenil, se določeni predmeti izvajajo tudi na drugih programih – npr. na Mehatroniki in na Gospodarskem inženirstvu. Lahko bi rekli, da so naše vsebine interdisciplinarne, vsekakor zelo aktualne v današnjem času in z veliko perspektivo v bodočnosti. Tega se zavedajo tudi študenti, saj se z veseljem odločajo za izvajanje študentskih projektov. Takšen primer so študentski projekti na programu Mehatronika, kjer morajo v okviru predpisanega študijskega programa izvesti tudi projektno delo – vsi primeri v našem laboratoriju so vedno praktično naravnani in v tesni povezavi z industrijo.

Zaradi zanimivih vsebin se tudi vedno večje število diplomantov odloča za izbiro tematike svoje diplome s področja vsebin, ki jih pokrivamo. Tudi diplome so vedno praktično naravnane, rešujejo se problemi iz industrije, kar vsekakor daje diplomski nalogi določeno »težo«. Nena zadnje pa to potrjujejo tudi številna priznanja za najboljša diplomska dela, ki so jih dobili naši diplomanti v zadnjih treh letih – zlata diploma Društva vzdrževalcev Slovenije (2 x) ali zlata diploma Slovenskega društva za fluidno tehniko (2 x). Te nagrade potrjujejo dobro delo, obenem pa obvezujejo, da aktivnosti na tem nivoju nadaljujemo.

**Ventil:** Znanstvenoraziskovalno in strokovno delo laboratorija se odraža v že uspešno zaključenih projektih in projektih, ki se trenutno izvajajo. Katerim vsebinam posvečate v zadnjem času največ pozornosti?





*On-line sistem za nadzor stanja hidravlične tekočine z agregatom za ponazoritev mejnih stanj*

**D. Lovrec:** Če se omejim samo na obdobje zadnjih štirih let, potem lahko izpostavim razvoj energetske varčnih, hitrostno reguliranih hidravličnih napajalnih pogonov, ki smo ga izvajali v okviru raziskovalne skupine. Aplikativno vrednost bazičnih raziskav pa smo preverili v okviru aplikativnega projekta za podjetje La & Co – predstavništvo Bosch-Rexroth. Iz tega obdobja bi lahko omenil še raziskave o uvajanju novih tehnologij v proizvodnjo izdelkov fluidne tehnike. Pri tem je šlo za uvajanje postopkov hitre izdelave proizvodov (Rapid prototyping in Rapid manufacturing) na področje fluidne tehnike, od izdelkov, ki spadajo v skupino pribora, kot so npr. električni konektorji, ročice ventilov, ... , pa vse do ventilov, tako tistih s plastičnimi ohišji kot s kovinskimi. V okviru tega projekta je šlo za študij o uporabnosti teh tehnologij v realni proizvodnji in pa pridobitev prvih izkušenj s področja uporabe teh tehnologij. Menimo, da bi z uvajanjem teh tehnologij v bodočnosti morali še nadaljevati, mogoče bolj aktivno kot do sedaj, saj so to tehnologije, ki se jim bo v prihodnosti namenjala vse več pozornosti.

Pozitiven primer razvoja in uporabe teh tehnologij predstavlja razvoj energetske varčne izpihvalne šobe. Razvoj te šobe je odličen prikaz, kako je možno že dolgo znano fizikalno ozadje združiti s sodobnimi izdelovalnimi postopki, pri

čemer je snovanje šobe potekalo ob pomoči sodobnih in zmogljivih simulacijskih orodij – virtualno inženirstvo. Na ta način smo prišli do sicer drobnega izdelka, vendar z ogromno uporabno vrednostjo, saj je uporaben povsod, kjer so potrebne pnevmatične izpihvalne pištole. Energetske varčne šobe pripomore do občutnega prihranka pri porabi izpihanega zraka, ki pokaže svojo učinkovitost še posebej pri nizkih tlakih (pri 2 bar celo do 80 %). Za ta izdelek smo lani dobili tudi nagrado Društva vzdrževalcev Slovenije – zlato plaketo za naj-vzdrževalski izdelek za leto 2008.

V okviru novega raziskovalnega programa, ki poteka v programski skupini Dinamični, Inteligentni in Povezani Tehnološki Sistemi in Naprave – DIP-TSN, se primarno posvečamo razvoju in uporabi on-line sistemov nadzora stanj hidravličnih tekočin in naprav. Zaradi vse višjih cen strojev, ki vsebujejo hidravlično opremo, in upoštevajoč vse strožje zahteve uporabnikov v zvezi s srednjim časom med odpovedmi, so proizvajalci prisiljeni v svoje sisteme vodenja vključevati tudi sistem za nadzor stanja. Še posebej velja to za stroje in naprave, ki morajo obratovati neprekinjeno in zanesljivo na odročnih krajih, daleč stran od vzdrževalnega osebja. Raziskave na tem področju potekajo v dveh smereh: nadzor stanja hidravličnih komponent in nadzor stanja hidravličnih tekočin.

Aplikativno se ta projekt izvaja v sodelovanju s podjetjema OLMA, d. d., iz Ljubljane in IMPOL iz Slov. Bistrice.

Razen te primarne usmeritve v sedanjem obdobju nadaljujemo tudi z ostalimi raziskovalnimi aktivnostmi. Posvečamo se npr. snovanju notranjosti hidravličnih rezervoarjev, pri čemer na osnovi simulacij preverjamo in iščemo najprimernejšo obliko rezervoarja, in pa ukrepom za umirjanje dogajanja v rezervoarju. Prepričani smo, da je rezervoar ključni element dolge življenjske dobe hidravličnega sistema in »mirnega spanja« vzdrževalcev.

Nadaljujemo tudi z aktivnostmi na že omenjenem področju iskanja možnosti ekonomske rabe stisnjene zraka – na podlagi izkušenj, pridobljenih pri razvoju energetske varčne izpihvalne šobe, smo razvili energetske varčni hladilni blok, ki se uporablja za hlajenje izdelkov s stisnjanim zrakom – npr. pihanih izdelkov iz plastičnih mas (kanistrov).

**Ventil:** *Kje izvajate vse te aktivnosti – laboratorijske vaje v okviru pedagoškega procesa in omenjene raziskave?*

**D. Lovrec:** Problematiko prostora sem že na kratko omenil. V iskanju primerne prostora je bilo do sedaj vložene že veliko energije. Kot je znano, je prostorska stiska kar stalna spremljevalka oz. večni problem fakultet. Tudi v tem primeru ni bilo nič drugače – laboratorij je dobil svoje prostore skoraj tri leta po ustanovitvi. Šele od takrat dalje se je dejansko lahko začel prav razvijati. Seveda to niso bili novi prostori – v laboratorijski prostor je bilo potrebno preurediti (50 let staro) stanovanje na sosednji srednji strojni šoli (op.: zaradi prostorske stiske tam gostuje že kar nekaj laboratorijev Fakultete za strojništvo). Preurejanje prostora je bil kar velik zalogaj, saj je zajemalo ureditev celotne infrastrukture, od fizične predelave prostorov, ureditev električnih napeljav, razsvetljave, talnih oblog, zvočne izolacije, preko gradnje centralnega hidravličnega omrežja do ustreznega električnega

napajanja za agregat. Šele nato je prišlo na vrsto opremljanje prostorov z raziskovalno in pedagoško opremo.

Laboratorij je prostorsko zasnovan, urejen in opremljen v skladu s smernicami CETOP-a. S temi smernicami in priporočili se želi doseči nekoliko večja enotnost podajanja vsebin fluidne tehnike v Evropi. Te predvidevajo podajanje predpisanih vsebin, kar vodi do vseevropsko veljavnega certificiranega izobraževanja v t. i. akreditiranih učnih centrih. Ta ideja vsekakor predstavlja velik korak naprej. Pri opremljanju laboratorija smo ji skušali čim bolj slediti. Omenjenim smernicam smo se želeli pri snovanju in opremljanju laboratorija kar najbolj približati.

**Ventil:** *Kot je znano, je opremljanje laboratorija podobno velik problem kot dobiti prostor zanj. Kako ste vi rešili oz. rešujete ta problem?*

**D. Lovrec:** Res je, pravim, da imamo problem, ki mu lahko rečemo: Kje bi bil in od kod bi dobil – prostor in denar. Do opreme smo prišli na zelo različne načine: ali smo jo odslužili z delom, nekaj je imamo časovno (ne)omejeno izposojene, nekaj smo je pridobili tako, da je ostala pri nas po opravljenem raziskovalnem delu za podjetje, nekaj smo je kupili po tržnih cenah in nekaj z večjimi popusti (recimo za fakultete), velik del opreme smo dobili z donacijami. Seveda smo veliko potrebnega dela pri preurejanju laboratorija opravili v lastni režiji ob pomoči izvajalcev iz industrije. Opremo smo tematsko razvrščali glede na omenjena priporočila. Naj na kratko samo omenim prostorsko in tematsko organiziranost laboratorija.

Prvi manjši prostor s sedmimi delovnimi mesti je namenjen spoznavanju osnovnih lastnosti hidravličnih tekočin in njihovi negi: tu se ukvarjamo z merjenjem viskoznosti tekočine kot enega najpomembnejših parametrov, ročno in avtomatsko vzorčimo hidravlične tekočine in ugotavljamo razrede nečistoče, spoznavamo metode in instrumente za hitro ugotavljanje splošnega stanja tekočine in vsebnosti vlage, obravnavamo



*Utrinek iz laboratorija – del opreme, namenjen spoznavanju osnov hidravlike*

vpliv prisotnosti zraka v hidravlični tekočini ter s tem povezano pravilno načrtovanje rezervoarjev, razen izločanja zraka poteka še izločanje vlage oz. vode, ostalih nečistoč in ohlajanje medija. Tu spoznavamo tudi merilno opremo in izvajanje meritev osnovnih veličin v hidravličnih sistemih.

Drugi prostor je namenjen spoznavanju hidravličnih komponent in osnovnih vezij. Uporabljene so realne hidravlične komponente, obratovalne razmere pa čim bolj podobne tistim, ki jih srečujemo v praksi, realni tlaki > 100 bar in realistični pretoki. Na teh delovnih mestih spoznavamo vse hidravlične komponente in osnovne zakone – Pascalov zakon in njegov pomen, pojav izgub in vpliv snovanja ter izvedbe cevovoda nanje, različne izvedbe tlačnih ventilov in njihovo funkcijo, zgradbo, karakteristiko, enako velja za tokovne ventile in potne ventile. Prav tako se lahko v okviru teh vaj izvaja prikaz vpliva najpogostejših napak, ki jih srečamo v praksi, dokumentiranje vezja, ugotavljanje njegove funkcije, prepoznavanje komponent ter iskanje ekvivalentnih, ... Možnosti je veliko. To je samo en del tovrstne opreme, ki jo stalno nadgrajujemo in dograjujemo. Žal je želja in idej veliko več kot možnosti izvedbe. Pri tem se

želimo karseda v veliki meri držati načela »naredi sam«.

S tretjim manjšim prostorom, v katerem izvajamo zahtevne simulacijske raziskave komponent in sklopov, so ti trije manjši prostori povezani v celoto, namenjeno enemu delu »spoznavanju skrivnosti hidravlike«. Vsi ti trije manjši prostori so opremljeni z dokaj obsežnim centralnim tlačnim omrežjem, ki omogoča uporabo treh različno velikih napajalnih tlakov.

Srce laboratorija predstavlja agregatni prostor z instalirano električno močjo 25 kW, ki jo je možno v primeru potrebe povečati na 44 kW. Osrednji del zvočno izoliranega in tudi primerno osvetljenega prostora zavzema 400 l velik hidravlični rezervoar, zgrajen ob upoštevanju ISO-ECO standardov ter izkušenj iz lastnih raziskav. Na rezervoar sta priključeni dve elektromotorski črpalni enoti – prva s frekvenčno reguliranim elektromotorjem in konstantno črpalno ter druga s klasičnim elektromotorjem in nastavlljivo črpalno. Agregat je opremljen z vso potrebno sensoriko in nadzorno-varnostnim sistemom z vgrajeno logiko. Samostojna filtrirno-hladilna enota zaokrožuje pogonski agregat.

V tem prostoru je še tudi manjši agregat, namenjen raziskavam s področja

ugotavljanja mehanizmov spreminjanja hidravličnih tekočin – za pospešeno staranje hidravlične tekočine, njeno utrujanje in simulacijo mejnih stanj. Ta agregat dopolnjuje sistem za on-line spremljanje stanja hidravlične tekočine, opremljen z najsodobnejšimi večveličinskimi senzori in sistemom za zajemanje, obdelavo, ovrednotenje in prikaz rezultatov.

Omenjena oprema je v večini primerov plod domačega znanja. Prostori so v osnovi res bolj ali manj opremljeni, vendar je to nikoli končana zgodba – nenehno kaj dopolnjujemo, predelujemo, dodamo kaj novega v smislu trenutnega projektne delo. Vsa oprema, uporabljena za raziskave in projekte, se uporablja tudi v pedagoške namene. Lahko rečemo, da sledimo svojemu motu: Spoznanja iz projektov in raziskav je potrebno prenesti študentom.

**Ventil:** Do sedaj ste omenjali samo hidravlično opremo. Kaj pa npr. pnevmatika in servotehnika?

**D. Lovrec:** Seveda ima svoj »prostor« v laboratoriju tudi pnevmatika. To je ločen prostor, ki ga trenutno še opremljamo. Prostor je namenjen spoznavanju osnovnih in zahtevnejših pnevmatičnih vezij, elektropnevmatiki in uporabi krmilnikov v pnevmatiki, tu bodo tudi preprosti manipulatorji. Sem spada tudi praktični del strege in montaže, na istih delovnih mestih je mogoče spoznati tudi polprevodniška in relejna krmilja, elektromehanska in ostala krmilja ter podajalne osi. En cel kotiček pa smo namenili problematiki varčevanja z energijo na področju pnevmatike. V tem prostoru je tudi manjša učilnica za 10 do 15 ljudi.

Prostor za servopogone oz. elektrohidravlično in elektropnevmatično servotehniko še zaenkrat manjka. Naša želja je, da tudi za ta tematski sklop najdemo primeren prostor in ga opremimo. Del opreme je že na razpolago, potrebno je le še zgraditi ustrezne pogone.

Predstavljeno opremo po potrebi uporabljamo za raziskovalno delo, del pa za pedagoško delo. V te okvire

pa so vpete tudi vsebine vzdrževanja. Prostori so skratka izkoriščeni večnamensko.

Na prvi pogled mogoče zgleda vse veliko in prostrano, dejansko pa nam glede na vse omenjene aktivnosti in opremo prostora primanjkuje. Pri vsem tem pa je izredno pomembno to, v kakšni meri fakulteta prisluhne potrebam laboratorijev tako pri problematiki prostora kot njihove opreme. Menim, da morata razvoj in prepoznavnost fakultete temeljiti na praktičnem delu študentov, projektno orientiranih praktičnih diplomah ter seveda strokovnem in raziskovalnem delu. Za to sta potrebna prostor in oprema, vse skupaj pa je povezano z velikimi stroški. Sedaj je pri tem svoje dodala še recesija: opremljanje poteka počasneje, kot bi si želeli.

Ena od možnosti za pridobivanje novih sredstev je vsekakor uporaba pedagoške in raziskovalne opreme za izvajanje seminarjev oz. funkcionalnega izobraževanja za podjetja. V tujini se je ta model kar dobro obnesel. Zavedati se namreč moramo, da s postavitvijo in tudi uporabo opreme vsa zgodba še zdaleč ni zaključena. Opremo je namreč potrebno tudi dopolnjevati, obnavljati, posodabljati in vzdrževati, na kar se vse preveč pogosto pozablja in zopet nekaj stane.

**Ventil:** Kako pa se trudite za večjo prepoznavnost laboratorija in njegove dejavnosti doma in v tujini?

**D. Lovrec:** Razen objavljanja dosežkov v okviru raziskovalno-strokovnega in pedagoškega dela, vzgoje mladih kadrov kot diplomantov ali mladih raziskovalcev ne smemo zanemariti še ostalih možnosti. Pomembna je prisotnost v strokovnih krogih. Laboratorij za oljno hidravliko je tako član strokovnega združenja Fluidna tehnika Slovenije – FTS, ki deluje pod okriljem Gospodarske zbornice Slovenije in je tudi član omenjane evropske krovne organizacije za področje fluidne tehnike CETOP (European Fluid Power Committee). Imeti pr(a)ve informacije je danes velikega pomena.

Velikega pomena je tudi posredovanje spoznanj, primerov dobrih praks

vsem, ki se srečujejo s hidravliko in pnevmatiko v okviru svojega vsakodnevnega dela. Zato s prispevki in novicami tesno sodelujemo s strokovno revijo Ventil, ki pokriva enaka področja, kot je dejavnost Laboratorija za oljno hidravliko.

Mogoče smo pa najbolj prepoznavni po bienalnih strokovnih konferencah, poimenovanih Fluidna tehnika. Te se na Fakulteti za strojništvo v Mariboru prirejajo že od leta 1995, zadnje štiri konference pa so bile organizirane v okviru Laboratorija za oljno hidravliko. Temeljni namen konferenc Fluidna tehnika je pospešiti prenos najnovjših raziskovalno-razvojnih dosežkov in spoznanj v vsakodnevno prakso kot tudi predstaviti nove proizvode, storitve in inovativne rešitve z vseh področij tehnike, kjer se uporabljata hidravlika in pnevmatika.

Letošnja konferenca Fluidna tehnika 2009 postavlja nov mejnik, saj prerašča svoje dosedanje okvire: postala je mednarodna konferenca, še bolj prepoznavna med domačimi in tuji strokovnjaki s področja fluidne tehnike.

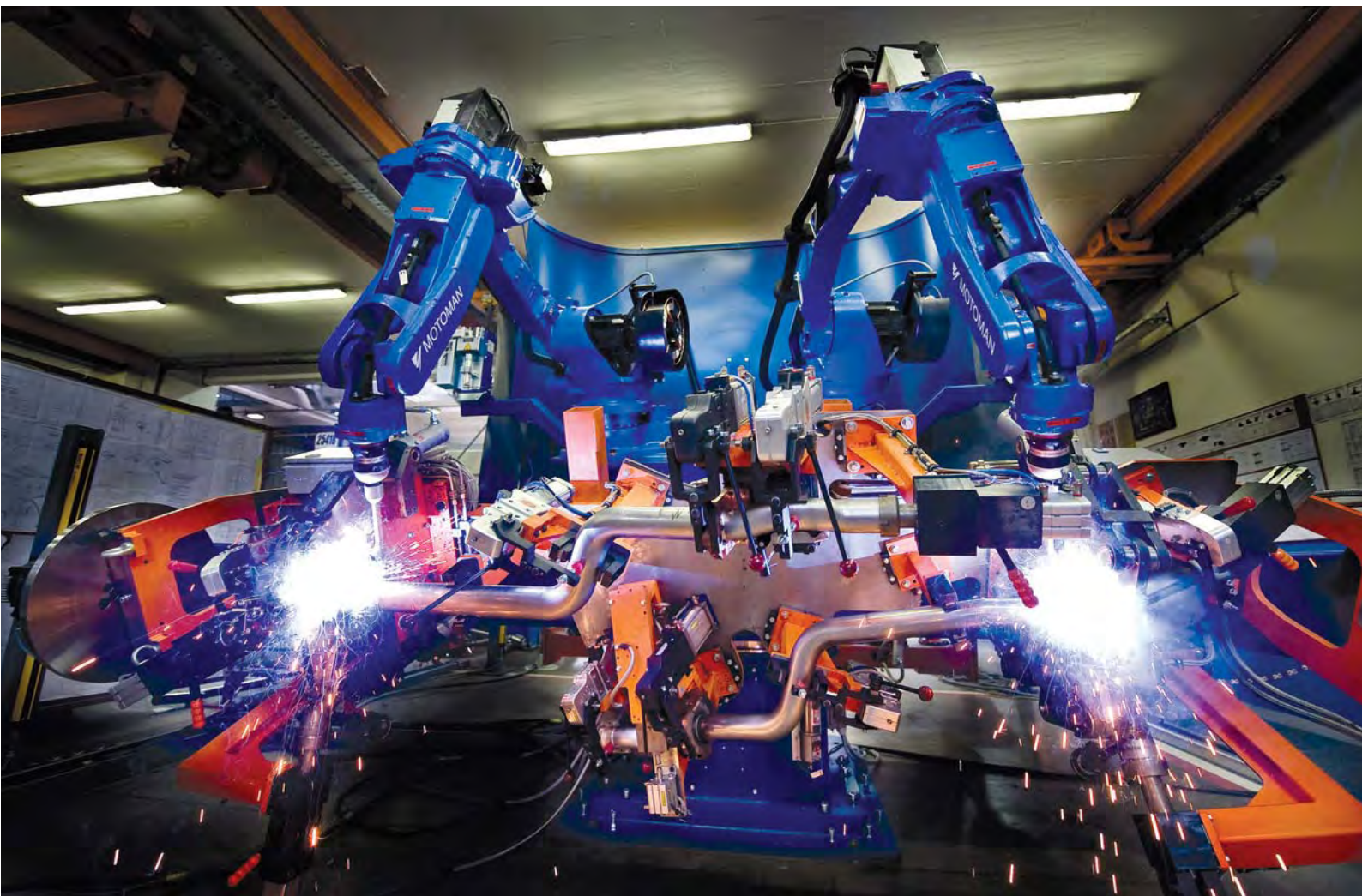
Kaj naj še rečem za konec: načrtov in idej je veliko, dobre volje in zagnanosti pa nam ne manjka. Zato verjamem, da bomo dosegli cilj, ki smo si ga zastavili: postati eden od boljše opremljenih laboratorijev s tega področja v Sloveniji, glede konference pa, da bo ta postala osrednji dogodek branže v tem delu Evrope.

Hvala za Vaše odgovore in uspešno delo tudi v prihodnje.

Uredništvo revije Ventil



# Izboljšajte produktivnost. Avtomatsko.



Izboljšati produktivnost podjetja ne pomeni nič drugega kot narediti več, bolje in v krajšem času. Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

V Motomanu bomo skupaj z vami oblikovali rešitve, prirojene specifikam vaše panoge in podjetja. Zagotovili bomo popolno podporo projekta robotizacije, od planiranja in implementacije do servisiranja in izobraževanja.

**Dvignite pričakovanja, izpolnite vaš potencial.  
Prestopite v svet avtomatizacije!**



**MOTOMAN**

Motoman Slovenija, Lepovče 23, 1310 Ribnica  
T: + 386 (0)1 83 72 410, E: [info@motoman.si](mailto:info@motoman.si)  
[www.motoman.eu](http://www.motoman.eu)

# Optimization of Oil-Hydraulic Cylinders of Large Measurements and High Output Power

Radovan S. PETROVIĆ, Jožef PEZDIRNIK, Nenad TODIĆ

**Abstract:** This paper features research conducted in the area of processing systems and production processes of oil-hydraulic cylinders of large measurements and high power, as specific hydraulic components in the area of fluid transmission of power, especially important in the functioning of hydroenergetic objects. The fundamental basis in the development of oil-hydraulic cylinders of large measurements and high power lies in experimental research and mathematical modelling of non-stationary, highly dynamic hydraulic processes inside the cylinder. Establishing the stability of stipulated quality of vital positions in the set of these products (cylinder tubes and piston rods) is a difficult task for engineers and technologists since these are products with high reliability. High technoeconomic effects in this field are especially pronounced in frequent repair of these products due to the damage of work surfaces following the long years of exploitation. These were sufficient reasons to approach the development of methodologies and software for engineering, simulation and optimization of oil-hydraulic cylinders of large measurements and high power. We would like to express gratitude above all to the Prva Petoletka company – factory PPT-Cilindri AD - Trstenik, Serbia, one of the leading manufacturers of hydraulic cylinders at large, which made additional experimental research possible for us. The conducted research enabled the application of new methods of engineering processing systems and processes located on the production of vital positions of these products (cylinder tubes and piston rods) by the honing procedure as the most efficient way of work surface finishing treatment. Based on the results of experimental research and mathematical modelling and with the development and application of the method for the identification of unknown parameters of the mathematical model, certain vital parameters of hydraulic cylinders of large measurements and high power were determined with sufficient precision. The desired aim, that is to apply new scientific knowledge in this complex area and the basis for high efficiency provided in achieving the desired conformity of product quality (accuracy of measurements and roughness of treated surfaces) was attained.

**Keywords:** Oil-hydraulic cylinder, cylinder tube, piston rod, large measurement, power, experimental research, mathematical modelling, identification methods, optimization methods, hydrodynamics, dynamics

Prof. dr. Radovan S. Petrović, univ. dipl. inž., Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo, University of Kragujevac; Doc. dr. Jožef Pezdirnik, univ. dipl. inž., Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana; Nenad Todić, univ. dipl. inž., Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo, University of Kragujevac

## ■ 1 Introduction

Multidimensional analytical-experimental method allows for simultaneous-parallel research of a greater number of stationary functions, whereas due to the determination to provide research with several aspects of product quality conformity (cylinder tubes and piston rods), the selection of the following stationary functions

was performed:

- $F_1 = K_{TM} [\mu\text{m}]$  - precision quality of work surface measurements,
- $F_2 = K_{CP} [\mu\text{m}]$  - cylindricality quality of work surfaces,
- $F_3 = K_{KP} [\mu\text{m}]$  - circularity quality of work surfaces,
- $F_4 = K_{HP} [\mu\text{m}]$  - roughness quality of work surfaces.

## ■ 2 The choice of possible coordinates of the processing system "input"

The designed deviations of cylindricality and circularity of work surfaces, cylinder tubes and piston rods alike, are defined within limits of engineered deviations of measurement exactness (DcH8, dkf8).

The selected stationary functions are highly significant for all the types of hydraulic cylinders, especially for hydraulic cylinders of large measurements that are built into hydroenergetic objects of great strengths, where any defect in engineered quality of work surfaces leads to direct fall-off in volumetric efficiency of cylinder ( $\eta_v$ ) and disturbance of all other working parameters, above all the speed of movement and power transmission, which can have negative consequences on carrying out its functions.

The most frequent sources of these disturbances are losses of flow through clearances between immobile parts (cylinder tube - cylinder covers) and mobile parts (piston with sealing set and piston rod), through which the hydraulic fluid returns from high pressure zones (chambers) to low pressure zones (chambers), especially when quality defects appear on working surfaces.

Apart from the above mentioned, eliminating quality defects in this type of power objects is utterly complex, rather expensive and especially problematic because of unavoidable and often longer hiatuses at work.

The actual objects of research, especially those complex objects such as the processing system and the production process of large measurement hydraulic cylinders, contain numerous coordinates of "input" - impact factors. For exact and reliable research in such circumstances, it is necessary to include their maximum number, but it is very important to choose significant coordinates while doing so, because only such an approach can secure the obtaining of an actual "picture of the state" of processes and assure avoiding of

possible errors and accompanying consequences.

For such an approach in choosing coordinates, there are neither universal nor generally applicable methods, so the recommendation is to use all the prior information about a researched object from the following sources: own research experience, other researchers' experience, data from literature. One should also strive to select as many important coordinates as possible, and find the right measure since choosing an excessive number leads to greater difficulties in the mathematical processing of results as well as to prolonged and expensive research, which is not rational.

In such an approach, however, there is another instruction of importance that indicates a better solution: in selecting coordinates, it is preferable to take some additional coordinates, even in cases when no prior information exists about their significance of impact on the process, since excluding even one influential coordinate may cause great errors in the description of the process "state".

Therefore, because the objective is exact and reliable research of the processing system with honing finishing treatment process as the most efficient for cylinder tubes and piston rods of large measurements, the choice of the following coordinates of "input" - impact factors were carried out:

- $V_r$  - radial speed of processing,
- $V_a$  - axial speed of processing,
- $P_b$  - whetstone pressure on workpiece,
- $N_b$  - number of honing head whetstones,
- $F_b$  - fineness of honing head whetstones,
- $T_b$  - hardness of honing head whetstones,
- $S_b$  - structure of honing head whetstones,
- $L_b$  - length of honing head whetstones,
- $K_{hp}$  - quality of cooling and lubricating agents,
- $K_{to}$  - quality of previous processing precision,
- $K_{ho}$  - quality of roughness of previous processing surface.

The selection encompasses eleven coordinates of "input" - impact factors, which represent: work modes, tool - honing head characteristics, work conditions characteristics and characteristics of previous processing quality (processing that precedes the honing operation as finishing treatment). Unfortunately, due to technical limitations, it was not possible to include several additional potential "input" coordinates linked with the impact of structure and mechanical characteristics of workpiece material in the research process. Nonetheless, regardless, it is expected that the selection of possible influential coordinates-parameters represent a sufficient guarantee for reliable research of the processing system and hydraulic cylinder processes.

## ■ 3 The structure of the cylinder processing system

The selected set and positions: cylinder tubes and piston rods, relate to oil-hydraulic cylinder measuring  $\phi 420/160 \times 7800$  mm

### • Processing system for cylinder tubes:

- Machine system:
- Machine: Honing machine "WDF" (Fig. 1),
- Workpiece: Cylinder tube  $\Phi 420$  H8 mm (Fig. 2),
- Tools and kit: Honing head  $\Phi 420$  mm (Fig. 4),
- Measuring-control equipment: measuring-control system for the quality of processing precision (Fig. 12) and measuring-control system for the quality of treatment roughness (Fig. 14)
- Treatment process: Finishing treatment of opening by honing.

### • Processing system for piston rods:

- Machine system:
- Machine: Honing machine "WDF" (Fig. 1),
- Workpiece: Piston rod  $\Phi 160$  f8 mm (Fig. 3),
- Tools and kit: Honing head  $\Phi 160$  mm (Fig. 5),
- Measuring-control equipment: measuring-control system for the quality of processing precision (Fig. 13) and measuring-control system for quality of treatment roughness (Fig. 14).
- Treatment process: Finishing treatment by honing.



Figure 1. Honing machine "WDF"

drosystem with pressure adjustment of working fluid by way of cylinder piston - thruster (pos. 6) and whetstone elevator (pos. 3). Whetstones with support (pos. 7) move along the guides (pos. 8) and have the possibility of position adjustment. The working principle of tool (head) for

a separate hydrosystem with pressure adjustment. Whetstones with support (pos. 8) move along the guides (pos. 7) and have the possibility of position adjustment.

#### 4 The selection of measuring-control system

##### 4.1. The measuring-control system for the quality of treatment precision

The measuring-control systems, on the whole, as subsystems of processing systems, have a significant role in technological production processes since treatment and measurement are mutually conditioned and interdependent to such an extent that without their unified coupling, it is practically impossible to make quality products (parts, sets).

Demands from contemporary measuring-control systems are to perform two main tasks:

1. Measuring-control of one or more assigned values and their display on a suitable indicator (analogue or digital display, register-writer, audio or light-up signal panel).
2. Generating signal-information about measuring values in a form suitable for use and various purposes (memorizing and saving, sending to users, results processing, automatic management and control of the the production process).

Of all the structural units of the measuring-control system, especially salient role is held by feed-conversion unit and feed-sensor itself which "perceives" (generates, measures) the measurement value and converts it to a form for transmission and display on the indicator unit.

Among a great number of different types of feed-sensors, pneumatic feeders by installing are particularly of importance which, especially in the combination with electronics, enable the formation of very powerful and increasingly applied measuring-control automated systems. Their great expansion is the consequence of the following metrologic properties:

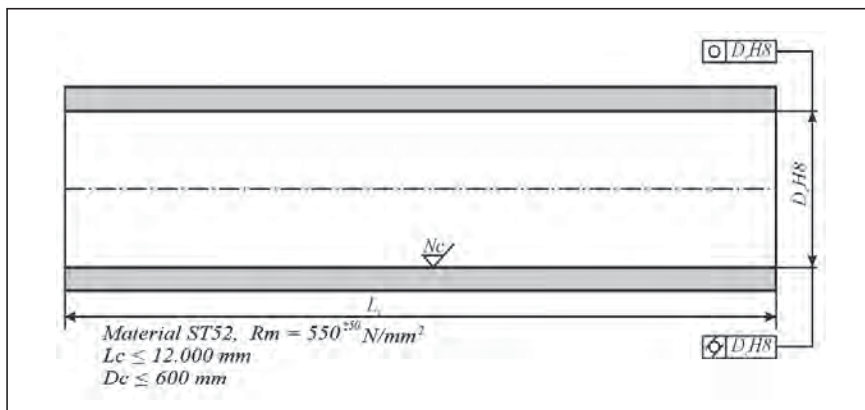


Figure 2. Cylinder tube  $\Phi 420$  H8 mm

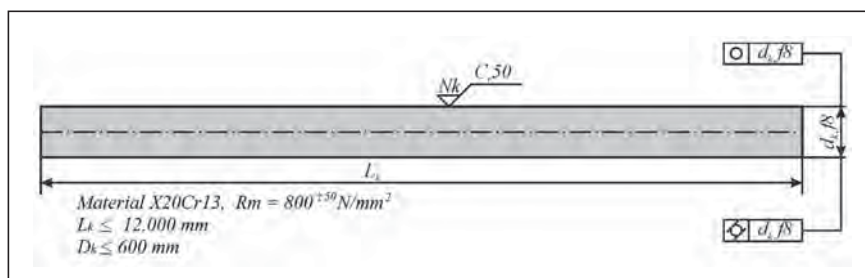
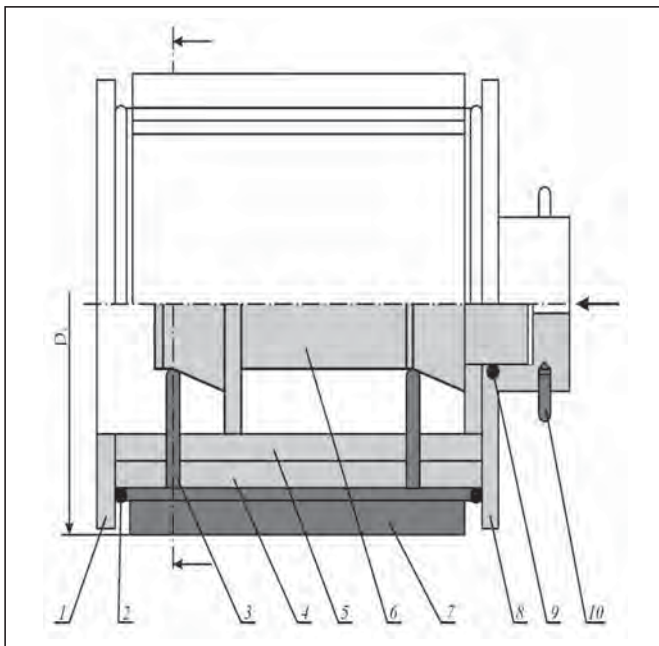


Figure 3. Piston rod  $\Phi 160$  f8 mm

The working principle of tool (head) for treating (honing) cylinder tubes - shows Fig. 4. By way of connectors (pos. 10), the head is joint-linked to the honing machine base so as to adjust freely to the workpiece surface during treatment. Radial speed of treatment ( $V_r$ ) is realized by workpiece (cylinder tube) movement, while the axial speed of treatment ( $V_a$ ) by intermittent axial movement of tool (head). Whetstone pressure on the workpiece surface is realized by a hy-

treating (honing) piston rods shows Fig. 5. By way of support with guide (pos. 1), the tool is linked to the movable machine support (support). Radial speed of treatment ( $V_r$ ) is realized by workpiece (piston rod) movement, while the axial speed of treatment ( $V_a$ ) by intermittent axial movement of support with tool (head). Whetstone pressure on workpiece surface is realized by the chosen number (2 to 6) of hydrocylinders (pos. 4) which are managed by



**Figure 4.** Tools-kit for cylinder tube treatment: 1. Guide, 2. Fuse, 3. Elevators, 4. Whetstone support, 5. Slide, 6. Whetstone thruster, 7. Whetstone with support, 8. Guide with cylinder, 9. Seal, 10. Connector

- Great sensitivity (increasing the measurement characteristic even up to 100.000 times),
- High accuracy of measuring-control up to 0,05 mm,
- Dependability measuring-control (wear and damage are excluded),
- Possibility of measuring-control in hard-to-reach places (deep apertures etc.),
- Possibility of measuring-control at greater distances (distance of feeder and indicator-show even up to 250 m),
- High speed of measuring-control,
- Possibility of measuring-control in circumstances of surrounding vibrations (the system behaves like a high frequency filter),
- Application in facilities where electro signals or any sparks (space with flammable gases) are not allowed,
- Great possibility of automation of processes in systems (selective automatons, reception systems etc.),

The above mentioned metrologic properties of which the majority are advantageous, and some are the only ones allowed, in relation to other conditions of alternative systems

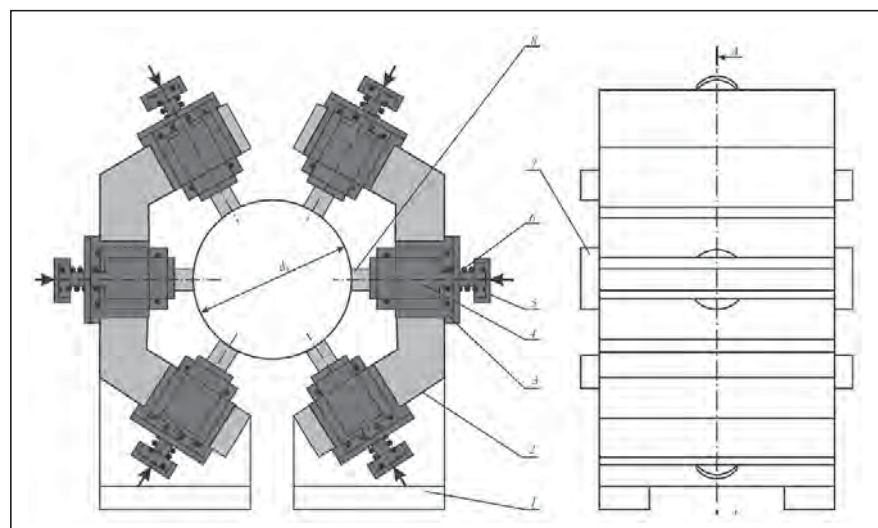
completely justify their increasingly wide application. That is the sufficient reason for one such system to be applied as part of cylinder processing system research.

The principle and essence of the pneumatic feed-sensors functioning is portrayed on the functional scheme Fig. 6.

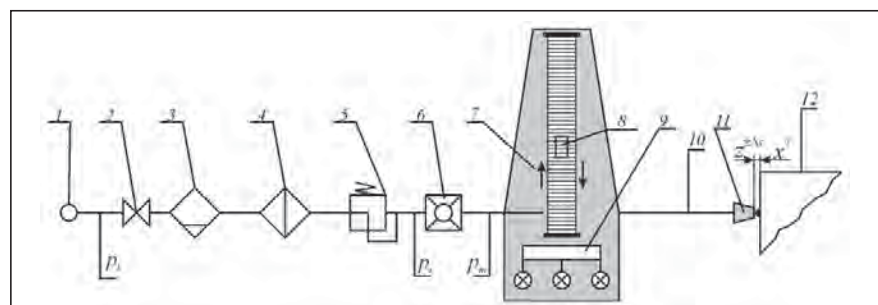
$X^T$  Measuring value with tolerance ( $T$ )  
 $\pm \Delta X$  Measuring value change ( $X^T$ )  
 $Z$  Clearance (Measuring head-Measuring object)

• **The principle of the functioning measuring-control system**

Through the supply connector (1) on the grid and tap (2), pressure air ( $p_K$ ) from the grid is brought into the preparation phase (vapor separation (3), filtration from mechanical impurities (4), pressure reduction (5) - from  $p_K$  to  $p_m = 1,5, bar$ , fine stabilization of pressure (6). Air prepared in such a manner is introduced, by way of supply pipe line, into the measuring-control device (7) with movable changeable scale for diverse scopes of measurement (8) and light-up signal panel (9), then by way of a discharge pipe line (10) to the measuring head



**Figure 5.** Tools-kit for piston rod treatment: 1. Support with guide, 2. Cylinder support, 3. Changeable guide, 4. Hydro-cylinder, 5. Operation limiter, 6. Coil, 7. Whetstone guides, 8. Whetstones with support



**Figure 6.** Functional measuring-control scheme with pneumatic feeder: 1. Air supply from the system, 2. Tap, 3. Moisture separator (vapor), 4. Filter, 5. Pressure regulator, 6. Pressure stabilizer, 7. Measuring device, 8. Measuring scale with float, 9. Signalizing of measuring value, 10. Air pipe line, 11. Measuring head, 12. Measuring object



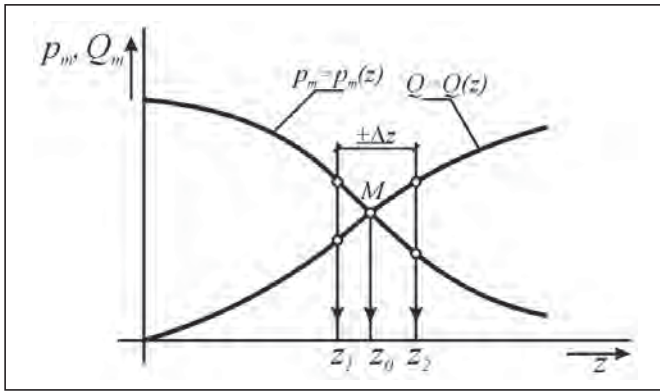


Figure 7. Static characteristics of pneumatic feeder

In this scope, forms of functional dependencies ( $p_m$ ) and ( $Q$ ) minimally (negligibly) diverge from linear form, which is why, by its selection, high linearity of measurement scale of the device is provided.

• **The principle of adjustment (standardizing) the measuring-control system**

For adjusting the measuring-control system, every measurement value ( $X^T$ ) must have standards for lower and upper measurement limit within the assigned tolerance field ( $X$ ).

For defining the characteristics of product (cylinder tubes, piston rods) quality, the principle of system adjustment is shown in Fig.8.

- for cylinder tubes ( $X = 420 H8$ ) – a
- for piston rods ( $X = 160 f8$ ) – b

(11) which is placed along the measuring object at a precisely calculated distance-clearance ( $z$ ). At the exit from the measuring head, in the gap ( $z$ ), a suitable air supply is formed with parameters in accord with equation of continuity and energetic equation of fluid (air) movement.

Every change of measurement value ( $X^T$ ) by  $\pm\Delta X$  leads to a change in value ( $z$ ), which conditions the change of parameters in formed discharged air jet (pressure  $p_m$ , speed  $v$ , flow rate) by the following rule of conversion sequence:

$$X \uparrow \rightarrow Z \downarrow \rightarrow v \downarrow \rightarrow Q \downarrow \rightarrow p_m \uparrow$$

$$X \downarrow \rightarrow Z \uparrow \rightarrow v \uparrow \rightarrow Q \uparrow \rightarrow p_m \downarrow$$

The end result is thus the pressure ( $p_m$ ) change in the jet which is registered by movement of float on measurement scale in the suitable scope.

It is very significant to indicate the designed measurement of clearance ( $z$ ) so as to provide maximum accuracy of read-off on the measurement scale, which is realized by an optimal choice of static characteristics of feeder, as illustrated in the scheme Fig.7.

The greatest accuracy of displaying measurement value ( $X$ ) is provided if the clearance ( $z$ ) measures ( $z_0$ ), which suits the selection of measurement point ( $M$ ) position in the intersection of rule  $p_m = p_m(z)$  and  $Q = Q(z)$ , i.e. in their curve points. Taking into account the fact that often it is not possible to determine precisely this position, the area  $\pm\Delta z$  is recommended in the scope ( $z_1, z_2$ ).

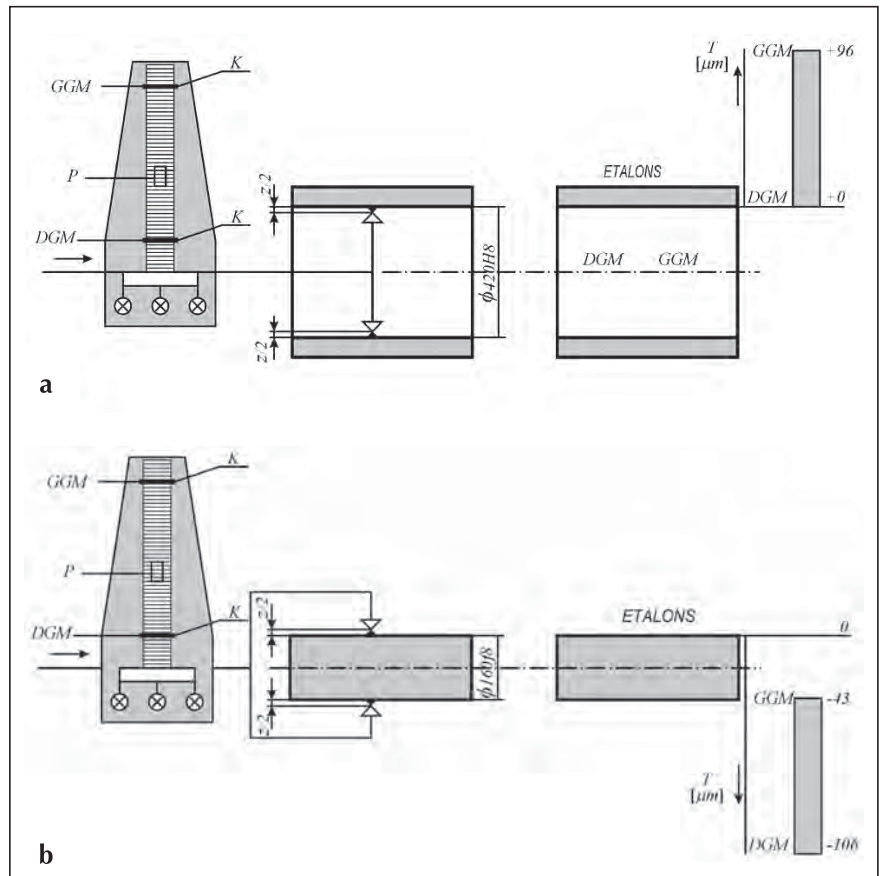


Figure 8. Standardizing measurement values



Figure 9. Appearance of pneumatic device with scale

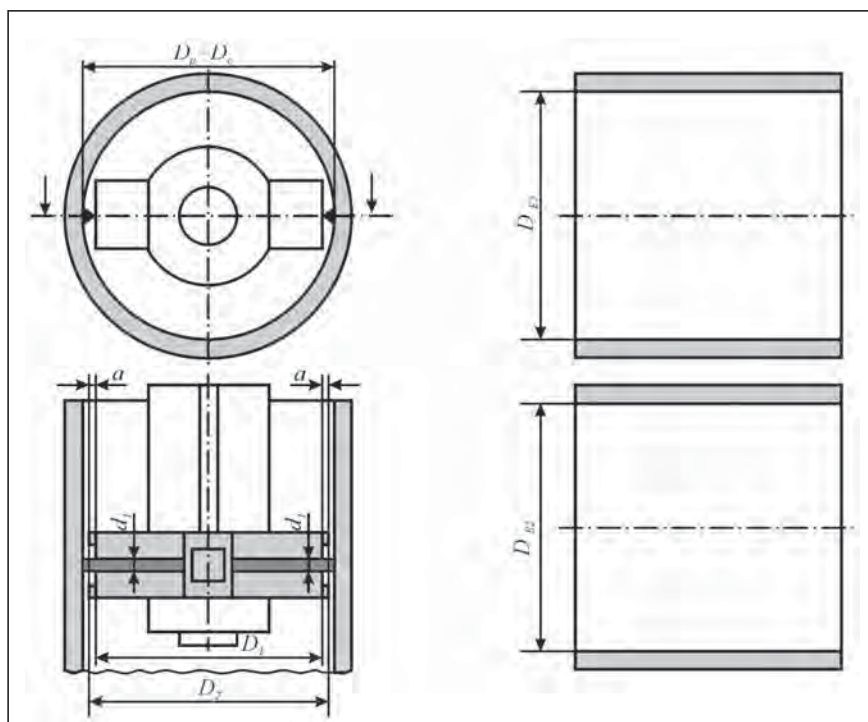


Figure 10. Measurement-control head for cylinder tubes

Standardizing measurement value ( $X$ ) is realized by setting slide ( $K$ ) in the scope of tolerance field ( $T$ ), by way of bringing it to the position on the scale which suits the position of float ( $P$ ) when the device is activated first with one standard (DGM), and then with another standard (GGM).

• The calculation and construction of measuring-control head and standards

– Measuring-control head and standards for cylinder tubes

- Measurement-control head:

Table 1. Measurement-control head

$D_p$ [mm]	$d_1$ H6 [mm]	$a$ [ $\mu$ m]
$3 \leq D_p \leq 5$	1,1	20 - 45
$5 < D_p \leq 10$	1,5	
$10 < D_p \leq 150$	1,9	
$D_p > 150$	2,2	

$D_p = D_c = \phi 420H8$  measurement-control value – cylinder tube diameter

Measurement value  $\phi 420H8$  is matched by measurement scale  
 $\begin{bmatrix} DS & GS \\ -30 & +130 \end{bmatrix}$

$$D_2 = (D_p - X_g) \pm 0,003 = 420 - 0,040 = 419,960 \pm 0,003 \text{ mm}$$

$$D_1 = (D_2 - 2a) \pm 0,003 = 419,960 - 0,080 = 419,880 \pm 0,003 \text{ mm}$$

$$X_g = DS + 10 = 30 + 10 = 40 \mu\text{m}$$

$$a = 20 - 45 \mu\text{m}; \text{ accepted is } a = 40 \mu\text{m}$$

- Standards:

$$D_{E1} = D_p + DGM + X_E = 420 + 0 + 0,005 = 420,005 + 0,005 \text{ mm}$$

$$D_{E2} = D_p + GGM - X_E = 420 + 0,096 - 0,005 = 420,031 - 0,005 \text{ mm}$$

$X_E = 5 \mu\text{m}$  (recommendation) for  
 $D_p = 420H8 \rightarrow DGM = 0,$   
 $GGM = +96 \mu\text{m}$

- Notes:

Measurement scales are produced in several measurement scopes:  
 $(-30, +70)\mu\text{m}; (-30, +130)\mu\text{m};$   
 $(-50, +50)\mu\text{m}; (-130, +30)\mu\text{m};$

The selection is made depending on nominal measurements of measurement value and its tolerance field ( $T$ ).

– Measurement-control head and standards for piston rods

- Measurement-control head:

Table 2. Measurement-control head

$d_p$ [mm]	$d_1$ H6 [mm]	$a$ [ $\mu$ m]
$3 \leq d_p \leq 5$	1,1	20 - 45
$5 < d_p \leq 10$	1,5	
$10 < d_p \leq 150$	1,9	
$d_p > 150$	2,2	

$d_p = d_K = \phi 160f8$  measurement-control value – piston rod diameter

Measurement value  $\phi 160f8$  is matched by measurement scale  
 $\begin{bmatrix} DS & GS \\ -130 & +30 \end{bmatrix}$

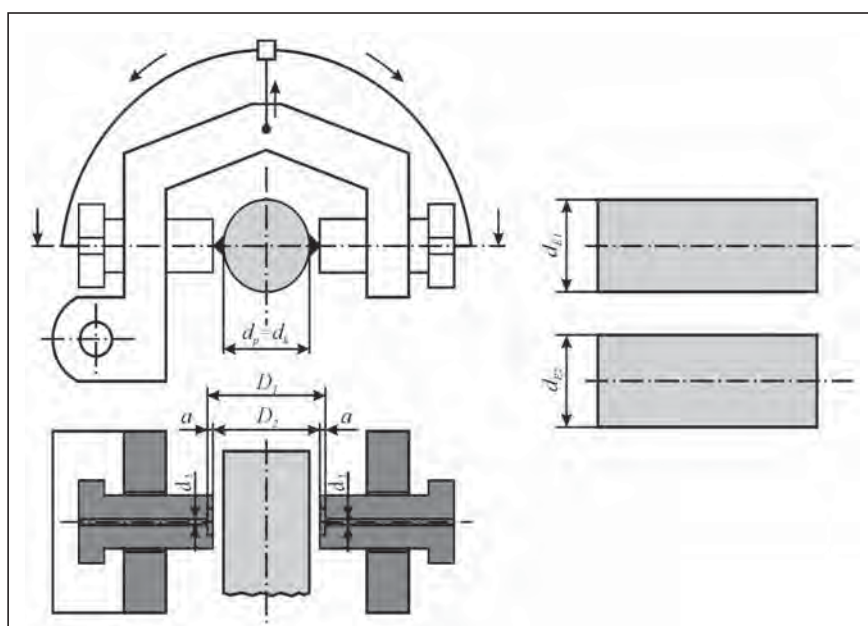


Figure 11. Measurement-control head for piston rods

$$D_2 = (d_p + X_d) \pm 0,003 = 160 + 0,040 = 160,040 \pm 0,003 \text{ mm}$$

$$D_1 = (D_2 + 2a) \pm 0,003 = 160,040 + 0,080 = 160,120 \pm 0,003 \text{ mm}$$

$$X_d = DS + 10 = 30 + 10 = 40 \mu\text{m}$$

$a = 20 - 45 \mu\text{m}$ ; accepted is  $a = 40 \mu\text{m}$

• Standards:

$$d_{E1} = (d_p - DGM + X_E) \pm 0,005 = 160 - 0,106 + 0,005 = 159,899 \pm 0,005 \text{ mm}$$

$$d_{E2} = (d_p - GGM - X_E) \pm 0,005 = 160 - 0,043 - 0,005 = 159,952 \pm 0,005 \text{ mm}$$

$X_E = 5 \mu\text{m}$  (recommendation)

for  $d_p = 160f8 \rightarrow DGM = -106 \mu\text{m}$ ,  $GGM = -43 \mu\text{m}$

### 4.2. Measuring-control system for quality of surface roughness

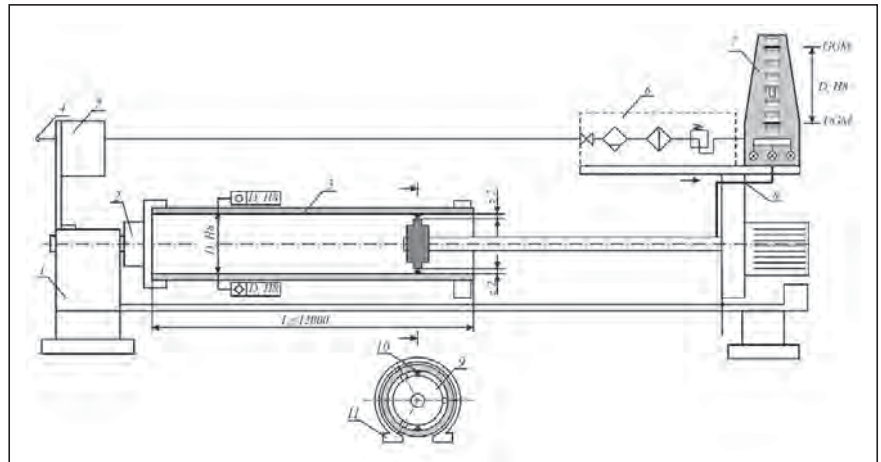
Technical characteristics:

- possibility of measuring:  $R_a, R_q, R_z, R_p, S_m, t_p$
- filtering surface corrugation
- accuracy of measurement read-out:  $0,1 \mu\text{m}$

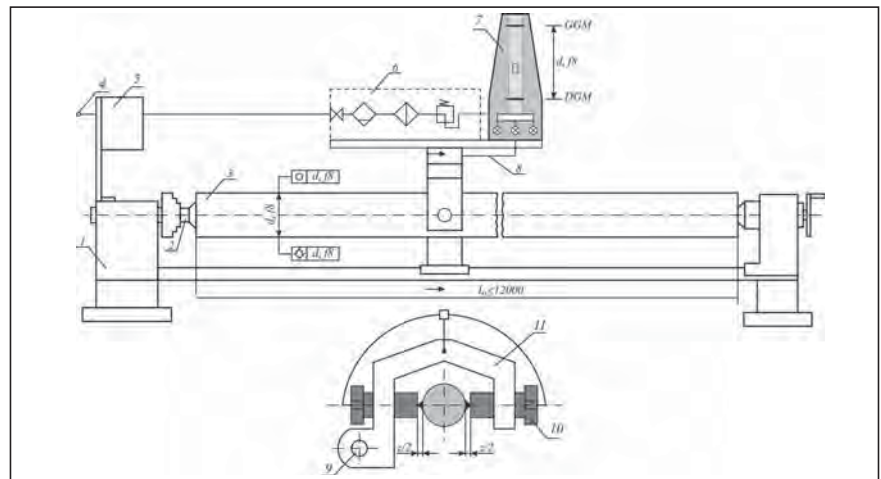
### 5 Conclusion

By way of multidimensional analytical experimental method, it was possible to investigate, the complex inner structure of processing systems and "discover" numerous interactions of impact factors in a secure, reliable and efficient manner. The applied concept of multidimensionality through selecting a significant number of 11 coordinates of "input" - impact factors, made it possible to locate research in the domain of high reality and provided the basis for accuracy and reliability.

The multidimensional matrix [14x12], as the most reliable and efficient, what is more - in complex processes the only possible operator in research, made it possible to efficiently carry out the procedure of investigating the structure by way of an optimal arrangement of measurement points, a minimal number of measurements with maximum information about the "state" in experimental space of the system.



**Figure 12.** Pneumatic measuring-control system for cylinder tubes. 1. Machine, 2. Vice kit, 3. Workpiece (cylinder tube), 4. Air supply, 5. Pipe line adaptor, 6. Air preparation system, 7. Measurement device, 8. Measurement pipe line, 9. Measurement head, 10. Measurement valves, 11. Measurement head adaptor



**Figure 13.** Pneumatic measuring-control system for piston rods. 1. Machine, 2. Vice kit, 3. Workpiece (piston rod), 4. Air supply, 5. Pipe line adaptor, 6. Air preparation system, 7. Measurement device, 8. Measurement pipe line, 9. Measurement head, 10. Measurement valves, 11. Measurement head adaptor



**Figure 14.** Measuring device SURFTEST 401 - 2MITUTOYO<sup>2</sup>

## References

- [1] Petrović, R.: "Mathematical modeling and identification of multicylindrical axial piston pump parameters", PhD Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 1999. (Serbia).
- [2] Jankov, R.: "Development of new generation of ultra fast acquisition and control system ADS 2000", "Science and vehicle", Belgrade, (Serbia).
- [3] Petrović, R., Jankov, R.: "Computer program for mathematical modelling and identification of hydrodynamic processes of a piston radial pump", E25-E28 pp, Third International Conference Heavy Machinery – HM '02, 27-30 october 2002, Kraljevo.
- [4] Petrović, R.: "Systematic research of characteristic parameters of the piston axial pump", poster presentation, III International Fluid Power Conference 5-6 march 2002, Aachen, Germany
- [5] Petrović, R., Todić, N.: "Modeling and Experimental Research of Characteristic Parameters Hydrodynamic Processes of Axial Piston Pumps With Constant Pressure and Variable Flow", 20th International Conference on Hydraulics and Pneumatics, 2008, Prague
- [6] Petrović, R., Todić, N., "Mathematical Modeling and Experimental Verification of Operating Parameters of Vane Pump With Double Effect", International scientific technical conference 2007., Wroclaw

## Optimiranje hidrauličnih valjev velikih dimenzij in izhodnih moči – oljna hidravlika

### Razširjeni povzetek

Kot že naslov ponazarja prispevek obravnava hidraulične valje velikih dimenzij in velikih moči pri izvajanju delovnih gibov na področju oljne pogonsko-krmilne hidravlike. Prispevek se osredotoča na dimenzije valjev in izdelavne parametre, ki jih zmorejo in dosežajo v koncernu Prva Petoletka – Trstenik (PPT) in sicer podjetje oziroma tovarna PPT »Cilindri« A.D. Izdelajo preko 180.000 valjev letno z notranjim premerom do 600 mm in dolžino giba do 12 m. Hidraulične valje velikih dimenzij so doslej izdelovali za tlake do 250 bar, pač v skladu z zahtevami naročnikov, lahko pa izdelajo za tlake do ca 600 bar. Hidraulični valji velikih dimenzij imajo torej že ob običajnih hitrostih gibanja bata velike izhodne moči. Uporabljajo jih predvsem v hidroelektarnah, termoelektarnah (erdap, Kostolac) in rudarstvu (RTB – Bor). Za tovrstne objekte jih je bilo v zadnjem letu večje število poslanih tudi v Rusijo. Članek je orientiran na izdelavo in izvajanje kontrolnih meritev za valje z dimenzijami  $\Phi 420/160 \times 7800$ . V uvodnem poglavju so navedeni osnovni 4 parametri, ki jih je treba upoštevati v fazi izdelave in izvajanja kontrole kvalitete izdelave s poudarkom predvsem na notranjosti cevi valja in batnice. Niso pa zamenjani niti ostali sestavni deli valjev, saj tudi neustrezno statično tesnjenje lahko povzroči nezaželeno, največkrat nesprejemljivo notranje ali zunanje puščanje. Z okoljevarstvenega vidika je zunanje puščanje zelo problematično. Predvsem za izvajanje kontrole kvalitete izdelave je zaželeno izbrati čimveč ustreznih parametrov, vendar pa njihovo prekomerno število otežuje nadzor in še predvsem matematično modeliranje procesa. Prispevek v 2. poglavju podaja 11 parametrov, ki so igrali vlogo v fazah izdelave in izvajanja kontrole kvalitete le-te. Poglavje 3 podaja orodja za izdelavo in kontrolo kvalitete posebej za cev in posebej za batnico oljno-hidrauličnega valja  $\Phi 420/160 \times 7800$ . Podano je opisno in v slikah Fig. 1 do Fig. 5. Poglavje 4 utemeljuje izbiro merilno-kontrolnega sistema ter opisno in v Sliki 6 podaja njegovo zgradbo in funkcijo.

**Ključne besede:** hidraulični valji za oljno hidravliko, cev valja, batnica, velike dimenzije, moč, eksperimentalno raziskovanje, matematično modeliranje, metode optimiranja, hidrodinamika, dinamika,

nadaljevanje s strani 314

### ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition – letni kongres in razstava ASME

13.–19. 11. 2009  
Walt Disney World Swan & Dolphin Hotel  
Lake Buena Vista, Florida, USA

Organizator:

– ASME

Informacije:

– [www.asneconferences.org/congress09](http://www.asneconferences.org/congress09)

nadaljevanje na strani 362



<http://ft.fs.uni-mb.si/>

# Izstopno hitrostno polje in tlačne razlike pri toku fluida skozi disk iz poroznega materiala

Gašper BENEDIK, Brane ŠIROK, Matjaž EBERLINC,  
Primož URBANČIČ, Aljoša MOČNIK

**Izvleček:** Članek obravnava radialni tok fluida skozi disk iz poroznega materiala z odprtocelično strukturo. Analizirane so tlačne razlike, ki nastanejo pri volumskem pretoku zraka skozi disk iz poroznega materiala, in izmerjena odvisnost tlačne razlike od volumskega pretoka zraka, velikosti celic materiala in dimenzij diska. Izmerjeno je hitrostno polje v neposredni bližini izstopne koaksialne površine diska z enokomponentnim anemometrom na vročo žičko. Obravnavano je hitrostno polje v odvisnosti od lokalne strukture materiala, volumskega pretoka zraka in dimenzij diska. Raziskava je namenjena razvoju brezlopaticnega turbinskega stroja, pri katerem je del pretočnega trakta rotorja turbinskega stroja izdelan iz poroznega materiala.

**Ključne besede:** porozen odprtocelični material, kovinska pena, disk, anemometer, tlačna razlika, hitrostno polje

## 1 Uvod

Odprtocelične kovinske pene se v zadnjem času uporabljajo v številnih aplikacijah, kot so toplotni izmenjevalci, ločevalniki vodnih kapljic, umirjevalci zračnega toka, zvočni izolatorji, filtri trdnih delcev itd. [1]. Vzrok za rast uporabe je v ustreznih izdelovalnih tehnologijah, s katerimi je mogoče izdelati cenovno zanimive in mehansko trdne porozne materiale z odprtocelično strukturo. Tipična odprtocelična porozna struktura je prikazana na *sliki 1*, kjer je razvidno, da celico materiala tvorijo pore in

trdna aluminijasta struktura okoli por, ki jo sestavljajo ligamenti trdnine, katerih stene so prehodne in omogočajo pretok. Poroznost odprtocelične strukture  $\varepsilon$  je na integralnem nivoju podana z izrazom:

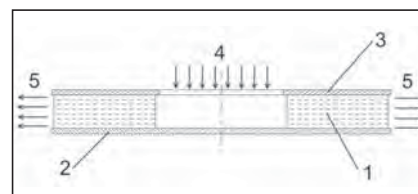
$$\varepsilon = \frac{V_{\text{prazen}}}{V_{\text{celoten}}} = \frac{1 - V_{\text{trdnine}}}{V_{\text{celoten}}} \quad (1)$$

kjer je  $V_{\text{trdnine}}$  prostornina trdne strukture,  $V_{\text{celoten}}$  pa celotna prostornina. Poroznost  $\varepsilon$  vpliva tako na integralne kot tudi na lokalne tokovne razmere v odprtocelični strukturi.

Članek obravnava radialni tok fluida skozi disk iz poroznega materiala z odprtocelično strukturo. *Slika 2* prikazuje obravnavani disk iz poroznega materiala. Porozni material 1 je vstavljen med spodnjo 2 in zgornjo stranico 3 iz neporozne aluminijaste zlitine, tako da je vstopni aksialni tok zraka 4 v disku preusmerjen v radialni tok 5 na izstopu iz diska.

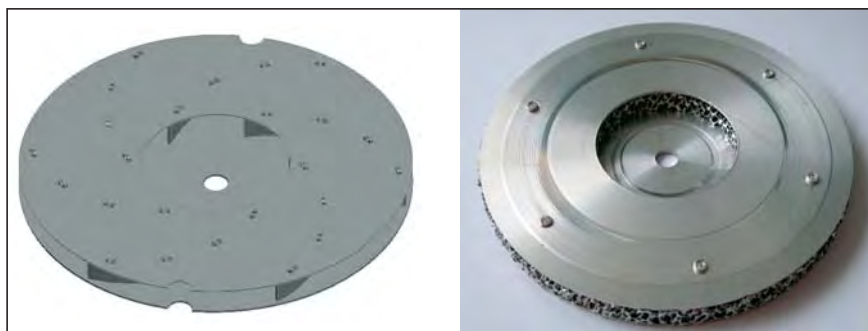


**Slika 1.** Fotografija aluminijastega odprtoceličnega poroznega materiala z 88-odstotno poroznostjo proizvajalca ERG materials



**Slika 2.** Shematski prikaz obravnavanega diska iz poroznega materiala: (1) porozni material, (2) spodnja stranica, (3) zgornja stranica, (4) vstopni aksialni tok, (5) izstopni radialni tok

Gašper Benedik, univ. dipl. inž., Domel d. d., Železniki, prof. dr. Brane Širok, univ. dipl. inž., Matjaž Eberlinc, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Primož Urbančič, univ. dipl. inž., Aljoša Močnik, univ. dipl. inž., Domel d. d., Železniki



Slika 3. Rotor običajnega turbopuhala na levi ter brezlopaticnega rotorja iz poroznega materiala na desni

Prispevek predstavlja del raziskav pri razvoju radialnega rotorja turbopuhala s poroznim pretočnim traktom rotorja, ki je opisan v patentni prijavi P-200800232 [2]. Prenos snovi in povečanje tlaka potekata preko strukture poroznega materiala in ne preko rotirajoče lopaticne kaskade rotorja turbopuhala. Oba tipa rotorja turbopuhala sta prikazana na sliki 3. Prirastek tlaka je predvsem posledica centrifugalnih sil, ki delujejo na fluid pri prehodu skozi rotirajočo porozno strukturo. Zaradi odsotnosti lopaticne kaskade se je možno izogniti slabostim klasičnih rotorjev, kot so vrtnčenje, odlepljanje toka, povratni tok ter tlačni sunki. Izkoristek dobljenega turbokolesa po pričakovanjih dosega podobne vrednosti v širšem območju pretokov, saj ni lopatic z geometrijo, optimizirano za nominalni obratovalni režim [3]. Tokovnice se v opisanem rotorju spreminjajo v odvisnosti od obratovalnega režima, njegova slabost je tlačna izguba v porozni strukturi in s tem padec aerodinamskega izkoristka. Zaradi povečevanja tlačnih izgub s povečevanjem relativnih hitrosti zračnega toka oziroma volumskega pretoka je rotor primeren za obratovanje v območju nižjih volumskih pretokov.

V prispevku se omejimo na študijo vpliva celične porozne strukture na radialni tok zraka skozi mirujoči porozni disk. Analizirana sta zgolj radialni tok skozi perforirano strukturo diska in tlačna razlika med zrakom na vstopu in izstopu iz diska. Raziskane so lastnosti turbulentnega toka v izstopni ravnini neposredno za odprtocelično celularno porozno strukturo.

## 2 Teoretične osnove toka fluida skozi porozen material

Sledi analitični popis toka fluida skozi porozno odprtocelično trdno strukturo pri velikih hitrostih [4–7]. Pretok fluida pri velikih hitrostih popišemo z nadgrajenimi Darcyjevimi enačbami, imenovanimi tudi Forchheimerjeve enačbe, ki jih je možno izpeljati iz Navier-Stokesovih enačb [4]:

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{K} \mathbf{v} + a \cdot |\mathbf{v}| \cdot \mathbf{v} + b \cdot |\mathbf{v}|^2 \mathbf{v} &= \\ = -\nabla p + \mathbf{f} + \lambda \Delta \mathbf{v} & \\ \nabla \mathbf{v} = 0 & \end{aligned} \quad (2)$$

V enačbi 2 predstavlja vektor  $\mathbf{v}$  hitrost,  $p$  tlak,  $\mathbf{f}$  sile (gravitacija, elektromagnetne sile, centrifugalna sila, Coriolisova sila),  $\mu$  dinamično viskoznost, matrika  $K$  prepustnost, matrika  $a$  predstavlja upor,  $b$  imenujemo Forchheimerjev koeficient in je običajno blizu 0, njegov vpliv je možno razbrati eksperimentalno. Če je poroznost materiala  $\varepsilon$  blizu 1 in zahtevana natančnost velika, je smiselna uporaba efektivne viskoznosti  $\lambda$  oziroma Brinkmanovega koeficienta. Za uporabo predstavljene teorije na primeru toka skozi disk lahko efektivno viskoznost  $\lambda$  in Forchheimerjev koeficient  $b$  zanemarimo, kot so naredili avtorji člankov [4–7], ki so raziskovali tok fluida skozi odprtocelične kovinske pene podobne poroznosti. Prav tako v našem delu niso prisotne zunanje sile na fluid  $\mathbf{f}$ . Dobljene poenostavljene enačbe imenujemo Darcy-Forchheimerjev sistem enačb:

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{K} \mathbf{v} + a \cdot |\mathbf{v}| \cdot \mathbf{v} &= -\nabla p \\ \nabla \mathbf{v} = 0 & \end{aligned} \quad (3)$$

Če obravnavamo tokovno polje v homogeni porozni snovi kot enodimenzionalni primer, lahko zapišemo enačbo 3 s koeficientom prepustnosti  $K$ , koeficientom upora  $C$ , dinamično viskoznostjo  $\mu$ , hitrostjo  $v$ , tlačno razliko  $\Delta p$  in dolžino poroznega materiala  $L$ :

$$\frac{\mu}{K} v + \rho \cdot C \cdot v^2 = \frac{\Delta p}{L} \quad (4)$$

Enačba 4 je običajno uporabljena pri oceni tlačne razlike  $\Delta p$  pri pretoku skozi porozno snov dolžine  $L$ . Prepustnost  $K$  in koeficient upora  $C$ , ki je dominanten pri večjih hitrostih fluida, lahko določimo eksperimentalno. Pri obravnavanju koaksialnega toka skozi porozni disk se hitrost  $v$  pri pretoku zaradi povečevanja pretočnega preseka spreminja v odvisnosti od polmera diska  $r$ . Enačbo 5, kjer je hitrost  $v(r)$  izražena z volumskim pretokom  $Q$ , lahko za primer pretoka skozi homogeni disk notranjega premera  $R_1$  in zunanjega premera  $R_2$  in višine  $h$  zapišemo v diferencialni obliki za diferencialni segment diska:

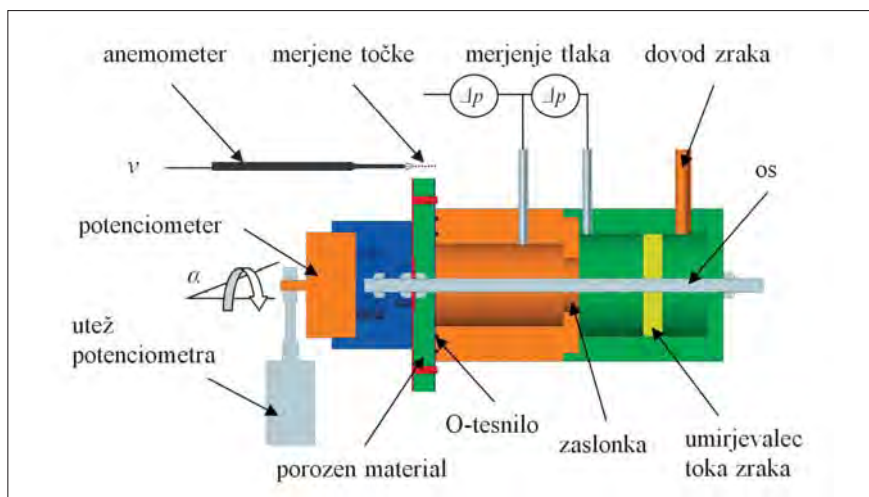
$$\begin{aligned} \frac{dp}{dr} &= \frac{\mu}{K} \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot h} + \\ + \rho \cdot C \cdot \frac{Q^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot h^2} & \end{aligned} \quad (5)$$

in integralni obliki za celoten disk:

$$\begin{aligned} \Delta p(R_1, R_2) &= \int_{R_1}^{R_2} \left( \frac{\mu}{K} \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot h} + \right. \\ \left. + \rho \cdot C \cdot \frac{Q^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot h^2} \right) dr & \end{aligned} \quad (6)$$

## 3 Opis eksperimenta

Predpriprava eksperimenta je obsegala izdelavo modelnih izvedb diskov, merilne naprave, postavitve merilne verige, umerjanje merilne naprave in anemometra na vročo žičko. Izvedba je vključevala meritve tlačnih razlik v odvisnosti od hitrosti zračnega toka skozi različne porozne materiale, različne dimenzije diskov in meritve lokalnih hitrosti na izstopu iz diska z anemometrom na vročo žičko. Vse meritve so bile izvedene v Laborato-



Slika 4. Shema merilne naprave

riju za vodne in turbinske stroje na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani.

Merilna naprava, prikazana na *sliki 4*, je sestavljena iz dovoda komprimiranega zraka, zaslonke nestandardne oblike, dveh merilnikov tlaka, diska iz poroznega materiala ter potenciometra z nastavkom, vgrajenim na prosto se vrtečo os, na kateri je pritrjen disk iz poroznega materiala. Elementi so toga povezani z osjo in maticami. Eden od položajev anemometra med meritvijo je prikazan na *sliki 4*. Hitrosti po obodu diska merimo pri počasni rotaciji diska pri vrtilni frekvenci  $0,1 \text{ s}^{-1}$ , medtem ko je anemometer fiksen. Odkloni smeri radialne in tangencialne hitrosti zaradi rotacije diska so računsko korigirani. Kot zasuka med anemometrom in diskom merimo s potenciometrom, vrednosti tlakov odčitamo z zaslonke tlačnih senzorjev. Tesnjenje med stranico diska in merilno pripravo je izvedeno z dvema O-tesniloma, ostali spoji so bili zatesnjeni s silikonskim kitom.

### 3.1 Izračun pretoka zraka

Pretok zraka smo izračunali na podlagi tlačne razlike na zaslonki nestandardne oblike. Pred pričetkom meritev je bilo potrebno umeriti koeficient nestandardne zaslonke  $k_2$ . Za umerjanje smo namesto poroznega diska na merilno napravo namestili ostrorobo zaslonko standardne oblike [8], premera 20 mm, s koeficientom zaslonke  $k_1$ , skozi katero smo izmerili

volumski pretok. Izračun je bil izveden v skladu s standardom ISO 5167 [8] po naslednji enačbi:

$$Q = k_1 \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{z1}}{\rho_z}} \quad (7)$$

pri čemer je  $\Delta p_{z1}$  korigirana tlačna razlika na zaslonki in  $\rho_z$  gostota zraka, določena glede na zračni tlak, temperaturo in vlažnost. Ker je zaradi konstrukcije merilne naprave volumski pretok skozi standardno zaslonko enak volumskemu pretoku skozi zaslonko nestandardne oblike, lahko izračunamo koeficient zaslonke nestandardne oblike s premerom 30 mm  $k_2$  z vgrajeno osjo v sredini po enačbi 5. Odvisnost koeficienta

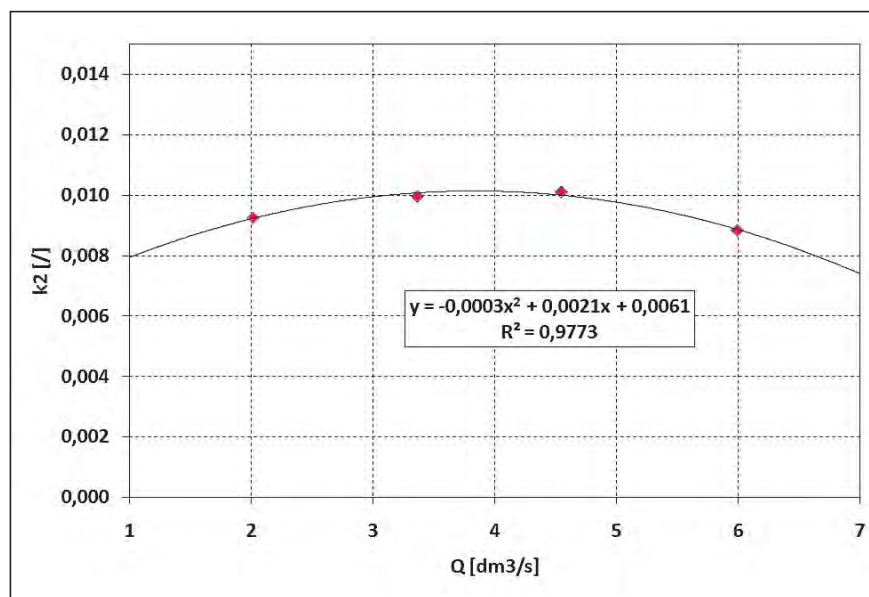
$k_2$  od volumskega pretoka  $Q$  je eksperimentalno določena za območje, v katerem izvajamo meritve, in prikazana na *sliki 5*.

### 3.2 Lokalne meritve hitrostnega polja

Na osnovi predhodnih meritev z dvokomponentnim anemometrom na vročo žičko, ki so pokazale, da je radialna komponenta hitrosti v izstopni koaksialni ravnini diska dominantna, je izbran enokomponentni anemometer. Lokalne meritve hitrostnega polja so izvedene z umerjenim anemometrom na vročo žičko Dantec Mini CTA z enokomponentnim zaznavalom Dantec 55P11. Žička senzorja je debeline  $5 \mu\text{m}$  in dolžine  $1,25 \text{ mm}$ . Frekvenca zajemanja podatkov je  $5 \text{ kHz}$ , čas zajemanja podatkov znaša  $10 \text{ s}$ , pri čemer je opravljen zasuk disk za  $360^\circ$ . Temperatura žičke anemometra je nastavljena na  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ . Oddaljenost med anemometrom in poroznim materialom je  $3 \text{ mm}$ . Meritve in umerjanje so izvedeni v skladu s postopkom, ki ga opisujeta Bruun [9] in Jørgenson [10].

### 3.2 Merilna negotovost

Merilna negotovost merjenja tlačnih razlik se nanaša na merilno negotovost meritve razlike tlakov s tlačnimi zaznavali, meritve temperature, pogojev okolice (temperature, relativne



Slika 5. Izmerjeni koeficienti  $k_2$  zaslonke nestandardne oblike v odvisnosti od volumskega pretoka  $Q$

vlačnosti in barometerskega tlaka) ter napake pri umerjanju zaslonke. Skupna merilna negotovost meritev tlačnih razlik  $\Delta p$  v odvisnosti od pretoka  $Q$  je ocenjena s 3,0 % od dejanske vrednosti. Merilna negotovost meritve hitrostnega polja je odvisna od negotovosti: umerjanja anemometra, merjenja temperature, ki vpliva na točnost umerjanja anemometra, popravka napetosti zaradi spreminjanja temperature od meritve, pogreška aproksimacije, meritve pogojev okolice, končnega časa meritve, nastavljanja lege anemometra in pozicionirnega sistema (pozicionirna miza, potenciometer) ter nastavitve delovne točke. Skupna merilna negotovost meritev hitrostnega polja na izstopu iz poroznega diska pa je ocenjena z 2,8 % od dejanske vrednosti [11]. Glede na to, da se postopki merjenja niso spreminjali, lahko prevzamemo, da so vse meritve v mejah, ki so navedene, in se merilna negotovost na posameznih merilnih zaznavalih ni spreminjala.

#### ■ 4 Rezultati meritev tlačnih razlik na poroznem disku

V poglavju so prikazane meritve tlačnih razlik v odvisnosti od volumskega pretoka štirih diskov iz poroznega materiala. Razlikujejo se v velikosti celic materiala (PPI – uveljavljena oznaka za število por materiala na palec dolžinske enote [7]), v višini turbokolesa  $h$  ter v notranjem premeru diska  $d_{not}$  medtem ko je zunanji premer diska  $d_{zun}$  vedno enak. Parametri diskov so podani v tabeli 1.

Slika 6 prikazuje rezultate meritev tlačnih razlik v odvisnosti od volumskega pretoka pri štirih različnih diskih. Prav tako lahko razberemo, da je tlačna razlika pri pretoku zraka skozi material z manjšo velikostjo celic (40 PPI,  $h = 8,5$  mm  $d_{not} = 47,5$  mm) malenkost večja kot pri pretoku skozi material z večjimi celicami (20 PPI  $h = 8,5$  mm  $d_{not} = 47,5$  mm). Glede na obstoječe raziskave smo pričakovali nekoliko večjo razliko [7]. Z zviševanjem višine diska z 8,5 mm na 12,5 mm zaradi zmanjšanja pretočne hitrosti znižamo tlačno razliko na polovico v skladu z enačbo 6.

**Tabela 1.** Parametri merjenih diskov

Št. diska	$d_{not}$ [mm]	$d_{zun}$ [mm]	$h$ [mm]	PPI	Pora [mm]
disk 1	47,5	125	8,5	40	0,625
disk 2	47,5	125	8,5	20	1,250
disk 3	47,5	125	12,5	40	0,625
disk 4	67,5	125	12,5	40	0,625

Najnižja tlačna razlika je na disku višine 12,5 mm z dodatno povečanim notranjim premerom s 47,6 mm na 67,6 mm. S povečavo notranjega premera se tlačna razlika zniža za polovico. Zaradi nižjih hitrosti zračnega toka v vstopnem ustju postane tok v večjem delu laminaren, kar je razvidno iz majhnega kvadratičnega koeficienta aproksimiranega polinoma [7].

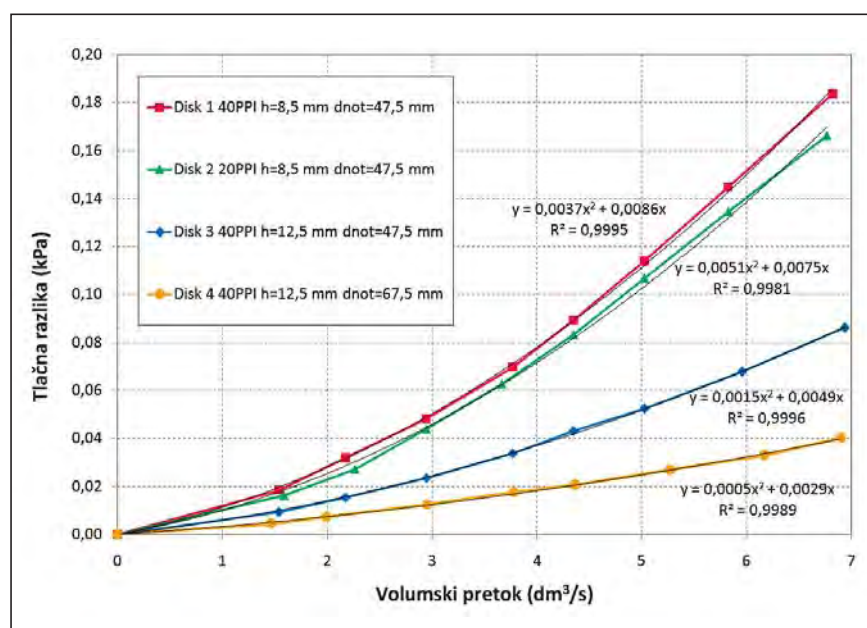
Vse meritve je mogoče dobro aproksimirati v skladu z enačbo 6 s polinomom drugega reda. Linearni člen prevladuje pri majhnih pretokih, ko je tok zraka laminaren, kvadratni člen pa pri turbulentnem toku. Dukhan je prišel do podobnih ugotovitev pri meritvah na podobnem materialu v obliki kvadra [7].

#### ■ 5 Rezultati meritev hitrostnega polja

V tem delu so predstavljene meritve lokalnih hitrosti zračnega toka v oddaljenosti 3 mm od zunanjega oboda diska. Slika 7 predstavlja hitrostno porazdelitev izstopajočega zračnega

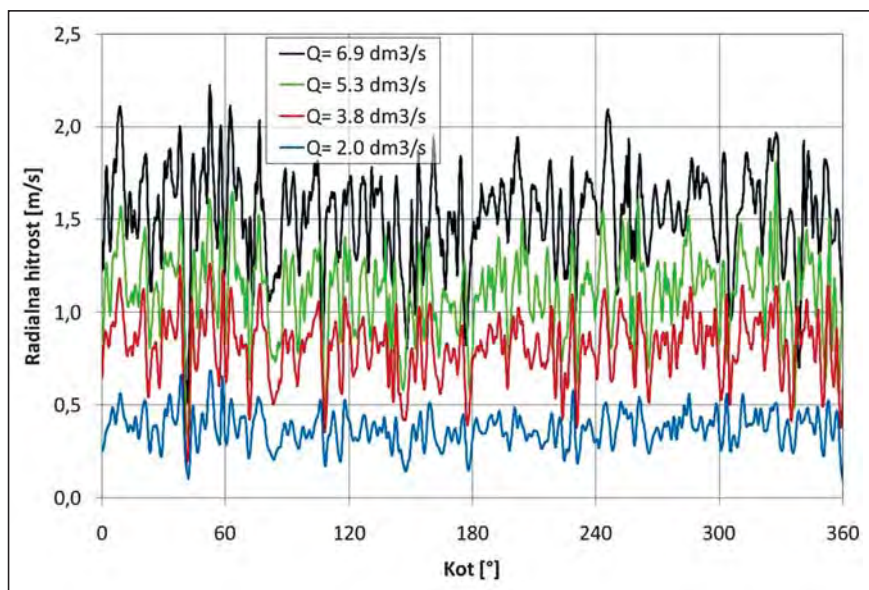
toka v odvisnosti od obodnega kota, ki določa relativni položaj zasuka diska glede na izhodiščni položaj, ter od volumskega pretoka zraka skozi disk. Potek krajevne porazdelitve hitrosti je bil dobljen iz časovnega hitrostnega signala in simultano zajete vrednosti kota zasuka. Pri poljubnem zasučnem kotu je bilo izvedeno časovno povprečenje signala v področju  $\pm 0,5^\circ$  zasučnega kota.

Fluktuacije izstopnih radialnih hitrosti lahko povežemo z obliko porozne odprtocelične strukture diska na izstopni površini diska (slika 7). Lokalna porazdelitev por in ligamentov trdne faze na izstopni površini ter notranje strukture kanalov blizu izstopne površine vplivajo na hitrostne anomalije, ki se odražajo v hitrostnih fluktuacijah. Iz potekov hitrosti je razviden fluktuirajoč stohastični značaj hitrostnega polja. Razvidno je tudi, da se s pretokom povprečna radialna hitrost povečuje, stopnja relativne vrednosti krajevne fluktuacije pa ohranja, kar navaja na homogen značaj turbulentnega polja na izsto-



**Slika 6.** Meritve tlačnih razlik v odvisnosti od volumskega pretoka različnih diskov





**Slika 7.** Časovno povprečne izstopne radialne hitrosti pri različnih volumnskih pretokih  $Q$  po celotnem obodu diska pri višini  $h = 6,25$  mm

pni ravnini diska. Iz diagramov na sliki 7 lahko tudi ocenimo, da mesta lokalnih minimumov in maksimumov hitrosti ostajajo na enakih mestih glede na višino in kot zasuka diska, kar je pričakovano, saj so hitrostne anomalije značilno povezane z lokalnimi lastnostmi porozne strukture. Slika 8 prikazuje povečevanje standardne deviacije radialne hitrosti s povečevanjem volumnskega pretoka  $Q$ . Pri tem pa se, kot je razvidno s slike 8, vrednost fluktuacij radialne hitrosti  $v_{rad}$

$$\chi = \frac{\sigma}{v_{rad}} \quad (8)$$

ki predstavlja lokalno stopnjo turbulence, nekoliko povečuje s povečevanjem radialne hitrosti. Iz tega sledi, da so fluktuacijske lastnosti hitrostnega polja na makroskali osnosimetrične oziroma homogene, kar velja tudi za geometrijske lastnosti odprtočelične porozne strukture.

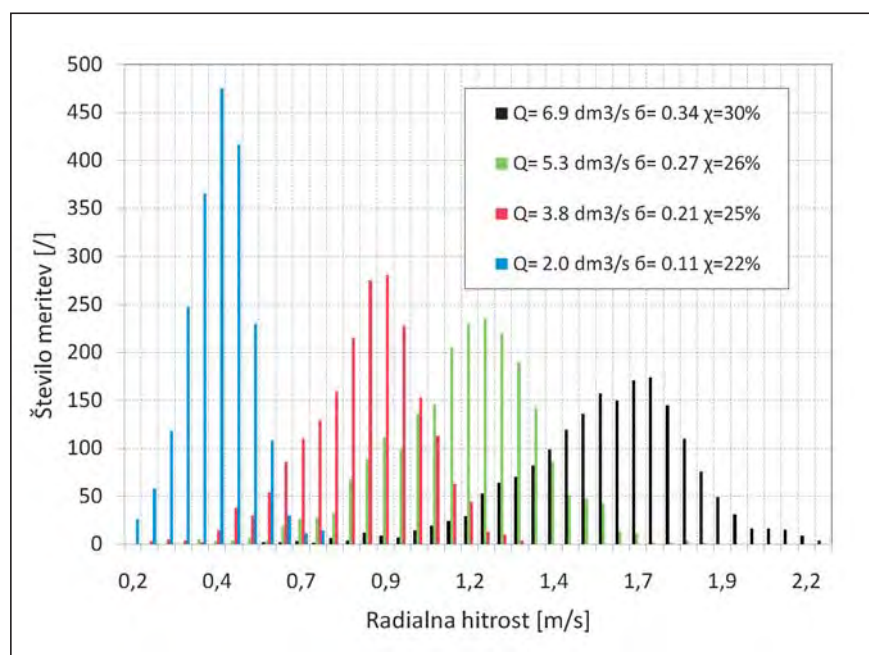
Slika 9 prikazuje radialne hitrosti na izstopu iz poroznega materiala. Razvidno je precejšnje ujemanje področij z višjimi hitrostmi in luknjicami v poroznem materialu. Hitrosti so v bližini stene diska zaradi mejne plasti ustrezno nižje. Odstopanja lahko pripišemo napaki meritve, vplivu strukture poroznega materiala pod površino, ki ni razvidna iz foto-

grafije poroznega materiala, vendar ima tudi vpliv na izstopno hitrostno polje. Prav tako povzroči neujemanje usmerjenost izstopnega curka zraka skozi vsako poro, ki ni popolnoma pravokotna na površino, temveč odvisno od lokalne strukture celičnega materiala. Zaradi meritve na oddaljenosti 3 mm posledično pride do zamika maksimalne hitrosti glede na položaj pore. Izmerjene hitrosti so pričakovano najnižje tik ob zgornji in spodnji steni rotorja (višina  $h = 0$  mm in 12,5 mm).

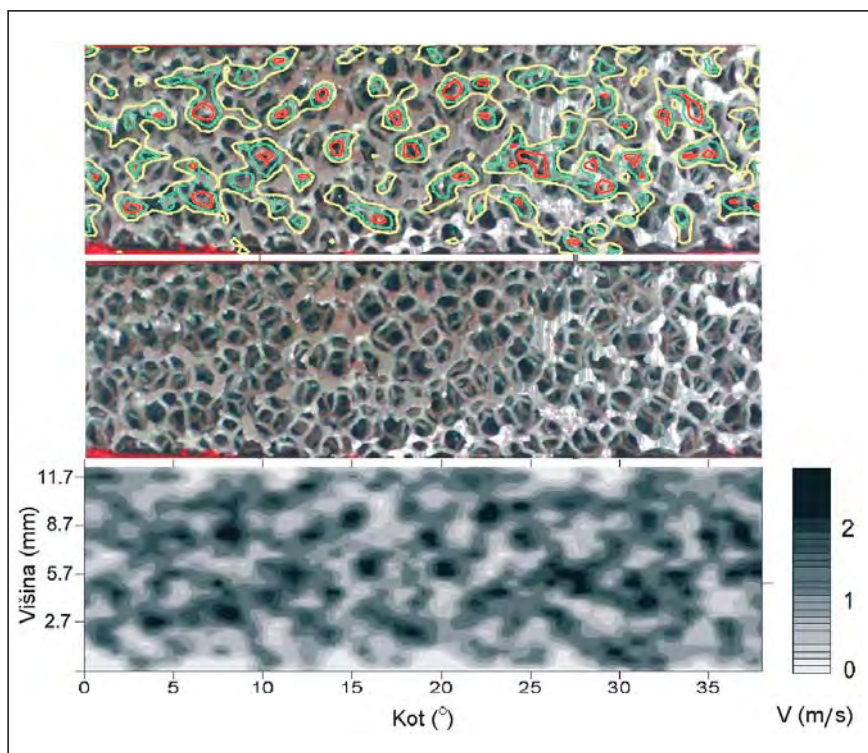
## 6 Zaključek

V članku so bile podane osnove teoretičnega popisa pretoka fluida skozi disk iz odprtočeličnega poroznega materiala. Izdelana in umerjena je bila preizkusna naprava. Izveden je bil eksperiment meritve tlačnih razlik in izstopnega hitrostnega polja zračnega toka. Ugotovili smo, da s povečevanjem višine in vstopnega premera diska izrazito zmanjšamo tlačne razlike pri pretoku zraka skozi disk. Zmanjšanje tlačnih razlik dosežemo tudi z uporabo materiala z večjimi celicami, vendar je ta vpliv v primerjavi s povečanjem višine manj značilen.

Pri analizi hitrostnega polja smo ugotovili pričakovano povezavo med meritvami večjih radialnih hitrosti in porami na površini poroznega materiala. Standardna deviacija radialnih hitrosti se s povečevanjem volumnskega pretoka povečuje. Mesta lokalnih maksimumov in minimumov hitrosti se s povečevanjem volumnskega pretoka ne spreminjajo značilno. Za opazovani odprtočelični porozni material lahko zaključimo, da so fluktuacijske lastnosti hitrostnega polja v izstopni ravnini diska homogene na makroskali. Stopnja turbulence radialne hitrosti je osno simetrična



**Slika 8.** Histogram radialnih hitrosti pri različnih volumnskih pretokih s podanimi krajevnimi standardnimi deviacijami in krajevnimi stopnjami turbulence



**Slika 9.** Grafični prikaz izmerjenih absolutnih hitrosti je prikazan s sivinami na spodnji sliki. V sredini se nahaja posnetek merjenega mesta poroznega materiala. Zgornja slika prikazuje konture višjih hitrosti zračnega toka in posnetek poroznega materiala v ozadju (rumena predstavlja 1,2 m/s, zelena 1,7 m/s in rdeča kontura 2,2 m/s).

na makroskali in se povečuje s povečevanjem volumskega pretoka. Prav tako lahko zaključimo, da ni koherentnih tokovnih struktur, ki bi lahko v primeru uvajanja tehnične rešitve v turbinskih strojih generirale značilne akustične efekte.

Dobljeni rezultati so uporabni za raziskave na novem brezlopatičnem tipu turbostroja iz poroznega materiala, pri katerem prenos energije iz rotorja na fluid poteka preko strukture poroznega materiala in ne preko lopatic rotorja kot pri običajnih turbostrojih.

## Literatura

- [1] Duocel® metal foam (www.ergaerospace.com).
- [2] Širok, B., Benedik, G., Močnik, A.: Rotor centrifugalnega turbostroja, patentna prijava, P-200800232, Ljubljana, 2008.
- [3] Benedik, G., Širok, B., Hočevnar, M.: Študija aerodinamskih karakteristik tubrbopuhal pri gorivnih celicah, Prvi podiplomski seminar, Ljubljana, 2008.
- [4] Vafai, K., Hadim, A., H.: Handbook of porous media, Chapter

- 9: Flow and thermal convection in rotating porous media, Marcel Dekker, New York, 2000.
- [5] Bear, J.: Dynamics of fluids in porous media, American Elsevier Publ., New York, 1972.
- [6] Du Plessis, J. P.: Fluid Transport in Porous Media – Advances in Fluid Mechanics, WIT Press, 1997.
- [7] Dukhan, N.: Correlations for the pressure drop for flow through metal foam, Exp fluids, Detroit, USA, 2006.
- [8] Standard EN ISO 5167-1: 1995, Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten, Fluid, Drosselgerät, Leitung, Kreisquerschnitt, 1995.
- [9] Bruun, H., H.: Hot-wire anemometry – Principles and signal analysis, Oxford university press, New York, 1995.
- [10] Jørgensen, F., E.: How to measure turbulence with hot-wire anemometers, A practical guide, Dantec Dynamics, 2005.
- [11] Eberlinc, M., Širok, B., Hočevnar, M.: Experimental investigation of the interaction of two flows on the axial fan hollow blades by flow visualization and hot-wire anemometry, Experimental thermal and fluid science, vol. 33, issue 5, 2009.



**DOMEL®**  
Ustvarjamo gibanje

## Exit velocity field and pressure differences for fluid flow through porous material

**Abstract:** Article treats radial fluid flow through stationary open cell porous material disc. Pressure differences for airflow through disc and airflow velocity field on exit from disc are analysed. Air flow pressure difference dependency versus air volume flow, cells size and disc dimensions is measured. Measurements of local air flow velocities close to coaxial disc exit surface were performed with one component hot wire anemometer. Air flow velocity field dependency from local material structure and volume flow was analysed. Research is connected with development of bladeless turbo machine, where is a part of turbo machine rotor flow tract made of porous material.

**Key words:** porous open cell material, metal foam, disc, anemometer, pressure difference, velocity field,

# Lokalizacija mobilnega robota z uporabo različnih senzorjev

Luka TESLIĆ, Igor ŠKRJANC, Gregor KLANČAR

**Izvleček:** V članku obravnavamo lokalizacijo mobilnega robota z uporabo različnih senzorjev in globalnega zemljevida okolice. Nabor senzorjev, uporabljen v procesu lokalizacije, vključuje inkrementalne merilnike zasuka, laserski merilnik razdalj in stereo kamero. Algoritem za lokalizacijo, ki sloni na razširjenem Kalmanovem filtru (EKF), je implementiran in testiran na mobilnem robotu Pioneer 3-AT. Predikcija (EKF) lege robota je opravljena s simulacijo kinematičnega modela robota. V primeru uporabe laserskega merilnika razdalj robot zgradi lokalni zemljevid okolja, sestavljen iz daljic, ki se nato primerja z globalnim zemljevidom okolja. Korekcija lege robota je izvršena z minimizacijo razlike med parametri daljic lokalnega zemljevida in parametri daljic globalnega zemljevida, transformiranimi v lokalne koordinate robota. Podoben pristop je uporabljen v primeru stereo kamere, kjer primerjamo značilke, ocenjene na osnovi meritev, ter značilke, shranjene v globalnem zemljevidu.

**Ključne besede:** mobilni robot, senzorji, lokalizacija

## ■ 1 Uvod

Poznavanje točne lokacije mobilnega robota je ključnega pomena za njegovo zanesljivo avtonomno delovanje [1, 5]. Postopek določevanja pozicije imenujemo lokalizacija. Osnovna ideja pri uspešni lokalizaciji je združevanje informacije več senzorjev. Najbolj pogosti senzorji so senzorji pomika (relativna informacija), ki lahko dajejo novo informacijo z relativno visoko frekvenco osveževanja. Lokalizacija le na osnovi teh senzorjev je podvržena akumulaciji vseh pogreškov (šum, zdrs koles, napaka radija kolesa, ...). Zato je potrebno uporabiti tudi senzorje, ki podajajo absolutno informacijo iz okolja (laserski merilniki razdalj, kamere, radarji, ...). Z zaznavanjem okolice in upoštevanjem zemljevida okolice lahko s temi senzorji omejimo napako pri lokalizaciji. Integraci-

Luka Teslić, univ. dipl. inž., prof.  
dr. Igor Škrjanc, univ. dipl. inž.,  
doc. dr. Gregor Klančar, univ.  
dipl. inž.; Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za elektrotehniko

ja senzorjev za namen lokalizacije je izvedena z razširjenim Kalmanovim filtrom (EKF), kjer je predikcija EKF-ja dobljena s simulacijo kinematičnega modela robota. Korekcija EKF-ja pa je izvedena z uporabo omenjenih absolutnih senzorjev tako, da se trenutni senzorski podatki ujema z globalnim zemljevidom okolja.

## ■ 2 Predstavitev sistema

Mobilni robot na *sliki 1* je opremljen z več različnimi senzorji. V postopku lokalizacije trenutno uporabljamo le tri vrste senzorjev: merilnik zasuka (inkrementalni enkoder), laserski merilnik razdalj ter stereo kamero. Merilnik premika podaja zasuk koles glede na prejšnji zasuk. Laserski merilnik izmeri množico razdalj do ovir v prostoru ter kote, pod katerimi so te razdalje izmerjene glede na lego robota. S pomočjo stereo kamere lahko ocenimo 3D-pozicije razpoznanih značilk v prostoru.

Osnovna ideja uporabe omenjenih senzorjev je, da z njihovo pomočjo ocenimo pozicijo robota v prostoru. Z inkrementalnimi enkoderji in po-



**Slika 1.** Mobilni robot, opremljen z različnimi senzorji

znano kinematiko mobilnega robota v grobem ocenimo pozicijo robota v prostoru. Popravke te ocene pozicije pa izvajamo s pomočjo uporabe absolutnih senzorjev (laserski merilnik razdalj in stereo kamera), kjer gre v osnovi za primerjavo meritev in znane zemljevida okolice.

Pri določitvi kinematike mobilnega robota uporabimo model z diferencialnim pogonom, ki je matematično dobro definiran ob predpostavki idealnega kotaljenja. Kinematiko robota s *slike 1* lahko ob določenih

predpostavkah in poenostavitvah predstavimo z diferencialnim pogonom. Model gibanja mobilnega robota je torej podan z

$$\begin{aligned}x(k+1) &= x(k) + \frac{R(k)}{2}(\omega_R(k) + \omega_L(k))\cos\phi(k) \\y(k+1) &= y(k) + \frac{R(k)}{2}(\omega_R(k) + \omega_L(k))\sin\phi(k) \\ \phi(k+1) &= \phi(k) + \frac{R(k)}{L}(\omega_R(k) - \omega_L(k)) \\ R(k+1) &= R(k)\end{aligned}\quad (1)$$

kjer je radij kolesa –  $R$ , razdalja med kolesi –  $L$ ,  $w_R$  je kotna hitrost vrtenja desnega kolesa,  $w_L$  je kotna hitrost vrtenja levega kolesa in  $T$  je čas vzorčenja. Stanja našega sistema so torej lokacija robota v globalnem koordinatnem sistemu ter radij kolesa, ki se v nominalnem modelu ne spreminja, njegova vpeljava [4] bo pojasnjena v nadaljevanju.

Nominalni (brez prisotnosti pogreškov, šumov) opis sistema je podan z nelinearno relacijo  $\mathbf{x}(k) = f(\mathbf{x}(k), \mathbf{u}(k))$ , ker so stanja podana z  $\mathbf{x}(k) = [x(k) \ y(k) \ \phi(k) \ R(k)]^T$  in so vhodi v sistem  $\mathbf{u}(k) = [\omega_R(k) \ \omega_L(k)]^T$ . Seveda pa med delovanjem sistema pravi vektor stanj in vhodov ni poznan, izračunamo lahko le njegovo oceno stanj in povprečne izmerjene vhode (iz enkoderjev)  $\bar{\mathbf{u}}(k)$ .

Videz in opis omenjenih senzorjev podajamo v nadaljevanju.

## 2.1 Merilnik zasuka koles

Inkrementalni merilnik zasuka se na mobilnem robotu primarno uporablja za hitrostno regulacijo, kjer ločeno merimo hitrost vrtenja vsakega kolesa robota. Če integriramo meritve zasuka (odometrija) preko kinematike, podane v (1), lahko ocenimo lego robota. Zaradi šuma in zdrsovanja koles in pristranskosti meritve (napačen podatek o radiju) se nam napaka ocenjene pozicije seveda akumulira.

Uporabljeni merilnik zasuka prikazuje *slika 2*.

Merilnik odlikuje njegova vestransost v smislu možnih načinov delovanja (absolutni enkoder, inkre-



**Slika 2.** Absolutni merilnik zasuka AM512

mentalni enkoder, linearni izhod ali digitalni izhod), kompaktna izvedba, hitrost delovanja (uporaben do 30000 RPM) ter 9-bitna ločljivost meritve kota (resolucija 360°/512).

## 2.2 Laserski merilnik razdalj

Eden od pomembnejših senzorjev na mobilnem robotu je laserski merilnik oz. pregledovalnik razdalj LMS 200 (*slika 3*). Ta senzor izmeri razdalje do objektov v neki ravnini. Območje pogleda ima 180° in v tem območju lahko izmeri razdaljo do predmetov na vsako 1° (oz. 1/2°, 1/4°). Območje merjenja senzorja je od 0,1 m do 80 m pri resoluciji 10 mm – gre torej za zelo zmogljiv senzor.



**Slika 3.** Laserski merilnik razdalj LMS200

## 2.3 Stereo slikovni senzor

Uporabljena stereo kamera Bumblebee2 je prikazana na *sliki 4*. Gre za časovno sinhroniziran par barvnih kamer, kar pomeni, da sliki nastaneta ob istem času. Slednje je predvsem pomembno pri opazovanju gibajočih se predmetov oziroma opazovanju okolice med gibanjem robota.



**Slika 4.** Stereo slikovni senzor Bumblebee2

Resolucija kamere je 640 x 480 slikovnih elementov za levo in desno kamero. Gre za digitalno kamero s protokolom firewire IEEE 1394. Slika kamere je v formatu RAW16 (Bayer filter), kjer sode vrstice vsebujejo rdeče in zeleno komponento slikovnih elementov, lihe pa zeleno in modro. Stereo sliko je potrebno pred uporabo v algoritmih razpoznavanja pretvoriti iz formata RAW16 v polni format RGB za levo in desno kamero, kar storimo s pomočjo algoritma na osnovi interpolacije.

## 3 Lokalizacija mobilnega robota

Za rešitev problema lokalizacije je privzet pristop z razširjenim Kalmanovim filtrom (EKF) ob predpostavki, da robot že ima zgrajen globalni zemljevid okolja. Predikcija lege robota v EKF je izvršena s simulacijo diskretiziranega modela (1), ki ima na vhodu meritvi kotne hitrosti vrtenja koles robota ( $w_R$  in  $w_L$ ). Meritvi sta moteni s šumom, kar lahko modeliramo z

$$\omega(k) = \bar{\omega}(k) + \bar{\omega}(k)w_m(k) + w_a(k) \quad (2)$$

kjer je  $w_m(k)$  multiplikativna komponenta prispevka šuma (zdrsovanje koles) in  $w_a(k)$  aditivna komponenta (pristranskost meritve, pristranskost osi, napačen podatek o radiju, ...). Šuma sta pri merjenju kotne hitrosti z enkoderjem na obeh kolesih statistično neodvisna. Predpostavimo, da imata normalno porazdelitev z ničelnim povprečjem.

Nadalje pa vpeljimo še možnost spreminjanja radija kolesa (predpostavka naključne hoje), s katerim opišemo neraven teren in različne obremenitve

$$R(k) = \hat{R}(k|k) + Tw_R(k) \quad (3)$$

kjer je  $\hat{R}(k|k)$  trenutna ocena radija kolesa in  $w_R(k)$  šum radija koles.

Iz ocenjenih poznanih stanj  $\hat{\mathbf{x}}(k|k)$  v trenutku  $k$  ( $t = kT$ ) in izmerjenih vhodov  $\bar{\mathbf{u}}(k)$  lahko na osnovi modela sistema (1) določimo predikcijo stanj za časovni trenutek  $k+1$

$$\hat{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}(k|k), \bar{\mathbf{u}}(k)) \quad (4)$$

### 3.1 Lokalizacija z laserskim merilnikom

Za potrebe lokalizacije mora biti najprej zgrajen lokalni zemljevid okolja. Ta je podan z bazo parametrov daljic, ki opišejo tloris opazovanega prostora. Tukaj je predpostavljeno, da robot pozna globalni zemljevid okolja, sestavljen iz množice daljic, ki so opisane z robnimi točkami in parametri normalne enačbe premice glede na globalne koordinate.

Laserski senzor oddaljenosti v vsakem časovnem koraku vrne množico razdalj  $d_s = [d_{s_0^\circ}, \dots, d_{s_{180^\circ}}]$  do ovir (npr. stena) pri kotih  $\theta_s = [0^\circ, \dots, 180^\circ]$ . Šum laserskega merilnika modeliramo z naslednjim modelom

$$d_i(k) = \bar{d}_i(k) + \frac{\bar{d}_i(k)}{d_{\max}} N(0, \sigma) \quad (5)$$

kjer je  $\bar{d}_i(k)$  dejanska vrednost izmerjene razdalje,  $N(0, \sigma)$  pomeni normalno porazdeljen šum z ničelnim povprečjem in variance  $\sigma$ ,  $i$  pa predstavlja indeks meritve, ki ustreza kotu meritve ( $i = 1, \dots, 180$ ). Če je razdalja  $d_i$  velika, je vpliv šuma sorazmerno večji.

Za potrebe lokalizacije mora biti najprej zgrajen lokalni zemljevid okolja, ki ga določimo iz trenutnih meritev laserskega sensorja. Vse zaporedne točke laserskega posnetka, pri katerih je prišlo do odboja, so

$$\begin{aligned} x_L &= d_s \cos \theta_s \\ y_L &= d_s \sin \theta_s \end{aligned} \quad (6)$$

Vse točke začetnega roja so razdeljene v več rojev, če je razdalja med dvema zaporednima točkama večja

od praga. Končno je vsak roj reduciran v zaporedje daljic z algoritmom razdeli in zlij [1], ki ga lahko povzamemo v petih korakih:

1. korak: Roj  $S_i$  je sestavljen iz  $N$  točk. Vstavitev  $S_i$  v seznam  $L$ .
2. korak: Izračun parametrov premice za naslednji roj  $S_i$  iz seznama  $L$ .
3. korak: Določitev točke  $P$  z največjo razdaljo  $d_p$  od premice.
4. korak: Če je  $d_p$  manj kot prag, nadaljevanje (na korak 2).
5. korak: Sicer razdelitev  $S_i$  pri  $P$  v  $S_{i,1}$  in  $S_{i,2}$ , zamenjava  $S_i$  v  $L$  z  $S_{i,1}$  in  $S_{i,2}$ , nadaljevanje (na korak 2).

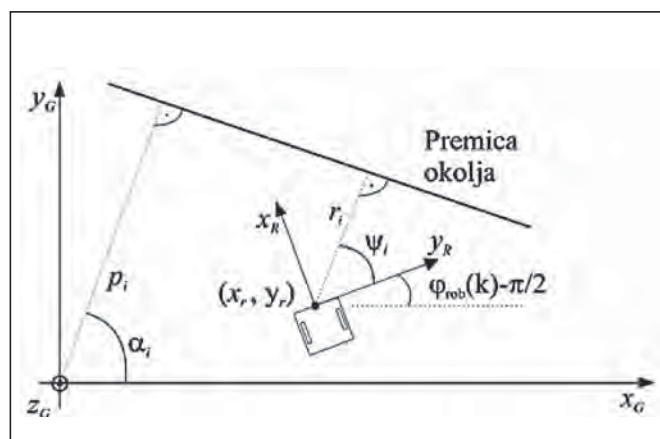
Z omenjenim algoritmom določimo parametre premic, ki opišejo trenutni laserski posnetek okolja. Parametri premic so podani v normalni obliki. Daljice vseh rojev  $S_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) so združene v lokalni zemljevid  $S$  in so opisane z robnimi točkami in parametri  $y_i$  in  $r_i$  normalne enačbe premice glede na koordinate robota (slika 5)

$$x_L \cos \psi_i + y_L \sin \psi_i = r_i \quad (7)$$

Tukaj predpostavimo, da robot pozna globalni zemljevid okolja  $G$ , sestavljen iz množice daljic, ki so opisane z robnimi točkami in parametri normalne enačbe premice  $a_i$  in  $p_i$  glede na globalne koordinate

$$x_G \cos \psi_i + y_G \sin \psi_i = p_i \quad (8)$$

Ko je lokalni zemljevid  $S$  zgrajen, je potrebno poiskati daljice  $G_i$  iz globalne mape  $G$ , ki pripadajo istim



Slika 5. Parametri premic ( $p_i, a_i$ ) glede na globalne koordinate in parametri premic ( $r_i, \psi_i$ ) glede na koordinate robota

daljicam v okolju (npr. stena) kot daljice  $S_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) z lokalnega zemljevida  $S$ . Strategijo za iskanje parov lahko najdemo v [3]. Če je lega robota poznana, lahko parametre  $a_i$  in  $p_i$  daljic  $G_i$  v globalni mapi (glede na globalne koordinate) transformiramo v parametre  $y_i$  in  $r_i$  (glede na koordinate robota).

### 3.2 Lokalizacija s stereo vidom

Podobno kot za merilnik razdalj nakažimo še postopek korekcije z meritvami na osnovi strojnega vida s stereo kamerama.

Pri lokalizaciji s stereo kamero gre za iskanje v literaturi uveljavljenih značilk SIFT (Scale Invariant Feature Transforms), ki so zaradi neodvisnosti od osvetljenosti, povečave in rotacije slike zelo primerne za lokalizacijo mobilnega robota. Dober primer lokalizacije s pomočjo stereo vida lahko najdemo v [1]. Izhod meritve stereo kamer je pozicija značilk v prostoru, podana z

$$\mathbf{z}_v(k) = \begin{bmatrix} z_{v_x}(k) \\ z_{v_y}(k) \\ z_{v_z}(k) \end{bmatrix} = \frac{I}{d} \begin{bmatrix} c - u_0 \\ v_0 - r \\ f \end{bmatrix} \quad (9)$$

kjer sta  $c$  in  $r$  horizontalna in vertikalna koordinata slikovnega elementa na desni kameri,  $u_0, v_0$  podajata središče slike,  $I$  je razdalja med kamerama,  $f$  je goriščna razdalja in  $d = c_l - c_d$  je dispariteta (razlika horizontalnih komponent slikovnih elementov leve in desne kamere, ki pripadata isti točki v prostoru). Za vhodne spremenljivke ( $c, r, d$ ) predpostavimo normalno porazdelitev šuma s standardnimi deviacijami  $s_c, s_r$  in  $s_d = 2s_c$ . Kovariančna matrika meritve na osnovi modela (9) je podana z

$$\hat{\mathbf{O}}_z(k) = M \begin{bmatrix} \sigma_c^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_r^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_d^2 \end{bmatrix} M^T \quad (10)$$

kjer je  $M = \frac{\partial \mathbf{z}_v(k)}{\partial \mathbf{w}}$  in  $\mathbf{w} = [c \ r \ d]^T$ .

Ob vsaki meritvi s stereo kamerami torej izračunamo značilke SIFT in jim z relacijo (9) določimo pozicijo v koordinatnem sistemu robota. Najdenim značilkam poiščemo pare z globalnega zemljevida. S pomočjo poznanih globalnih pozicij značilk z globalnega zemljevida in ocenjenih pozicij teh istih značilk na osnovi meritev lahko ocenimo oz. izboljšamo lego robota z uporabo Kalmanovega filtra.

## ■ 4 Integracija informacij senzorjev

Združevanje informacij predstavljenih senzorjev opravimo z razširjenim Kalmanovim filtrom, kjer sta predikcijski in korekcijski del prikazana v nadaljevanju.

### 4.1 Predikcijski del Kalmanovega filtra

Iz ocenjenih vrednosti stanj in kovariančnih matrik šumov naredimo njihove predikcije. Predikcijo stanj izračunamo na osnovi nelinearnega kinematičnega modela

$$\hat{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}(k|k), \mathbf{u}(k))$$

Predikcijo kovariančne matrike pogreškov stanj (merilo ocenjene točnosti ocene stanj) pa z

$$\mathbf{P}(k+1|k) = \mathbf{F}(k)\mathbf{P}(k|k)\mathbf{F}^T(k) + \mathbf{G}(k)\hat{\mathbf{O}}(k)\mathbf{G}^T(k)$$

### 4.2 Korekcijski del Kalmanovega filtra

Namen korekcije je izboljšati predikcijsko oceno stanj sistema, dobljeno v prejšnjem računskem koraku. Korekcijo lahko izvedemo šele tedaj, ko imamo podatek o meritvi  $\mathbf{z}_v(k)$  (iz laserskega merilnika oziroma stereo kamere). Za izračun inovacije, ki predstavlja bistven del korekcije, moramo izmerjenim značilkam najti pare na globalnem zemljevidu

značilk. Da lahko določimo inovacijo oz. residual, najprej pretvorimo globalni marker oz. značilko (parametri daljic v primeru laserskega senzorja ali pozicija značilke SIFT v primeru stereo kamere z globalnega zemljevida)  $\mathbf{b}_p$ , ki se ujema z meritvijo  $\mathbf{z}_v(k)$ , v koordinatni sistem robota. Transformirano globalno značilko označimo z  $\hat{\mathbf{z}}_v = [\hat{z}_{vx} \ \hat{z}_{vy}]^T$ .

Korekcijo stanj robota nato izračunamo z

$$\hat{\mathbf{x}}(k|k) = \hat{\mathbf{x}}(k|k-1) + \mathbf{W}(k)[\mathbf{z}_v(k) - \hat{\mathbf{z}}_v]$$

in kovariančne matrike

$$\mathbf{P}(k|k) = \mathbf{P}(k|k-1) - \mathbf{W}(k)\mathbf{S}(k)\mathbf{W}(k)^T$$

kjer je

$$\mathbf{W}(k) = \mathbf{P}(k|k-1)\mathbf{H}^T(k)\mathbf{S}^{-1}(k)$$

matrika ojačanja filtra,  $[\mathbf{z}_v(k) - \hat{\mathbf{z}}_v]$  je residual meritve oz. inovacija,  $\mathbf{S}(k) = \mathbf{H}(k)\mathbf{P}(k|k-1)\mathbf{H}^T(k) + \hat{\mathbf{O}}_z(k)$  je kovariančna matrika inovacije (residuala meritve) in  $\mathbf{H}(k)$  je matrika, ki preslika stanja sistema v prostor meritev (observacij), podana z

$$\mathbf{H}(k) = \partial \hat{\mathbf{z}}_v / \partial \hat{\mathbf{x}}(k|k-1)$$

## ■ 5 Zaključek

V prispevku smo prikazali uporabo Kalmanovega filtra pri lokalizaciji mobilnega robota. Pristop je primeren pri lokalizaciji mobilnega robota s pomočjo zaznamkov različnih senzorjev, kjer gre za združevanje informacij več senzorjev. Prikazani pristop smo tudi ovrednotili z različnimi simulacijami.

Ponavadi je informacija enkoderjev pogostejše na voljo kot pa informacija senzorjev, ki jih potrebujemo za korekcijo. V tem primeru v regulacijski zanki izvajamo predikcijo vsak časovni vzorec, korekcijo pa le takrat, ko imamo novo informacijo iz absolutnega senzorja. Ko izvajamo samo predikcijo, vzamemo za korekcijsko oceno vrednosti stanj in kovariančne matrike, dobljene na osnovi predikcije. Če imamo več absolutnih senzorjev, s katerimi želimo izvesti lokalizacijo, naredimo korekcijo za vsak senzor posebej.

Predstavljeni problem obravnava lokalizacijo, kjer moramo imeti že vnaprej pripravljen zemljevid značilk. Če zemljevida nimamo, je potrebno uporabiti algoritme SLAM, ki so v osnovi podobni (a kompleksnejši) predstavljenemu pristopu lokalizacije. Filter ima še dodatna stanja – pozicije značilk v prostoru (z gradnjo zemljevida se število stanj povečuje), ki jih, ko jih zaznamo prvič, dodajamo, v naslednjih iteracijah pa korigiramo (zmanjšujemo varianco za ta stanja) in tako gradimo zemljevid.

## Reference

- [1] S. Se, D. L. J. Little, Mobile robot localisation and mapping with uncertainty using scale-invariant visual landmarks, "The International Journal of Robotics Research", vol. 21, no. 8, str. 735–758, 2002.
- [2] V. Nguyen, A comparison of line extraction algorithms using 2d laser rangefinder for indoor mobile robotics, "Conference on Intelligent Robots and Systems", IROS 2005, Edmonton, Canada, 2005.
- [3] A. Rossi, A. Vicino, A. Garulli, A. Giannitrapani, Mobile robots slam for line-based environment representation, "44<sup>th</sup> IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference", 2005.
- [4] E. Nebot, "Simultaneous Localization and Mapping 2002 Summer School", <http://www.cas.kth.se/SLAM/toc.html>, 2007.
- [5] L. Tesli, I. Škrjanc, G. Klančar, Uporaba senzorjev pri lokalizaciji mobilnega robota. V "Sensorji in aktuatorji: zbornik referatov. Ljubljana: TC SEMTO", 2008.

Opisana obravnava senzorjev pri lokalizaciji mobilnega robota je bila predstavljena na konferenci SEMTO 2008.



Združenje kovinske industrije

## Mobile robot localization using different sensors

**Abstract:** The problem of localization of a mobile robot while using different sensors and global environment map is presented. Sensor set used in localization process consists of incremental encoder, laser range scanner and stereo camera. Localization algorithm based on Extended Kalman Filter (EKF) is implemented and tested on mobile robot Pioneer 3-AT, where odometric prediction of the robot's pose is performed by simulating the kinematic model of the robot. In case of laser range scanner robot builds local environment map composed of line segments, which is matched to global environment map. Correction of the robot pose is performed by minimizing the difference between the line parameters of local map and line parameters of global map transformed to the robot's local coordinates. Similar procedure is followed using stereo camera where from measurements estimated features are compared to features stored in global map.

**Key words:** mobile robot, sensors, localization

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

# MOOG

### Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalke,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalke.



ZASTOPA IN PRODAJA  
**PPT commerce** d.o.o.  
 Pavšičeva 4  
 1000 Ljubljana  
 Slovenija  
 tel.: +386 1 514-23-54  
 faks: +386 1 514-23-55  
 e-pošta: ppt\_commerce@siol.net

Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.

Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železnarh in lesni industriji, v letalih in napravah za simulacijo vožnje.

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...



 **MOOG HYDRAULIC**



**IFAM**  
 international trade fair of  
 automation & mechatronic

27.-29. 01. 2010

hall K, Celje, Slovenia [www.ifam.si](http://www.ifam.si)

Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo, robotiko, mehatroniko, ...

International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...

**icm**

PASSION FOR PERFECTION  
[ifam@icm.si](mailto:ifam@icm.si)

# VABILO K SODELOVANJU IN UDELEŽBI NA 19. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

**Spoštovani sponzorji, razstavljalci, predavatelji, udeleženci  
in poslovni partnerji!**

V Društvu vzdrževalcev Slovenije so priprave na 19. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije na Rogli, ki bo v četrtek in petek, **15. in 16. oktobra 2009**, v polnem teku.

Dvodnevno posvetovanje letos ponuja kar nekaj **novosti**. Začelo se bo v četrtek, 15. oktobra 2009 ob 10. uri s slavnostno otvoritvijo, kjer bomo podelili nagrade zmagovalcem *Natečaja za najboljša diplomska dela*, predstavili pa se bodo tudi glavni sponzorji srečanja. Udeležence bomo potem povabili k ogledu razstavnih mest ter k obisku zanimivih strokovnih predavanj s področja vzdrževalne dejavnosti. Prvi dan posvetovanja bomo zaključili s slovesno večerjo, kjer bomo razglasili zmagovalce celoletnega *Natečaja za najboljšo idejo s področja vzdrževanja*, nato pa nadaljevali s prijetnim druženjem ob večerji in glasbi. Drugi dan se bo nadaljevalo dogajanje na razstavišču, v predavalnici pa se bo v petek dopoldan odvijala **okrogla miza** z delovnim naslovom *Vloga vzdrževanja v inovativnem razvoju podjetja*, na kateri bodo sodelovali predstavniki ministrstev, gospodarstva in izobraževanja s področja vzdrževanja.

## **Možnosti sodelovanja na 19. Tehniškem posvetovanju vzdrževalcev Slovenije**

### **RAZSTAVLJAVCI in SPONZORJI**

K sodelovanju vabimo **razstavljalce** z različnih področij – od vzdrževalske opreme, orodij, strojev in naprav, pa tudi s področja storitev, vzdrževalskega outsourcinga, izobraževanja, ... Priporočamo, da razstavljalci, sponzorji in poslovni partnerji, ki želite sodelovati na razstavi vzdrževalske opreme in storitev, čimprej rezervirate razstavna mesta s pomočjo prijavnice, ki je objavljena na spletni strani <http://tpvs.drustvo-dvs.si/>.

### **SODELOVANJE V CELOLETNEM NATEČAJU ZA NAJBOLJŠO IDEJO S PODROČJA VZDRŽEVANJA**

Eden od ciljev delovanja Društva vzdrževalcev Slovenije je spodbujanje inovativne dejavnosti v vzdrževanju. Zato smo dosednji Razpis za najvzdrževalski pripomoček razširili na **celoletni Natečaj za najboljšo idejo s področja vzdrževanja**. Pogoji in načini za sodelovanje na natečaju so objavljeni na [www.drustvo-dvs.si](http://www.drustvo-dvs.si) ter v vsaki reviji Vzdrževalec. Najboljše ideje bomo na večerni slovesnosti nagradili s plaketami, k sodelovanju pa smo pritegnili tudi nekaj podjetij-sponzorjev, ki bodo prispevali konkretne nagrade za zmagovalce natečaja.

### **PREDAVANJA IN DIPLOMSKA DELA**

Na letošnjem posvetovanju bodo avtorji predstavili 15 zanimivih predavanj, predstavljena pa bodo tudi 3 diplomska dela s področja vzdrževanja. Seznam predavanj bo v kratkem na voljo na <http://tpvs.drustvo-dvs.si/>, objavljen pa bo tudi v reviji Vzdrževalec št. 130, ki izide septembra.

### **UDELEŽENCI**

Tehniško posvetovanje je namenjeno vsem, ki se pri svojem delu neposredno ali posredno srečujete s področjem vzdrževanja. **Udeležence** vabimo, da svojo udeležbo prijavijo najkasneje do **30.9.2009** s pomočjo prijavnice, ki je objavljena na spletni strani <http://tpvs.drustvo-dvs.si/>. Rezervacije prenočišča so mogoče do 4.9.2009 direktno na Unior Turizem, e-pošta [rogla-seminar@unitur.eu](mailto:rogla-seminar@unitur.eu).

*Prijave udeležencev sprejemamo tudi preko telefona, faksa, e-pošte ali osebno na*

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Stegne 21 c, 1000 Ljubljana Telefon: 01 5113 006 Faks: 01 5113 007 GSM: 041 387 432,

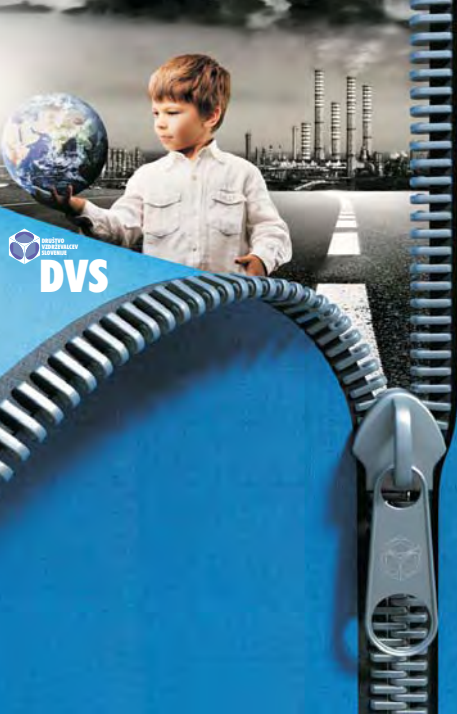
E-pošta: [tajnik@drustvo-dvs.si](mailto:tajnik@drustvo-dvs.si) in [www.drustvo-dvs.si](http://www.drustvo-dvs.si).

**VABLJENI!**

## **19. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije**

**Rogla,**

**15. in 16. oktober 2009**



Društvo  
vzdrževalcev  
Slovenije  
**DVS**



# A Rapid Deployment Automation Solution for Robot Vision Applications

Florin Daniel ANTON, Theodor BORANGIU, Silvia ANTON

**Abstract:** In conventional robot system development different robot parts (sensors, processing elements and actuators) are combined together in a compact, self contained system. The need for faster development and deployment, system reconfigurability and flexibility required the introduction of rapid deployment automation for robot systems in flexible manufacturing cells. Vision sensors are one of the most important sensors in robot systems. When constructing a new robot system, it is desirable that vision and image processing components are just as easily integrated as any other robot components. In some situations robot stations must be upgraded with vision systems in order to accomplish new tasks or to improve current work. In this case the Rapid Deployment Automation concept is the base to solve such problems in a shorter time with the smallest impact on the production flow in terms of production downtime. The paper describes an RDA solution of vision upgrade for robot stations in a production plant which produces objects made of porcelain.

**Key words:** Rapid Deployment Automation, Robot-Vision, open contour object model, flexible manufacturing cells, shared robot workspace,

## 1 Introduction

The paper describes a process of upgrading a plate production line which uses ABB robots by adding artificial vision systems.

The production line uses raw materials which feed a stencil. The stencil applies pressure on the material and result the moulds (raw material has the shape of the plates). Before the plates are transported to the oven for the baking process, they are routed to multi-robot stations where robots are used for polishing the plates and remove excess material (small irreg-

ularities on the edges of the plate).

The stations use groups of 4 ABB robots. The problem is that the plates are not stopped precisely in the same position each time the robots take them to be polished. Due to this problem a percentage of plates are polished incorrectly which results in damage of the plate edges.

In these conditions a solution based on artificial vision has been considered (see *Figure 1*).

Each station must have a vision system which locates the plate with precision and sends the coordinates to the robots. The task is more difficult than implementing the robot-vision (RV) solution from the start because now production is interrupted, and

Dr. Florin Daniel Anton, Prof. dr. Theodor Borangiu, Dr. Silvia Anton, Department of Automation and Industrial Informatics, University Politehnica of Bucharest, Romania

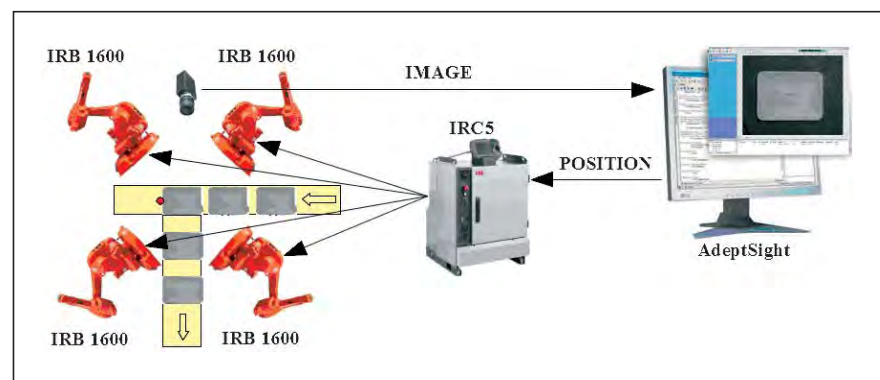


Figure 1. Vision integration in the robotized production line

this time must be as short as possible.

Furthermore, the vision task is very difficult due to environmental conditions; firstly the inspected object has a shape which, due to the fact that it is based on interior shadows of small canals included in the plate, cannot be viewed entirely, secondly the environment is heavy loaded with dust which comes from the plate polishing operations.

## ■ 2 The Vision System

For the vision solution, few systems have been considered, and finally AdeptSight was chosen for multiple reasons:

- The vision system have high performance in object localisation: 1/40 of a pixel in position, and 0.01 degree in rotation
- The system has the possibility to train and edit object models based on non connected contours
- The programming interface is based on visual tools (visual prog-

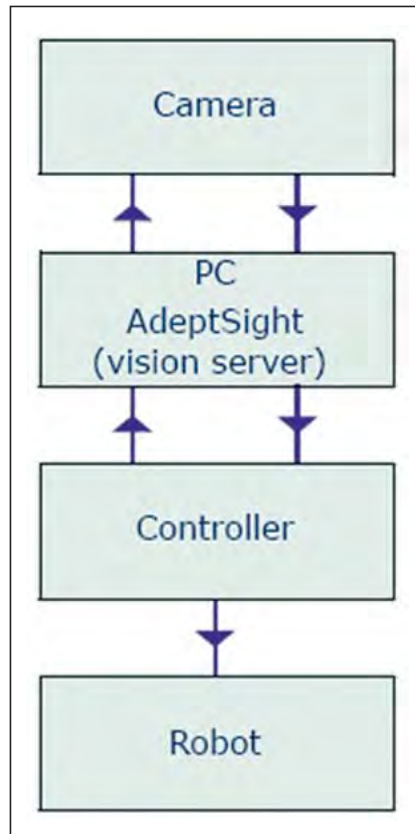


Figure 2. Robot-Vision Integration

ramming) for rapid development, and also has the possibility to be integrated with high level programming languages (C#) for complex applications.

- The system can be easily integrated with any robotic system (see Figure 2).

In Figure 2 the integration diagram for the AdeptSight vision system in robotic applications is presented. AdeptSight uses up to four FireWire cameras connected directly to the PC where the AdeptSight software is installed.

The development of vision applications is based on vision projects which have the following structure (see Figure 3): The vision project is separated into two main parts, the first part handles the hardware and the communication environment and is composed of communication routines and a configuration of system devices like cameras (Basler, Direct Show or Emulation – virtual camera), robot controllers (native communica-

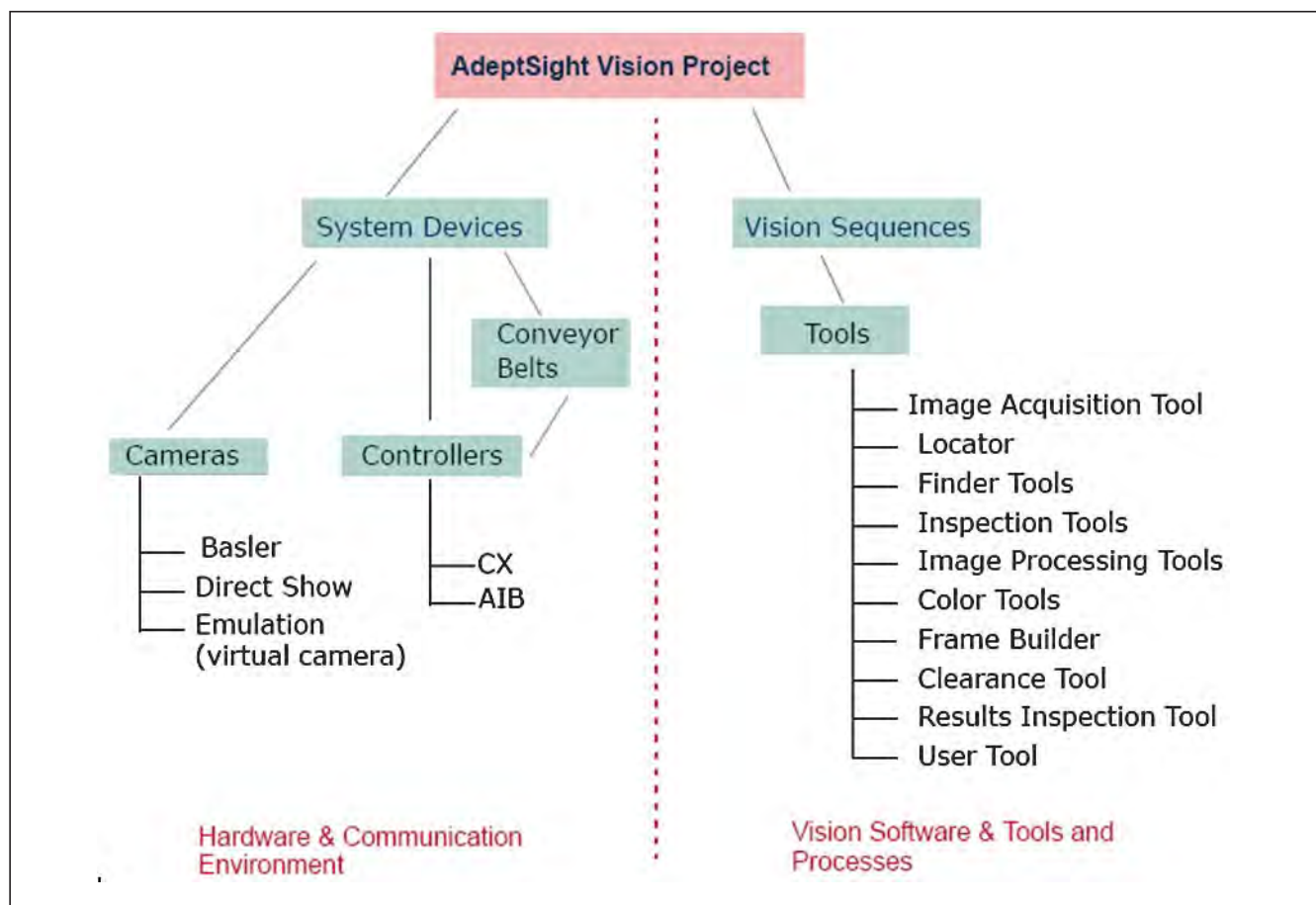


Figure 3. The vision project structure

tion support with Adept CX and AIB controllers) and conveyor belts.

The second part is represented by the vision sequences, which compose the principal part of the project. The sequences are composed of vision tools connected together and executed step by step in a sequence defined by the programmer. In addition, the user can develop C# programs which interact with the AdeptSight project and extend their functions regarding the communication with other robot systems and other functions which are not implemented in AdeptSight.

### ■ 3 Vision Project Implementation

The vision is calibrated using a dotted pattern which is placed in front of

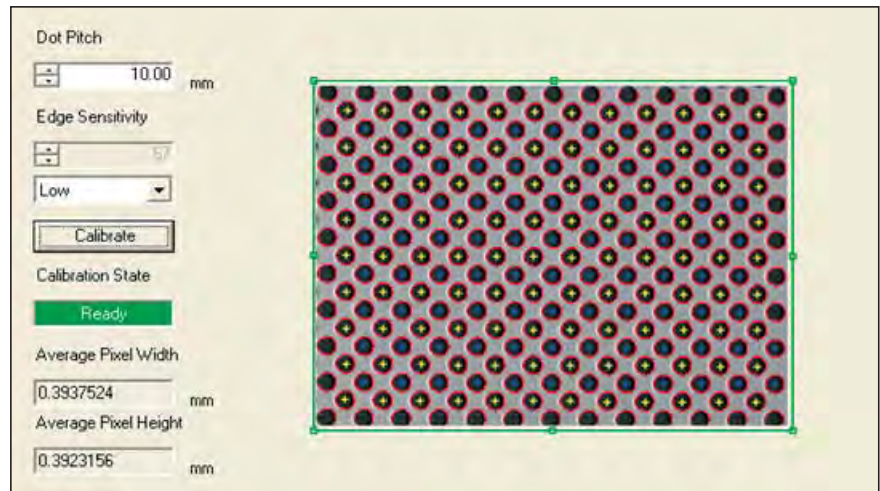


Figure 4. The result obtained after calibration

the camera on the working surface. The calibration is executed using a 2D camera calibration wizard which guides the user step by step through

the calibration process. The single information which the user must supply is the Dot Pitch of the calibration pattern, the rest of the process

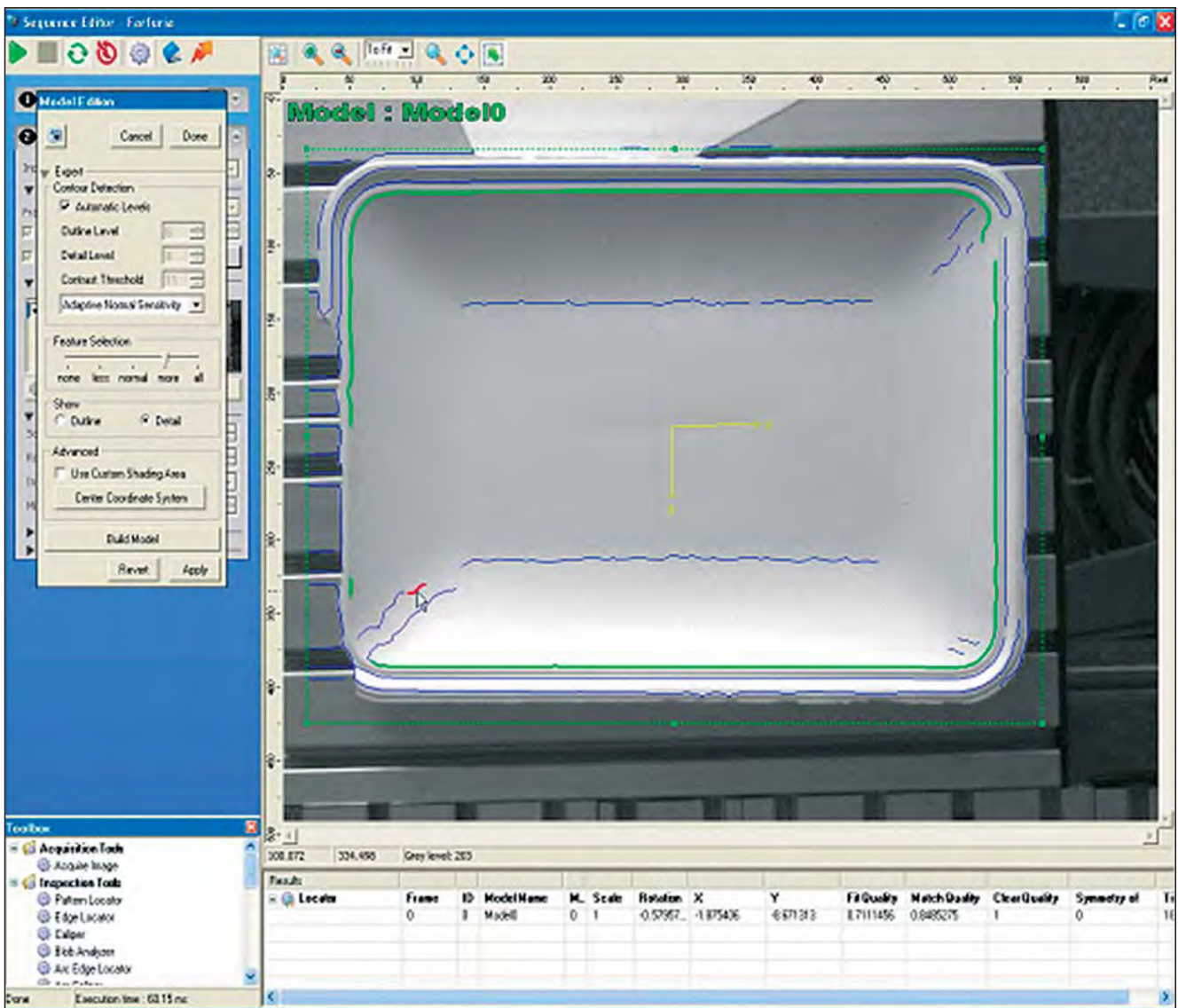


Figure 5. The plate model, using internal, open contours

is handled by the wizard. After the 2D camera calibration the following information's are obtained:

- Average Pixel Width/Height (*Figure 4*)
- The lens distortions are corrected
- The perspective distortion is also corrected

After the 2D camera calibration, the sequence can be loaded into the project, and for this application which requires only object recognition, the sequence is very simple and consists of only two vision tools; an acquisition tool which obtains the image from the Basler (640x480) camera, and a second tool named Locator which has recognizes the object.

In this application the difficulty is to detect the correct position of the plate disregarding the outer irregularities which are generated by the fabrication process.

Due to the fact that the contour features are contained inside the object it is in this case very difficult to create a lighting setup in such a way that the image of the object contains the complete internal contours. AdeptSight allows the user to generate the object model using open contours, and also gives the possibility to edit (remove/add) parts of the contours which are of interest.

In *Figure 5* the interface for model editing is presented. The system, based on the contrast threshold, and the outline and detail levels detects the contours and proposes the user a set of contours for model building. The outline level provides a coarser level of contours than the detail level. The location process uses outline level contours to rapidly identify and roughly locate potential instances of the object and then, the location process uses the detail level contours to confirm the identification of an object instance and refine its location within image.

The user can modify the selected contours by deleting/adding contours, or select only parts of the proposed contours [1], [2]. In *Figure 5*

the red line is selected for deletion, the blue contours are marked as deleted (will not be used for model building) and the green contours are valid contours. After all contours have been selected, the model can be build and used for recognition.

#### 4 Robot-Vision Integration

In order to integrate the vision system with the robot two tasks must be achieved [4]:

1. A robot-vision calibration procedure must be created and executed.
2. A robot-vision server communication mechanism must be implemented.

##### 4.1 Robot-Vision calibration

The robot-vision calibration process and the training of the object grasping model have been integrated in a single procedure. The procedure consists of four steps where the robot grasps the object and places it in different positions in the workspace for image acquisition and processing [5]:

1. The calibration object is placed in the workspace and grasped by the robot and then released (position P1). After the robot clears the vision plane the position of the object in the vision plane is computed by AdeptSight. The position of the object in point

P1 is also computed in the vision plane and has the coordinates  $P1'_x, P1'_y$  (the position of the coordinate system attached to the object model).

2. In the second step the robot grasps the object and places it in the same position, but rotated with 180° point P1', and in the vision coordinates  $P1'_{xv}, P1'_{yv}$ . By comparing the position of the coordinate system of the object in these positions, the system can compute the position of the centre of the object, which in this case is the centre of mass of the model relative to the grasping point. In this case the grasping point is located in the image in the middle of the segment  $[P1, P1']$  (see *Figure 6*).

In this case the grasping point coordinates in the vision space are given by:

$$P_{grasp} \begin{cases} P_{grasp}^x = \min(P1_x, P1'_x) + |P1_x - P1'_x| \\ P_{grasp}^y = \min(P1_y, P1'_y) + |P1_y - P1'_y| \end{cases} \quad (1)$$

where  $P_{grasp}$  is the grasping point in the vision workspace.

3. Next the object is placed in the position P2 which is trained relative to the position P1 shifted with 100 mm on X axis of the base coordinate system of the robot.
4. In the final step the robot places the object in the position P3

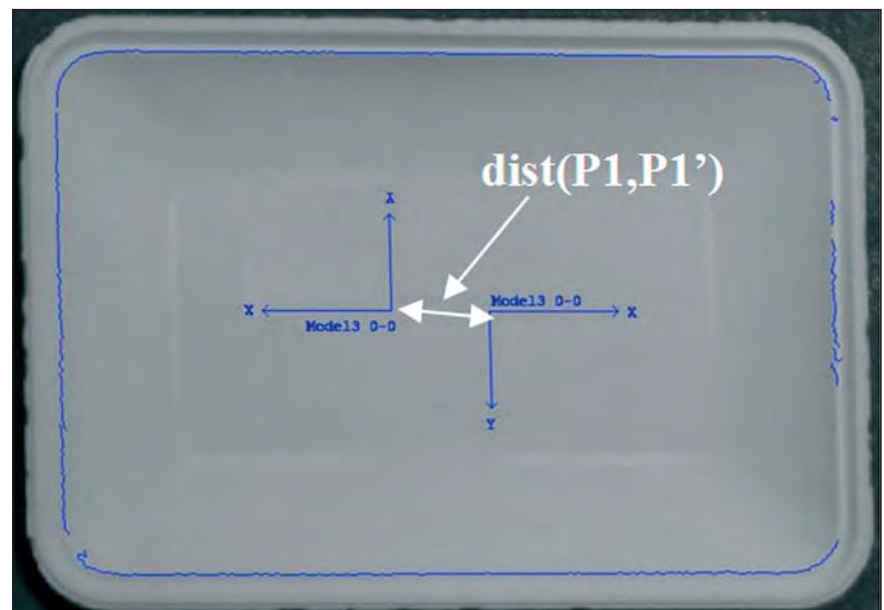


Figure 6. The relationship Robot point – vision point

which is trained relative to the position P1 shifted with 100 mm on Y axis of the base coordinate system of the robot. By knowing the correspondence robot-point – image-point, the system can now compute the orientation of the vision plane relative to the robot base coordinate system, and can also compute the distance which the robot must cover to reach the object which is placed at a certain distance from the initial point P1 in the image plane.

This can be expressed as:

For 100mm travelling length on the X coordinate system (base coordinate system) the object moves in the image  $P2_x - P1_x$  on  $X_{vis}$  axis, and  $P2_y - P1_y$  on  $Y_{vis}$ , the same travelling length on Y coordinate system generates  $P3_x - P1_x$  on  $X_{vis}$  axis, and  $P3_y - P1_y$  on  $Y_{vis}$ , on the vision workspace. Thus, the vision system is rotated with the angle:

$$\alpha = a \tan 2(P2_y - P1_y, P2_x - P1_x) \quad (2)$$

towards the base coordinate system. Therefore, for an object which is recognized in the image at the location  $P_v$  in the world coordinate system the object will be grasped at the coordinates:

$$\begin{aligned} P_x &= P_{G\_x} + \sqrt{(P1_x - P_{v\_x})^2 + (P1_y - P_{v\_y})^2} \\ &\cdot \cos(\alpha + a \tan 2(P_{v\_y} - P1_y, P_{v\_x} - P1_x)) \\ P_y &= P_{G\_y} + \sqrt{(P1_x - P_{v\_x})^2 + (P1_y - P_{v\_y})^2} \\ &\cdot \sin(\alpha + a \tan 2(P_{v\_y} - P1_y, P_{v\_x} - P1_x)) \\ P_{rot} &= P_{G\_rot} + (P_{v\_rot} - P1_{rot}) \end{aligned} \quad (3)$$

where  $P_x, P_y, P_{rot}$  are the coordinates and the rotation of the grasping point of the object which was located in the vision workspace at the location  $P_v (P_{v\_x}, P_{v\_y}, P_{v\_rot})$ ,  $P_G (P_{G\_x}, P_{G\_y}, P_{G\_rot})$  is the grasping point (in the centre of the mass of the object in the base coordinates system) for the object located in the image in P1  $(P1_x, P1_y, P1_{rot})$ .

### 4.2 Robot – Vision server communication

The application runs two communication threads; a TCP/IP server and also has a serial communica-

tion thread. Both threads have the same role to listen. If they receive an acquisition request they initialize the execution of the AdeptSight sequence, returning three numbers specifying the position and orientation of the plate (X, Y in mm, and the angle in degrees). The position and orientation is specified relative to the calibration object.

The requests are sent as ASCII characters, and they are of two types (i – information for debugging, or r – real requests), when the vision server receives a request, the vision sequence is executed, the object is recognized based on the internal contours, and the values (X, Y and rotation) relative to the initial grasping point (from the calibration procedure) are computed and sent to the robot. In Figure 7 the output in a telnet window can be seen.

When the robot receives the three values, it shifts the initial grasping position (from the calibration) and grasps the plate.

The following code must be part of the main program in order to integrate the communication with the vision server [1]:

```
!Open the communication channel
(Serial line)
Open "COM1:", COM1 \Bin;
ClearIOBuff COM1;
WaitTime\InPos, 0.5;

!Make a request
WriteStrBin COM1,"r";
```

```
!Read the data streams
XData:= ReadStr (COM1 \Delim:="/");
YData:= ReadStr (COM1 \Delim:="/");
AngleData:= ReadStr (COM1 \Delim:="/");
x1:=nXOffs;
y1:=nYOffs;
r1:=nAngle;

!Parsing the data streams
bOK:=StrToVal(XData,nXOffs);
bOK:=StrToVal(YData,nYOffs);
bOK:=StrToVal(AngleData,nAngle);

IF (x1 = nXOffs) AND (y1 = nYOffs)
AND (r1 = nAngle) THEN

!Computing the grasping position
pos:=RelTool(Offs(p1,nXOffs,nYOffs,0),
0, 0, 0 \Rz:= -nAngle);
ENDIF
.....
!Closing the communication
Close COM1;
```

### 5 Conclusions

The goal of the RDA is to reduce the total time, risk, and cost required conceptualizing, designing, engineering, and implementing intelligent automation systems [6].

The topic addressed in this paper was the RDA concept, implemented in a robotized manufacturing plant.

The main goal was to introduce the vision in an already installed solution (without vision), the solution which must be stopped a very small amount of time for the vision upgrade.

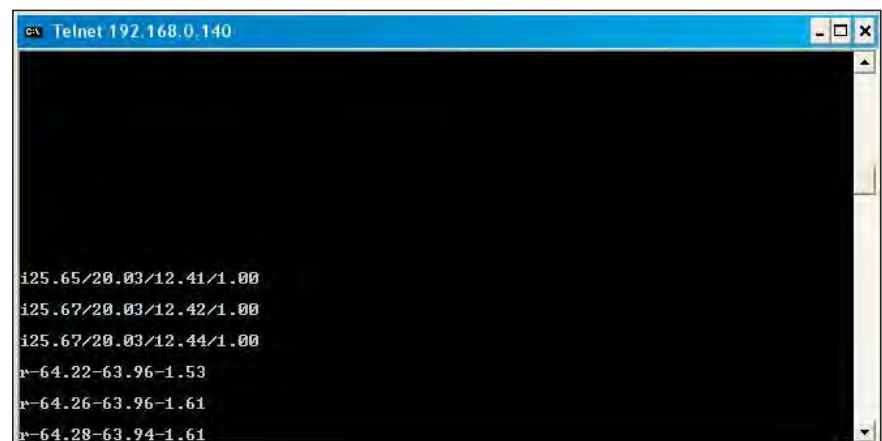


Figure 7. Communication streams between RV

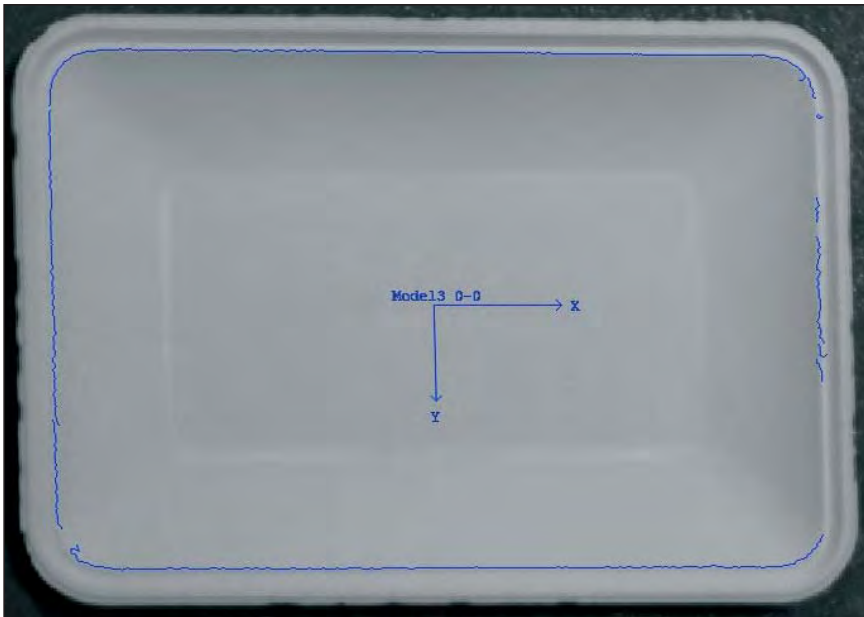


Figure 8. A recognized plate

Another problem was choosing the vision system, which had to be a vision system capable of recognizing

objects (see Figure 8) whose models must be editable and based on interior contours.

The selected vision system was AdeptSight which is robust enough and has the requested performances, and can also be easily integrated with other industrial equipments.

The vision system allows a rapid development of the application based on visual tools which can be combined and configured resulting sequences which can be executed from external C# applications.

Our application was based on C# and managed the robot – vision communication and sequence execution. Also the robot-vision calibration procedure and the grasping model were solved by this application.

The approached solution demonstrates the RDA concept and can be considered as a p.o.f. (proof of concept) in this field.

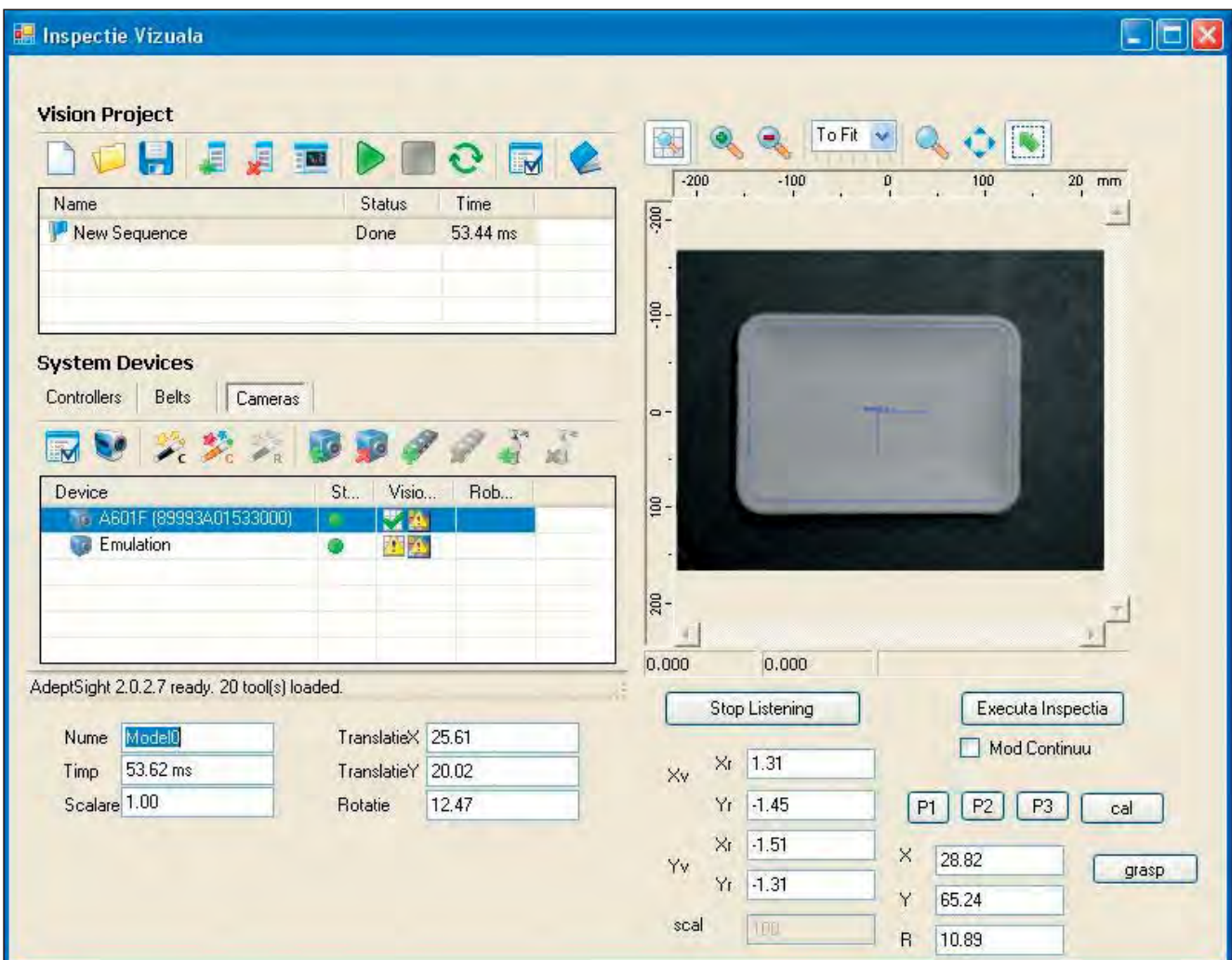


Figure 9. The application interface

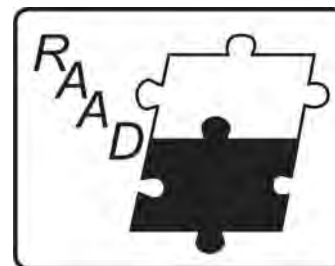
Using advanced programming tools and the RDA equipment allowed to design, build and integrate an elegant, user friendly solution (see *Figure 9*) and helped to remove the problems in the production plant and to raise productivity and profit in a very short time. The rate of rejected plates due to bad object grasping and polishing was reduced drastically to almost 0%, the number of discarded plates at the polishing stations was not 100% reduced due to other factors such as belt vibrations and due to a relatively weak material of the plates (when they are removed from the stencil).

### Sources

- [1] ABB, 2004: Technical Reference Manual, RAPID Instructions, Functions, and Data types.
- [2] Adept Technology Inc., 2001: Adept-Vision Reference Guide Version 14.0 Part Number 00964-03000, San Jose, Technical Publications.
- [3] Adept Technology Inc, 2007: Adept-Sight 2.0 Online Help, San Jose, California, USA.
- [4] Anton, S.: Integrating multiple robot-vision systems in intelligent assembly/disassembly structures. PhD thesis, UPB Automatics and Industrial Informatics Department, 2008.
- [5] Borangiu, Th.: Intelligent Image Processing in Robotics and Manufacturing, Bucharest, Romanian Academy Press, 2004.
- [6] Dunn, A.: Adept's unveils rapid deployment automation part-

ners. Manufacturing Automation. Vital information publications, 1996.

The article was originally published on 18th RAAD in Bucharest, Romania



## Hiter razvoj avtomatiziranih sistemov z uporabo računalniškega vida

### Razširjeni povzetek

V običajno uporabljenih načinih razvoja robotiziranih sistemov se sestavi večje število robotskih komponent, kot so senzorji, komponente za krmiljenje in izvajanje procesov in aktuatorji, v kompaktni dokončni sistem. Potrebe po hitrem razvoju in postavitvi, možnosti preurejanja in ponovne uporabe kakor tudi večje zahteve po fleksibilnosti zahtevajo hitro se razvijajočo avtomatizacijo za robotske sisteme v fleksibilnih izdelovalnih celicah. Pri tem je robotski vid ena izmed ključnih komponent robotskega sistema, zato je zaželeno, da je mogoče robotski vid kakor tudi procesiranje – obdelavo slike – integrirati v robotski sistem čim enostavneje. To velja tako za razvoj novih kot za nadgraditev obstoječih robotiziranih celic. Pri tem je koncept hitrega in avtomatiziranega razvoja – rapid deployment automation (RDA) – osnova za hitro doseganje rezultatov in čim manjši vpliv na zaustavitev in ponovno uporabo robotskega sistema v proizvodnji. V prispevku bo prikazana uporaba koncepta RDA pri nadgraditvi robota ABB za izdelavo plošč z računalniškim vidom. Pred dodajanjem plošč na tiskanje se te polirajo in odpravijo manjše napake na površini. Postajo sestavljajo štiri roboti ABB, ki primejo ploščo in jo držijo med poliranjem. Zaradi nenatančnega pozicioniranja jih robot ne prime pravilno, kar je vzrok za nekakovostno poliranje. Da bi se temu izognili, je bilo treba namestiti k robotski celici umetni vid, kar omogoča zmanjšanje vpliva nenatančnosti v pozicioniranju na kakovost poliranja (*slika 1*).

Za ta namen je bil kot ustrezna rešitev izbran AdeptSight, saj ima dovolj dobre lastnosti pri lociranju objektov. Programsko orodje je osnovano na optičnih orodjih za hiter razvoj in možnost povezave s programskim jezikom za ta kompleksni primer uporabe. Sistem je mogoče enostavno povezati z robotskim krmiljem (*slika 2*). Pri razvoju in vgraditvi robotskega vida je bil uporabljen sistematičen pristop RDA, ki je razdeljen v dva dela. Prvi vključuje razvoj strojne opreme in komunikacijskega okolja in ga sestavljajo različne komunikacijske rutine, kamere, krmilniki robota in transportnega traku. Drugi del predstavlja zaporedje aktivnosti in različna orodja (*slika 3*). Razvoj in postavev vključujeta več aktivnosti, med njimi tudi kalibracijo robotskega vida in razvoj komunikacije med vidom in robotom.

Cilj RDA je bil zmanjšanje skupnega časa obdelave plošč in zmanjšanje napak ter hkrati zmanjšanje stroškov za izdelavo koncepta, načrta in integracijo inteligentnega avtomatiziranega sistema. Uporaba sistematičnega pristopa RDA pri razvoju primera uporabe omogoča hitro in prijazno delo za inženirje. Projekt dograditve umetnega vida k robotski celici je bil izveden hitro in po končani prenovi ni bilo več napak zaradi napačnega pozicioniranja.

**Ključne besede:** hiter razvoj avtomatizacije, robotski vid, odprti model oblike objektov, fleksibilne izdelovalne celice, skupni delovni prostor robota,

# 40 let razvijamo in proizvajamo elektromagnetne ventile



**JAKŠA**  
MAGNETNI VENTILI



- 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, tel.: (0)1 53 73 066 fax: (0)1 53 73 067, e-mail: info@jaksa.si

# INTRONIKA

Mednarodni  
strokovni sejem  
za profesionalno  
elektroniko

International  
Trade Fair  
for professional  
electronic

07.-09. 10. 2009  
CELJE-SLOVENIA

[www.intronika.si](http://www.intronika.si), e-mail: [intronika@icm.si](mailto:intronika@icm.si)

**icm**

PASSION FOR PERFECTION



# Aktualni trendi razvoja traktorskih olj

Aleš ARNŠEK

## ■ 1 Uvod

Moderni traktorji so kompleksne naprave, ki so zaradi svoje specifične vloge pri proizvodnji hrane nepogrešljive pri današnjem načinu življenja. Obremenitve pri izredno neugodnih delovnih pogojih, kot so nizke in visoke temperature, veliko prahu ter prisotnost vlage in blata, zahtevajo pravilno nego in vzdrževanje ter uporabo kakovostnih maziv. Izredna raznolikost maziv, ki jo potrebuje sodobni traktor za uspešno delovanje, prinaša vrsto problemov, povezanih predvsem z zamenjavo in uporabo neustreznih maziv. Po drugi strani je v zadnjih letih uporaba biološko hitreje razgradljivih maziv na zaščitenih področjih dosegla precejšen razmah. Onesnaževanje tal in vodnih virov z mineralnimi mazivi, bodisi zaradi človeške malomarnosti, neustreznih konstrukcijskih rešitev ali nepredvidenih razliti, je postalo preveč pereč problem, da bi si pred njim zakrivali oči.

Kmetijsko mehanizacijo označujejo močna in robustna konstrukcija, velike dimenzije in teža, kar je povezano z zahtevami po visoki učinkovitosti ter s težkimi delovnimi razmerami. Od kmetijske mehanizacije, traktorjev in delovnih strojev se zahtevata velika delovna učinkovitost in neprekinjeno delo pri maksimalni obremenitvi in različnih klimatskih pogojih, ob prisotnosti vode, blata in prahu.

Traktorje praviloma poganjajo dizelski motorji, moč se prenaša preko menjalnika, reduktorja in diferenciala, pogosto pa so v sklopu transmisije tudi mokre zavore, hidravlična sklopka ali hidravlični menjalnik. Delovne funkcije se opravljajo s pomočjo sistema hidravlike. Težki obratovalni pogoji, prisotnost prahu, vlage, blata in velikokrat tudi ne najboljše pogoji vzdrževanja predstavljajo izredno visoke zahteve, ki jih morajo dosegati mazalna olja v traktorjih. Pri tem je konstrukcija večine traktorjev taka, da se z istim oljem mažejo tako reduktor, menjalnik, diferencial in hidravlični sistem. Vedno več traktorjev pa ima v pogonskem sklopu tudi mokre zavore, kar postavlja še dodatne zahteve glede kakovosti maziv.

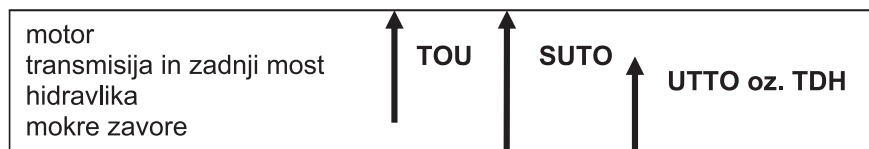
Danes so vprašanja strupenosti, biološke razgradljivosti in biološke akumulacije vse pomembnejša tudi v kmetijstvu. Mineralna maziva so težko razgradljiva in toksična, onesnaževanje tal in vodnih virov z različnimi mazivi pa lahko povzroči resne ekološke probleme. Najbolj sporna področja uporabe so olja za mazanje verig gozdarskih žag, poleg tega pa tudi hidravlična in reduktorska olja za kmetijsko, gradbeno, gozdarsko in rudniško mehanizacijo, kjer že najmanjši izpust lahko povzroči nepopravljive posledice. Od približno 22.000 ton letno prodanih maziv v Sloveniji se jih kot rabljeno

olje zbere le okoli 10 %. Ob tem je verjetno odveč pričakovati, da se vsa manjkajoča količina porabi med obratovanjem. Če pri tem omenimo, da lahko samo en liter mazalnega olja, razlitega na zemlji, onesnaži milijon litrov vode in da lahko en liter olja, zlitega v kanalizacijo, naredi madež na vodi površine enega hektarja [1, 2], potem je razlogov za zaskrbljenost več kot preveč in razlogov za uporabo primerno biološko razgradljivih olj več kot dovolj!

## ■ 2 Traktorska olja

Razvoj traktorjev je zelo intenziven. Spreminjajo se konstrukcije, pojavljajo se nove tehnične rešitve, materiali, povečujejo se moči in hitrosti ... Konstrukcijsko se različni traktorji seveda razlikujejo, nekateri imajo ločeno mazanje transmisije in hidravlike, nekateri zopet ne, v vsakem primeru pa imajo predpisana najrazličnejša olja.

Ker se ponavadi za vsak traktor uporabljajo različna hidravlično-transmisijska olja, pač v skladu z navodili proizvajalca, lahko menjavanje delovnih priključkov med posameznimi znamkami in tipi traktorjev privede do problemov zaradi mešanja olj, še posebno, če ima traktor tudi mokre zavore. Prav izredno velika raznolikost mazalnih sredstev za menjalnike, reduktorje, diferen-



Slika 1. Vrste traktorskih univerzalnih olj

Mag. Aleš Arnšek, univ. dipl. inž.,  
Petrol, d. d., Ljubljana

ciale in hidravliki v praksi velikokrat povzroči okvare na pogonskih strojih in s tem gospodarsko škodo zaradi bistveno skrajšane življenjske dobe posameznih delov traktorja ali delovnega stroja. Zato so univerzalna olja, ki se lahko uporabljajo tako v motorju, transmisiji, hidravliki in mokrih zavorah, zaradi enostavnosti uporabe pri večini uporabnikov v kmetijstvu zelo zaželena (slika 1).

Zgodnja kategorija univerzalnih olj – univerzalno traktorsko olje (TOU – Tractor Oil Universal) – je bila marketinško zelo uspešna. Takšno olje se je uporabljalo tako v motorju kot v prenosnikih in hidravličnih sistemih traktorjev. Vendar je z uvedbo mokrih zavor na traktorjih uporaba olj TOU postala nesprejemljiva zaradi pretiranega ropota zavor, cviljenja oz. škripanja. Kontinuirano raziskovanje je privedlo do paketa aditivov za super univerzalno traktorsko olje (SUTO oz. STOU – Super Tractor Oil Universal), pri katerem je bil poudarek na odpravi neugodnih stranskih pojavov pri kombinaciji motornih aditivov in modifikatorjev trenja. Prvo tako olje je bilo predstavljeno leta 1971 z oznako STOU. Sčasoma pa je oznaka STOU postala splošno razširjen pojem za olja, ki se lahko uporabljajo v vseh glavnih sistemih traktorjev. Prav zaradi težav z olji TOU so se vzporedno z olji SUTO pojavila tudi univerzalna traktorska transmisijska olja (UTTO – Universal Tractor Transmission Oil), ki sicer niso bila namenjena mazanju motorja, so pa zelo dobro reševala probleme, povezane z mokrimi zavorami.

Z uporabo univerzalnih olj lahko uporabniki naredijo velik korak naprej k racionalizaciji mazalnih olj v kmetijstvu. To pomeni kakovostno mazanje sklopov traktorja s samo enim oljem, enostavno in cenejšo oskrbo, odpravo morebitnih zamenjav maziv pri vzdrževanju, s čimer se podaljša tudi življenjska doba traktorjev in delovnih strojev in ne nazadnje tudi izboljša ekološki nadzor nad rabljenim oljem.

Seveda morajo biti takšna olja kakovostna. Največji vpliv na kakovost traktorskih olj imajo proizvajalci

**Preglednica 1. Specifikacije najpomembnejših proizvajalcev**

Proizvajalec	UTTO		SUTO
Ford	M2C86-B M2C86-C M2C134-B M2C134-C	evropska specifikacija evropska specifikacija ameriška specifikacija svetovna specifikacija	M2C159-B M2C159-C
John Deere	JD 20 C/D	D je zimska verzija C	JD 27
Massey Ferguson	M1135 M1143	francoska specifikacija	M1139 M1144
Case	M1207		

traktorjev in kmetijske mehanizacije. V zadnjih letih so se z združevanjem oblikovale 3 velike korporacije (John Deere, AGCO, CNH), ki predstavljajo več kot 50 % vse svetovne proizvodnje. Ti nenehno diktirajo razvoj in kakovost olj skupaj s svojim razvojem ter postavljajo lastne specifikacije, ki jim mora ustrezati določeno olje, da se lahko uporablja v njihovih traktorjih (strojih) (preglednica 1).

V teh specifikacijah so podane preskusne metode in zahtevani rezultati, ki jim mora olje ustrezati, da si pridobi zaželeno specifikacijo. Olje mora seveda zadostiti zahtevam, ki jih postavljajo motor, menjalnik, reduktor, diferencial in mokre zavore na eni strani in na drugi strani hidravlika. Mazanje zobniških prenosov zahteva dobre protiobrabne lastnosti, mokre zavore zahtevajo posebno karakteristiko trenja, ki omogoča njihovo učinkovito delovanje brez hrupa, cviljenja in vibracij. Traktorji so tudi podvrženi vsem vrstam klimatskih razmer. Suho vreme povzroči kontaminacijo olja s prahom, mokro vreme pa, da hidravlika deluje z dosti večjo vsebnostjo vode kot katero koli industrijsko postrojenje, kar postavlja še dodatne zahteve glede kakovosti olja.

## 2.1 Smeri razvoja traktorskih olj

Vse večje in višje zahteve, postavljene traktorskim oljem, so vnesle tudi nekaj sprememb v sam koncept univerzalnih traktorskih olj. To je najbolj opazno pri oljih SUTO. Kakorkoli že vzamemo, univerzalno olje je v vsakem primeru nek kompromis med želenimi lastnostmi. Čim več različnih sklopov se maže z enim oljem

in čim več različnih zahtev se postavlja temu olju, tem bolj to olje predstavlja nek kompromis, povprečje med vsemi temi zahtevami. Pri tem še najbolj izstopajo zahteve, ki jih olju postavlja motor. Te se še najslabše vklapljujejo v koncept hidravlično-transmisijskih olj. Zato se v zadnjih letih olja SUTO vse bolj opuščajo. V prvi vrsti zato, ker tudi z najnovejšo tehnologijo aditiviranja ne dosegajo najnovejših specifikacij za motorna olja. Tako je njihov tržni delež že pod 2 %, v prvo polnjenje traktorjev pa to olje tudi po večini ne gre več. Tako se skupaj s kakovostnimi motornimi olji vse bolj uporabljajo olja UTTO.

Glede na najnovejše ekološke zahteve je vedno večji poudarek tudi na biološko razgradljivih oljih UTTO. Z izdajo Pravilnika o varstvu gozdov (Ul. RS 92/00), ki v 17. členu (Varstvo vodnih območij) določa obvezno uporabo biološko razgradljivih olj v območjih s prvo stopnjo poudarjenosti hidrološke funkcije ter v predelih zavarovane narave, so biološko razgradljiva olja dokončno dobila svoje mesto in ceno.

## 3 Biološko hitreje razgradljiva traktorska olja

Primerne hitro razgradljive, nestrupene bazne tekočine za zamenjavo mineralnih traktorskih olj so:

- naravni estri:
  - repično olje,
  - sončnično olje,
- sintetični nenasičeni estri:
  - oleati TMP,
- sintetični nasičeni estri.

Rastlinska olja imajo v primerjavi z mineralnimi olji, ki so bolj nevarna zdravju človeka in težko razgradljiva,

vrsto prednosti, predvsem v hitrejši biološki razgradljivosti, nestrupenosti in obnovljivosti surovine. Vendar niso vsa rastlinska olja primerna za maziva. Za dobro delovanje morajo maziva izpolnjevati določene zahteve, kot so dobra mazalnost, dobra korozijska zaščita, združljivost z ostalimi materiali, dobre nizkotemperaturne lastnosti ter zadovoljiva oksidacijska in hidrolitična stabilnost. Zaradi kakovostnih in tudi ekonomskih razlogov se za maziva največ uporabljata repično olje in sončnično olje z visoko vsebnostjo oleinske kisline. Največji problem naravnih biološko razgradljivih olj je v neprijetno slabši oksidacijski stabilnosti glede na mineralna olja. Sintetični estri pa se s svojimi lastnostmi že zelo približajo mineralnim oljem in predstavljajo velik kakovostni korak v razvoju biološko razgradljivih olj. Med najpomembnejšimi so nenasičeni estri, ki so po sestavi podobni naravnim estrom, vendar imajo boljše lastnosti, ter nasičeni estri, ki tudi že v mnogočem prekašajo mineralna olja [3–6].

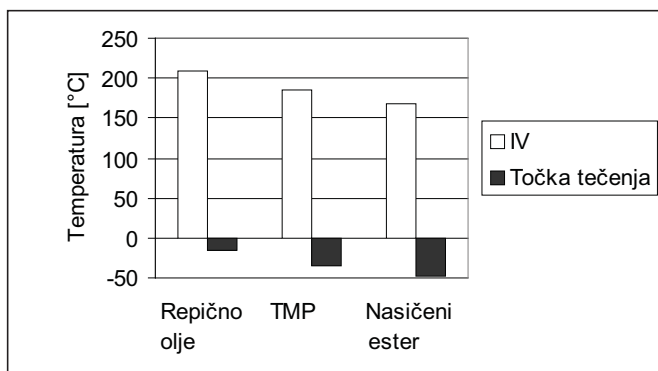
### 3.1 Osnovne lastnosti biološko hitreje razgradljivih olj

V primerjavo osnovnih lastnosti biološko razgradljivih olj smo zajeli naslednje parametre:

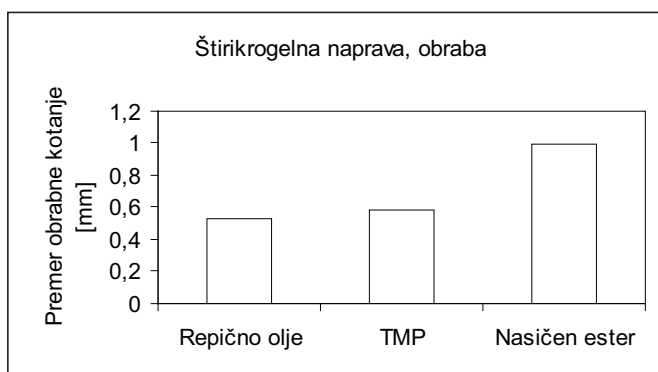
- indeks viskoznosti (SIST ISO 2909),
- točka tečenja (SIST ISO 3016),
- mazalne lastnosti:
  - štirikrogelni aparat Four Ball – obraba (DIN 51 350),
  - FZG – stopnja zajedanja (DIN 51 354),
- oksidacijska stabilnost RBOT (ASTM D 2272).

Vsa biološko hitreje razgradljiva olja imajo v primerjavi z mineralnimi olji (IV 90) zelo visok indeks viskoznosti (>170), kar prikazuje slika 2. To pomeni manjši padec viskoznosti pri segrevanju olja.

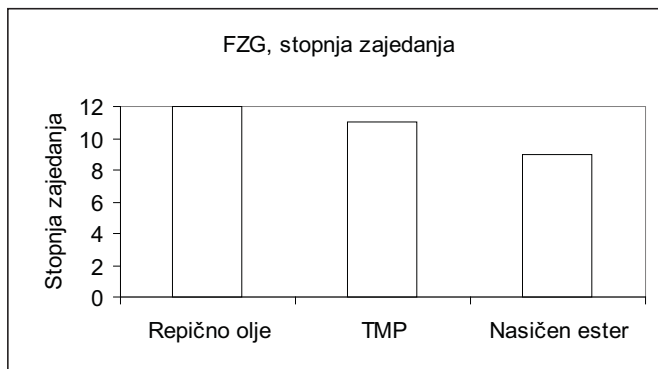
Repična mazalna olja imajo izredno dobre mazalne lastnosti, ravno tako estri TMP, medtem ko imajo nasičeni estri (neaktivirani) primerljive mazalne lastnosti z mineralnim oljem, kar prikazujeta sliki 3 in 4.



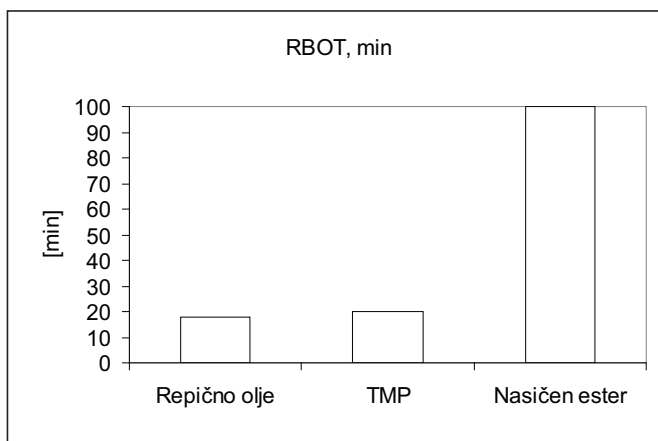
Slika 2. Indeks viskoznosti in točka tečenja za posamezne estre



Slika 3. Rezultati preskušanja odpornosti olj na obrabo na štirikrogelni napravi po DIN 51 350



Slika 4. Rezultati preskušanja odpornosti olj na zajedanje na napravi FZG po DIN 51 3540



Slika 5. Oksidacijska stabilnost estrov po ASTM D 2272

Majhen povprečen premer obrabne kotalnje na štirikrogelni napravi (slika 3) in visoka stopnja preprečevanja zajedanja na napravi FZG (slika 4) sta pričakovana, ker naravna olja in oleati TMP vsebujejo izjemno polarne organske molekule (maščobne kisline). Te molekule se s svojim polarnim koncem adsorbirajo na kovinsko površino in znižujejo torni koeficient. Mazalni učinek se ustvari s fizikalno oz. kemično adsorpcijo maziva na površino, tj. z nastankom nizkostrizne plasti polarnih molekul med kontaktnima površinama [2, 6, 7]. V tem primeru so nizki povprečni koeficienti trenja funkcija baznega olja. Tudi zaradi manjšega padca viskoznosti pri estrih je posledično debelina mazalnega filma večja, ločevanje površin boljše, kontakti med vršički so preprečeni z debelejším mazalnim filmom, površine se posledično manj segrevajo, zato so tudi temperature olja v obratovanju pričakovano nižje [7, 10, 11, 12].

**Preglednica 2.** Načini aditiviranja posameznih baznih olj

Repično olje/ oleati TMP	Nasičeni estri
zniževala točke tečenja antioksidanti dodatni aditivi (inhibitorji korozije, protipenilci ....)	AW/EP antioksidanti dodatni aditivi (inhibitorji korozije, deemulgatorji, protipenilci ....)

Nizkotemperaturne lastnosti posameznih estrov pa se znatno razlikujejo (slika 2). Naravno repično olje ima točko tečenja približno  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , oleati TMP približno  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , medtem ko nasičeni estri celo pod  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s čimer prekašajo tudi mineralna olja. Za zmerna podnebna razmerja temperature  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ne predstavljajo problemov, za hladnejša podnebja pa naravni estri nikakor ne ustrezajo več.

Najboljšo oksidacijsko odpornost ima zaradi svoje sestave nasičeni ester, medtem ko imata naravni ester in oleat TMP znatno nižjo oksidacijsko stabilnost (slika 5).

### 3.2 Aditiviranje biološko razgradljivih olj

Naravni estri in oleati TMP imajo dobre mazalne lastnosti, vendar sla-

bo oksidacijsko stabilnost. Največja pomanjkljivost nasičenih estrov so relativno slabe mazalne lastnosti, vendar pa imajo odlično oksidacijsko stabilnost. Zato je za posamezne vrste baznih olj potrebno tudi različno aditiviranje, kar prikazuje preglednica 2 [8, 9].

S pravilnim aditiviranjem lahko protiohrabne lastnosti nasičenih estrov znatno izboljšamo, ravno tako pa se lahko izboljša tudi že tako dobra oksidacijska stabilnost (slika 6 in 7).

### 4 Sklepi

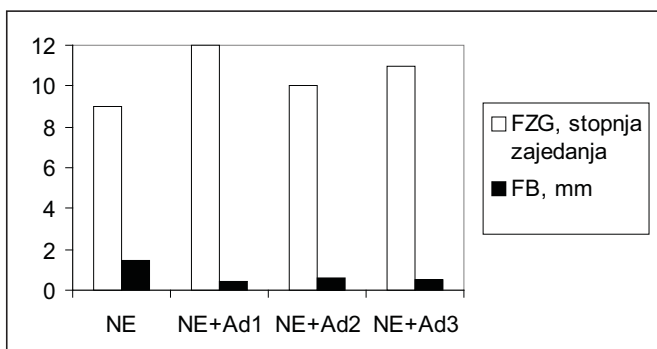
Traktorska olja predstavljajo pomemben delež pri vzdrževanju kmetijskih strojev in naprav. V skladu z najnovejšimi trendi v razvoju in uporabi traktorskih olj se sedaj uporabljajo univerzalna traktorska olja (UTTO) skupaj z modernimi motornimi olji. Medtem ko je uporaba super univerzalnih traktorskih olj (SUTO) v upadanju, je vse večji trend uporabe biološko razgradljivih olj, predvsem na zaščitenih in vodovarstvenih območjih. Določene pomanjkljivosti prvih biološko razgradljivih olj se poskušajo odpraviti z novimi, bolj kakovostnimi baznimi olji, predvsem nasičenimi estri, ki imajo znatno boljšo oksidacijsko stabilnost. Seveda

morajo biološko razgradljiva olja izpolnjevati tako zahteve glede biološke razgradljivosti in netoksičnosti, poleg tega pa tudi tehnične zahteve, saj nek stroj oz. naprava ne razlikuje med mineralnim ali kakršnimkoli drugim oljem – olje mora izpolnjevati enake zahteve.

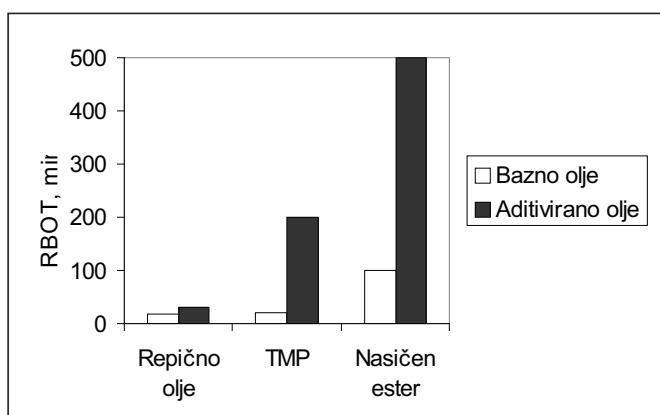
Nasičeni estri predstavljajo velik korak v razvoju biološko razgradljivih olj, saj so po kakovosti primerljivi mineralnim oljem, v mnogočem pa jih tudi prekašajo. Oksidacijska stabilnost je primerljiva mineralnim oljem, kar pomeni, da lahko ostanejo v sistemu enako dolgo kot mineralna olja, imajo široko temperaturno območje uporabe ( $-40$  do  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), s pravim aditiviranjem pa tudi zlahko dosežejo dobre mazalne lastnosti repičnih olj in oleatov TMP.

### Literatura

- [1] Möller, U. J.: "Biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe-Einführung in die Problematik", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [2] Möller, U. J.: "Umweltaspekte beim Einsatz von Schmierstoffen", VDI-Ber. 680 (1988), 321–337.
- [3] Hänssle, P., Hoppe, D.: "Umweltverträgliche syntetische Schmierstoffe", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [4] Wilkinson, J.: "Biodegradable lubricants-a review", Maziva 93, Poreč.
- [5] Lal, K., Carrick, V.: "Performance Testing of Lubricants Based on High Oleic Vegetable Oils", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [6] Hubmann, A.: "Chemie pflanzlicher Öle", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [7] Kabuya, A., Bozet, J. L.: "Comparative Analysis of the Lubricating Power Between a Pure Mineral Oil and Biodegradable Oils of the Same Mean ISO Grade", Lubricants and Lubrication / D. Dowson (Editor), Elsevier 1995.



**Slika 6.** Mazalne lastnosti nasičenega estra (NE) po aditiviranju z različnimi aditivi



**Slika 7.** Oksidacijska stabilnost estrov po aditiviranju

# synthetic BIOLUB

## 46

### Petrol Biolub 46 Synthetic

je vrhunsko biološko razgradljivo hidravlično olje izdelano na osnovi nasičenih sintetičnih estrov (HEES). Olje je posebej namenjeno visoko obremenjenim strojem in napravam, ki delujejo na področjih, kjer obstaja možnost onesaženja zemlje in vode z mazivom (traktorji, poljedelski, gozdarski, gradbeni stroji, vodne zapornice,...). Uporablja se za hidravlične sisteme, kompresorje, ležaje, gonila, cirkulacijsko mazanje, ipd. Visoka kakovost zagotavlja izredno dolge intervale menjave in uporabo v širokem temperaturnem območju od -40° C do +90° C. Več informacij na [www.petrol.si](http://www.petrol.si).



**PETROL**  
[www.petrol.si](http://www.petrol.si)

- [8] Hubmann, A.: "Additivierung pflanzlicher Schmierstoffe", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [9] Schülert, G., Bernhard, U., Ude, G., Geiger, G.: "Alterungsverhalten von umweltschonenden Hydraulikflüssigkeiten", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 94.
- [10] Michaelis, K., Höhn, B.-R.: "Reibungsverhalten biologisch leicht abbaubarer Schmierstoffe", Ökologische und ökonomische Aspekte der Tribologie, TAE 1994.
- [11] Arnšek, A., Vižintin, J.: "Lubricating Properties of Raspeseed-Based Oils", JSL 16-4, 1999.
- [12] Arnšek, A., Vižintin, J.: "Lubricating Properties of Raspeseed Oils Compared to Mineral Oils under a High Load Oscillating Movement", JSL 17-3, 2000.



*nadaljevanje s strani 337*

■ **24th International Maintenance Conference IMC-2009 and Predictive Maintenance Technology Conference, and Lubrication World PdM-2009 - 24. mednarodna konferenca o vzdrževanju 2009 skupaj s Konferenco o preventivnem vzdrževanju 2009**

17.–19. 11. 2009

Hilton Ocean Walk Village  
Daytona Beach, Fla, USA

Organizator/Informacije:

– [www.maintenanceconference.com](http://www.maintenanceconference.com)

*nadaljevanje na strani 363*

# KRMILJENO HIDRAVLIČNO PREMIKANJE



Dvigovanje težkih bremen na mostni konstrukciji železniške proge za visoke hitrosti v Španiji z ENERPAC-ovim dvižnim sistemom.

Enerpac je specialist na področju visokotlačne hidravlike in konstrukcije hidravličnih sistemov za krmiljeno in nadzorovano premikanje posebno velikih in težkih objektov. V sodelovanju z našimi inženirji razvijamo napredne koncepte in tehnike za krmiljenje gibanja težkih bremen.

## KOMPLETNE REŠITVE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

ENERPAC GmbH • Postfach 300113 • D-40401 Düsseldorf  
Willstätterstrasse 13 • D-40549 Düsseldorf • Deutschland  
Tel.: +49 211 471 490 • Fax: +49 211 471 49 28

**ENERPAC** 

www.enerpac.com  
info@enerpac.com

8215 SL

nadaljevanje s strani 362

### ■ FLUIDTRANS COMPOMAC 2010 – Mednarodni sejem fluidne in pogonske tehnike ter mehatronike

4.–7. 05. 2010  
Milano, Italia

Informacije:

– glej objave dosedanjih sejmov Fluidtrans-Compomac

### ■ AUTOMATICA 2010 – Vodilni mednarodni sejem avtomatike in mehatronike – razstave, konference

8.–10. 06. 2010  
München, BRD

Tematska področja:

- Avtomatizacija strege in montaže
- Robotika
- Industrijska uporaba IT s poudarkom na obdelavi risbe in slike
- Industrijska avtomatizacija (v avtomobilski, strojni, kovinskopredelovalni, elektro- in elektronski, far-

macevtski in kozmetični industriji, industriji umetnih materialov itn.)

- Mednarodni simpozij o robotiki

Organizatorji:

- Messe München
- Congress Center München (ICM)
- ISR 2010/Robotik 2010 (že 07. 06. 2010)

Informacije:

- www.automatica-munich.com

### ■ 20. FAKUMA – Internationale Fachmesse für Kunststoffverarbeitung – Mednarodni strokovni sejem o predelavi umetnih mas

13.–17. 10. 2009  
Friedrichshafen, BRD

Organizator:

- Messe Friedrichshafen

Informacije:

- www.fakuma-messe.de

# Znižanje stroškov z učinkovito oskrbo s stisnjenim zrakom

Robert HARB, Martin TERBUC, Rok TRELC

## ■ 1 Uvod

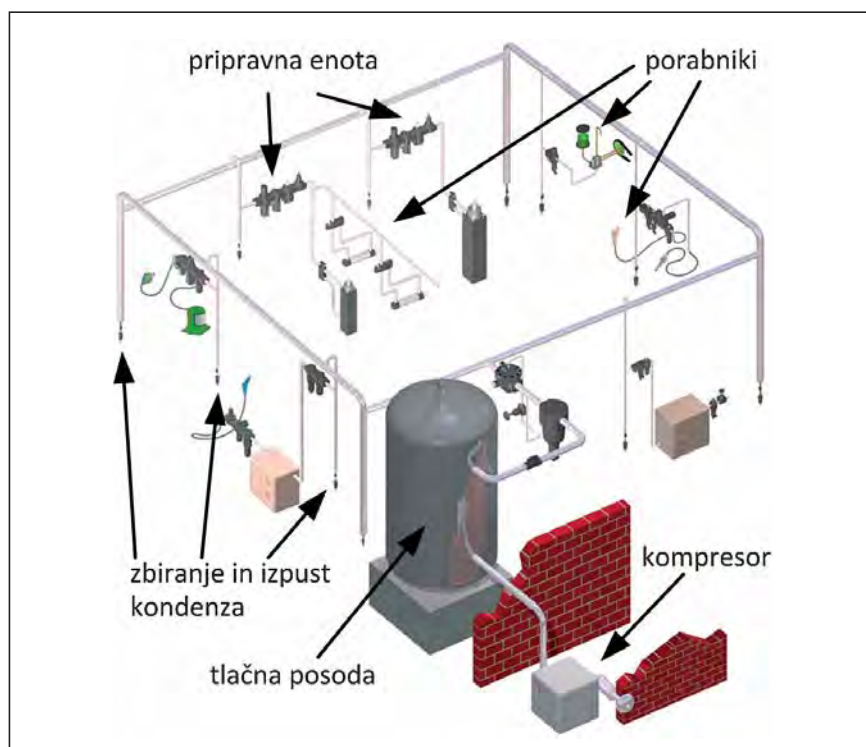
Stisnjen zrak je varna, čista oblika energije in je ob elektriki najpogostejše uporabljani vir energije v industriji. Njegova uporabnost in varnost sta zelo dragi, saj je kot energija ok. 50-krat dražji od zemeljskega plina in olja ter 10-krat od elektrike [6]. V času naraščanja stroškov energije in velike konkurence postaja učinkovita raba stisnjenega zraka vse bolj pomembna. V praksi deluje večina vseh pnevmatičnih sistemov pomanjkljivo. Nema lokrat se zgodi, da se na tvorjenje, dobavo in pripravo zraka kot bistven vir energije za nove ali pa povečane proizvodne zmogljivosti preprosto pozabi. Tako se pozneje iščejo najhitrejše in najcenejše rešitve, ki pa večinoma niso najučinkovitejše in najboljše. Pri tem gre ob sami porabi energije še za njeno kakovost in tudi za ekologijo.

V študiji inštituta Fraunhofer je bila opravljena analiza sistemov zraka za več sto podjetij znotraj EU, ki kaže na splošno slabo stanje pri uporabi zraka kot medija za prenos energije:

- 80 % vseh pnevmatičnih sistemov deluje pomanjkljivo zaradi puščanja,
- v nekaterih primerih bi lahko prihranili 50 % porabljene energije,
- v EU obstaja možnost 33 % prihranka energije.

Vir: Fraunhofer Institut für Systemtechnik, 2001 [7]

Robert Harb, univ. dipl. inž., dr.  
Martin Terbuc, univ. dipl. inž.,  
Šolski center Ptuj; Rok Trelc, dipl.  
inž., HPE, d. o. o., Ljubljana



Slika 1. Razvodno omrežje s pripravnimi enotami in porabniki

## ■ 2 Pridobivanje stisnjenega zraka

Dobava stisnjenega zraka pomeni končnemu uporabniku predvsem

zavedo šele takrat, ko stroj ali naprava, ki potrebuje pnevmatično energijo, ne deluje po pričakovanjih. Sistemi stisnjenega zraka so med najslabše razumljenimi in najbolj zapostavljenimi, kar se jih uporablja v industriji. Zato je treba, poleg učinkovitega vzdrževanja, usmeriti večjo pozornost tudi v celovito načrtovanje pnevmatičnih sistemov – od velikosti in resničnih potreb končnih uporabnikov pnevmatične energije do sistemov za njeno proizvodnjo in pripravo (slika 1).

to, da je nekje na voljo priključek, na katerega lahko priključi novega porabnika. Kaj vse je potrebno, da pride zrak po dovodnih ceveh do priključka, se uporabniki običajno

Za končne uporabnike je dokaj samoumevno, da pnevmatična energija je, da je ustrezne kakovosti in da je medija dovolj. Koliko to stane, pa do

sedaj še ni bilo toliko pomembno. Glede na to, da se stopnja avtomatizacije v industriji nenehno povečuje in da bo energija zmeraj dražja, bo treba pnevmatične sisteme obravnavati celoviteje tudi z vidika porabe energije.

## 2.1 Stroški zraka

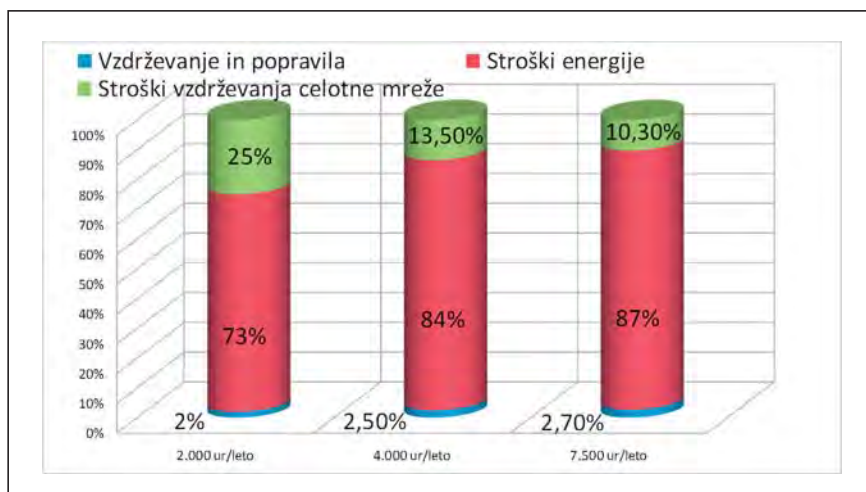
Poraba električne energije za pridobivanje stisnjene zraka je pogosto podcenjena. Proizvajalci kompresorjev so ugotovili, da se več kot 10 % električne energije v evropski industriji porablja za zagotavljanje zraka. Z izboljšavami bi bilo tako mogoče v povprečni tovarni prihraniti do 30 % v te namene porabljene energije.

Stroške oskrbe s stisnjnim zrakom predstavljajo:

- stroški električne energije za pogon kompresorjev,
- stroški vzdrževanja pnevmatičnega razvodnega omrežja,
- vzdrževanje in popravila kompresorjev.

Vpliv posameznih skupin na celotne stroške je odvisen od letnih obratovalnih ur (slika 2). Največji strošek predstavlja električna energija za pogon kompresorjev. Stroški energije se gibljejo od 73 % pri 2000 obratovalnih urah na leto do 87 % pri 7.500 obratovalnih urah na leto [4]. Razlogi za to so: poraba energije kompresorja v prostem teku, če je prevelika razlika med vklopom in izklopom kompresorja, nepravilno dimenzionirano omrežje, netesna mesta, puščanje sistema, izgube na aktuatorjih itd.

Povečano porabo energije povzroča tudi nenadzorovana in neprimer-



Slika 2. Stroški energije [8] % bi bilo treba odmakniti od številke

na nastavitev tlaka. Čezmerni tlak povzroča tudi povečano obrabo opreme, kar vpliva na večje stroške vzdrževanja in krajšo dobo uporabnosti. Empirično velja, da vsako povečanje delovnega tlaka za približno 0,14 bara (0,14 MPa) poveča stroške priprave zraka za približno odstotek [1, 2, 3]. To je sicer izkustvena ocena in ne teoretično izračunana vrednost, a opozarja na možne vzroke izgube oziroma priložnosti za prihrankov energije.

## 2.2 Investicije v izboljšanje učinkovitosti oskrbe s stisnjnim zrakom

Stisnjeni zrak spada zaradi velikega števila komponent za njegovo pripravo in prenos med najdražje medije, zato je pomembna učinkovitost njegove distribucije. Dobava zraka v obratih in tovarnah ne pomeni samo delovanja kompresorja glede na njegovo kapaciteto in potrebe po zraku, ampak je mnogo več. Kompresorji in porabniki so povezani v sistem, ki

je zelo podoben električnemu, kjer kompresorji predstavljajo elektrarne, cevovodi, filtri, sušilniki, odvajalniki itd. pa ožičenje s transformatorji; različna orodja in stroji pa imajo vlogo porabnikov (slika 1). Podobno, kot je pomembna neprekinjena dobava električne energije, sta pomembni tudi zanesljivost in razpoložljivost dobave zraka, ki zagotavljata varno in nemoteno delovanje pnevmatičnih naprav. Zavedati se moramo, da se ustrezni ukrepi za povečanje učinkovitosti oskrbe v glavnem porvnejo v šestih mesecih, torej se jih izplača čim prej izvesti.

Prvi vir prihranka je odprava puščanja. Puščanje v pnevmatičnem sistemu je neizogibno in povzroča več problemov, kot si navadno predstavljamo. Neenakomeren tlak v kompresorskih sistemih je lahko tudi posledica porabnikov, ki niso priključeni za regulatorjem tlaka. Taki porabniki delujejo pri tlaku distribucijskega sistema, ki je lahko bistveno višji, kot je pa potreben



Slika 3. Mesta puščanja



za zanesljivo delovanje določenega porabnika. Zaradi njih je v cevovodu skoraj nemogoče vzdrževati enakomeren tlak. Brez sanacije lahko puščanje vpliva tako na proizvodnjo kot na kakovost izdelkov. Velike možnosti prihranka pri odpravi puščanja so mamljive, vendar nesistematična odprava izvorov puščanja vodi le v še hitrejšo rast novih izvorov. Investicija v tako nesistematično odpravo se ne povrne. Enkratno odkrivanje in odpravljanje puščanja je potrat časa in denarja. Boljše poznavanje potreb končnih porabnikov po zraku in pravilno izbran sistem regulacije tlaka zmanjšata stroške puščanja. Po ugotovitvi lokacij puščanja [5] (slika 3) se je potrebno posvetiti določanju glavnih povzročiteljev in odpravljanju napak.

Meritve oziroma preglede z ultrazvočnim detektorjem je potrebno izvajati pogosto, saj je le tako mogoče zagotoviti ohranjanje zelene stopnje puščanja. Če se pregledi ne izvajajo redno, se bo stopnja puščanja zagotovo poslabšala.

Navadno je za ugotovitev puščanja potrebno:

- izvesti meritve pretoka po posameznih vejah, obdelati rezultate in izdelati poročilo,
- ugotavljati puščanje z ultrazvočnim detektorjem, označiti mesta puščanja in izdelati popis mest puščanja,
- izdelati oceno predvidenih stroškov sanacije,
- izvesti sanacijo sistema in s tem odpraviti puščanje.

Pogosto dosega puščanje v sistemih do 30 % celotne porabe [5]! V tabeli 1 so navedene izgube zaradi puščanja pri različnih velikostih luknjic. Vrednosti v tabeli so izračunane ob predpostavki, da je cena električne energije enaka 0,045 €/kWh.

Pomembno je določiti raven puščanja, ki je za sistem še sprejemljiva. 5 % puščanja je izredno dober uspeh. 10 % puščanja se prav tako upošteva kot dober, če že ne kar izredno dober uspeh [5]. Sprejemljivo raven puščanja izberemo na podlagi

**Tabela 1.** Stroški zaradi puščanja [5]

Premer luknjice [mm]	Puščanje zraka pri 7 bar tlaka [m <sup>3</sup> /min]	Potrebna moč za komprimiranje izgubljenega zraka [kW]	Letni strošek puščanja [€ – 40h/ teden]	Letni strošek puščanja [€ – 120h/ teden]
0,4 (glavica bucike)	0,012	0,1	10,00	25,00
1,6 (glavica vžigalice)	0,1860	1,0	100,00	250,00
3,0	0,66	3,5	350,00	875,00

ekonomskih faktorjev. Cilj je doseči maksimalen učinek z minimalnim vložkom dela in denarja. Tip in število izvorov puščanja določata obseg potrebnega dela. Montažna linija s stotimi ali več odjemnimi mesti bo imela bistveno več puščanja kot procesna linija z več cevovodi in manj odjemnimi mesti. Na trgu obstajajo določeni modeli povezovalnih cevk, priključkov in hitrih spojk, ki so bistveno manj nagnjeni k puščanju. Nabavna cena teh elementov je navadno nekaj višja, vendar sprejemljiva glede na visoke stroške puščanja ter potrebne kasnejše sanacije puščanja. Puščanje je potrebno odpraviti do te mere, da lahko potrebe po zraku pokrivamo z manj kompresorji – izklopimo enega ali več kompresorjev. Manj ambiciozni cilji so samo potrat časa.

Drugi prihranek, približno 6 %, je mogoče doseči z drugačnim delovanjem kompresorjev. Običajna metoda je vklapljanje in izklapljanje kompresorjev v zaporedju. Tlak pri tem lahko niha za 1 bar ali več. Z boljšimi krmilniki je mogoče doseči, da je v uporabi samo ustrezno velik kompresor v določenem trenutku, pri tem pa zadošča razlika v tlaku 0,1–0,2 bar. Za takšen krmilnik so potrebne zanesljive vhodne informacije, te so predvsem izmerjene vrednosti tlaka in pretok zraka.

10 % energije je mogoče prihraniti, če vsak posamezen kompresor deluje optimalno. Za regulator, ki je vgrajen v posamezno enoto, je zelo pomemben podatek o dejanski kapaciteti zraka, ki ga enota daje na izhodu. Zato pa je potreben natančen in zanesljiv merilnik pretoka.

Ustrezna izbira kompresorskih enot lahko pomeni nadaljnjih 5 % prihranka z uporabo visoko učinkovitih motorjev, učinkovitih kompresorskih blokov in modernih krmilnikov.

Ustrezno dimenzionirani filtri, odvajalniki itd. prispevajo dodatnih 5 % zaradi prihranka pri nepotrebnih padcih tlaka.

### ■ 3 Optimizacija porabnikov zraka

Ukrepi za povečanje učinkovitosti izrabe stisnjene zraka so:

- redno vzdrževanje celotnega sistema,
- pregled in optimizacija pnevmatičnih shem,
- zamenjava spojk in cevi,
- ocena učinkovitosti šob in pištol za izpihovanje,
- nadomestitev dvosmernega vpenjalnega valja z enosmernim,
- optimizacija distribucijske mreže v strojih.

Zračno hlajen kompresor je med delovanjem učinkovit vir toplote, kar pomeni, da lahko to energijo porabimo npr. za ogrevanje zraka ali vode.

Razlika v porabi tlaka med kompresorjem in najbolj oddaljenim porabnikom bi morala biti manjša od 1 bara. Pregledati je potrebno sistem, če dovod zraka presega 7 barov. Primerjati moramo realno in optimalno porabo tlaka s pomočjo meritev in beleženj. Če zmanjšamo tlak za 1 bar, pomeni to tudi prihranek do 10 % [1, 2, 3].

S samo temi ukrepi lahko prihranimo skoraj 75 % možnega prihranka energije!

## ■ 4 Sklep

Stroški puščanja predstavljajo večji delež stroškov, ki jih je moč zmanjšati z dobrim vzdrževanjem, z ustreznim razdelilnim omrežjem in z majhnimi finančnimi vlaganji. V praksi se izkaže, da so občasne ali nesistematične sanacije nesmiselne in ne dosežejo pričakovanih prihrankov pri porabi stisnjene zraka. S sistematičnim pristopom in s podporo vodstva podjetja lahko v podjetju vzpostavi- te nadzor nad ogromnimi izgubami zaradi puščanja.

Ne puščajte, da vam puščanje odžira vaš zaslužen dobiček. Lotite se odkrivanja in odpravljanja sistematično, predvsem pa postavite vodstvo podjetja na čelo akcije.

## Literatura

- [1] Meixner, H., Sauer, E. : Uvod v elektropneumatiko, Festo Didactic, Esslingen, 1983.
- [2] Meixner, H., Kobler, R.: Uvod v pneumatiko, Radizel: ĩernel & Rogina, 1989.
- [3] Harb, R.: Krmilna tehnika, Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2008.
- [4] www.smc.si.
- [5] www.hpe.si/
- [6] Kožuh, M., Špendal, M. Varčno z energijo pri rabi komprimiranega zraka – Ljubljana: Ministrstvo za gospodarske dejavnosti [1997]:
- [7] http://www.eu-energystar.org.
- [8] Radgen, P., Blaustein, E.: Compressed Air Systems in the European Union: Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions, Stuttgart: LOG\_X Verlag, 2001.



**HPE d.o.o., Ljubljana**

T: 01-5631-352  
 E: info@hpe.si  
 I: www.HPE.si

- Strokovna pomoč pri iskanju celovite rešitve komprimiranega zraka z meritvami in analizo obstoječega stanja.
- Ugotavljanje prihranka energije in izdelava simulacij.
- HPE je servisno orientirano podjetje, ki izvaja servis na vseh tipih kompresorskih postaj.
- Ultrazvočni in SPM pregled vijanih blokov za zagotavljanje nemotene proizvodnje in preventivnega vzdrževanja.
- Lastni razvoj krmilnih in nadzornih sistemov PLC kompresorskih postaj zaprihrank energije.
- Izvedba kompresorske postaje na ključ, z izdelavo PZI in PID dokumentacije.
- Uradni zastopnik za prodajo in servis kvalitetne opreme za komprimiran zrak svetovno največjega proizvajalca INGERSOLL-RAND, ter merilne opreme FCI, GEMINI, KTEK.





**HIB, Kranj, d.o.o.**

Savska c. 22, 4000 Kranj, Slovenija, tel.N.C.: 04/280 2300, fax: 04/280 2321  
<http://www.hib.si>, E-mail: info@hib.si



**PROIZVODNI PROGRAM:**

- Visokotlačne hidravlične cevi
- Industrijske cevi
- Priključki za hidravlične in industrijske cevi
- Hitre spojke za hidravliko in pnevmatiko
- Komponente za hidravliko
- Komponente za pnevmatiko
- Transportni trakovi
- Klinasti jermeni
- Tehnična guma









**Zastopamo: SEMPERIT (Avstrija), HABASIT (Švica)**  
**SALAMI (Italija), DNP (Italija), ZEC (Italija), MERLETT (Italija)**  
**AEROQUIP (Nemčija), NORRES (Nemčija), LUDECKE (Nemčija)**

**Poslovne enote:**

**LJUBLJANA**, Središka ul. 4, 1000 Ljubljana, tel.: 01/542 70 60, fax: 01/542 70 65

**CELJE**, Lava 7a, 3000 Celje, tel.: 03/545 30 59, fax: 03/545 32 00

**PTUJ**, Rajšpova ul. 16, 2250 Ptuj, tel.: 02/776 50 71, fax: 02/776 50 70

**MARIBOR**, HPS d.o.o., Ob nasipu 36, 2342 Ruše, tel.: 02/668 85 36, fax: 02/668 85 37

**SLOVENJ GRADEC**, Kov. galant. ŠTRUC, Pod bregom 4, 2380 Sl. Gradec, tel.: 02/883 86 90, fax: 02/883 86 91

**BREŽICE**, Sečen Ivan s.p., Samova ul. 8, 8250 Brežice, tel.: 07/496 66 50, fax: 07/496 66 52

**KOČEVJE**, Protos d.o.o., Reška cesta 13, 1330 Kočevje, tel./fax: 01/895 49 12

**SEMIČ**, Kovinostrojarstvo Martin Radoš, Cerovec 3, 8333 Semič, tel.: 07/306 33 20

# Pnevmatični hibridni motor avtomobila

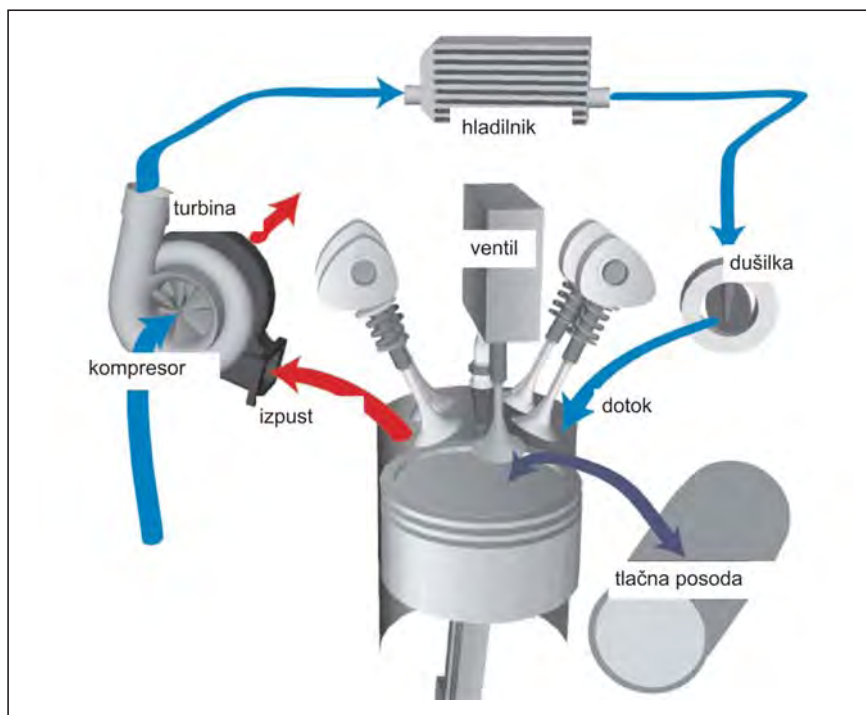
Dragica NOE

V zadnjem času je bilo mogoče v revijah, na znanstvenih konferencah in na spletu zaslediti nekaj objav o t. i. hibridnem pnevmatičnem motorju. Vzrok za to so objave rezultatov nekajletnih raziskav o možnostih znižanja porabe goriva v motorjih z notranjim zgorevanjem s pogonom s stisnjenega zraka. Raziskave izvajajo v laboratorijih v Švici – Department of Mechanical and Process Engineering ETH Zurich, Franciji – LME-ESEM, Université d'Orléans in na Švedskem – Combustion Engines, Lund University, Faculty of Engineering ter tudi v Koreji [1, 2, 3].

Prednost te tehnologije je ta, da je mnogo cenejša in prav tako ekonomična kot električni hibridni pogon. Znano je, da ima električni hibridni pogon določene slabosti. Je drag in si ga ne morejo privoščiti kupci v razvijajočih se državah, kot sta Kitajska in Indija, kjer so potrebe po mobilnosti največje. Pa tudi akumulatorji, ki se uporabljajo za shranjevanje električne energije, so težki in dragi. Tehnologija, ki omogoča povezovanje pogona na gorivo in električnega pogona, pa je zelo komplicirana.

Prav to je razlog, pravi profesor termodinamike Lino Guzzella na ETH Zürich, da električni hibridni avto ni edina rešitev [5, 6, 7]. Kot izkušen inženir išče nove rešitve, ki bi bile enostavnejše in sprejemljive tudi

Izr. prof. dr. Dragica Noe, univ. dipl. inž., revija Ventil



Slika 1. Shematična predstavitev zgradbe pnevmatičnega hibridnega motorja [1]

za ljudi z manjšo kupno močjo. V pnevmatičnem hibridnem pogonu vidi prihodnost. Novi hibridni pogon ima namesto akumulatorja rezervoar stisnjenega zraka. Ko je potrebna večja moč, npr. pri zagonu ali pri menjavi prestav, steče komprimirani zrak preko električno krmiljenih ventilov v motor (slika 1). In če je vbrizgano še gorivo, motor zelo hitro reagira. Čeprav je krmilni sistem za odpiranje ventilov prav tako tehnološko zahteven, je mogoče to danes uspešno rešiti zahvaljujoč programskim algoritmom in računalniškimi sistemom.

Stisnjeni zrak bo omogočil razvijalcem in inženirjem, ki jih vodi prof. Guzzella, da bodo zmanjšali dimenzije motorjev. Konvencionalni pogoni avtomobilov imajo 110 KW, vendar jih običajno rabijo le kakih 25 KW.

Zmanjševanje bo razpolovilo število cilindrov od štiri na dva. To razpolavlja tudi izgube zaradi trenja in povečuje povprečno izkoriščenost motorja.

Osnovna ideja pri razvoju hibridnega pnevmatičnega motorja je uporaba motorja ne samo za zgorevanje goriva, temveč tudi za komprimiranje zraka. Stisnjen zrak se nato uporabi za pogon istega motorja. Shema kaže, da izpušni plini poganjajo turbino, ki je na gredi kompresorja in sesa zrak iz ozračja ter ga preko hladilnika dovaja nazaj v motor. Odvečni stisnjeni zrak pa se shrani v tlačni posodi. Valji motorja z notranjim zgorevanjem so s tlačno posodo povezani preko elektronsko krmiljenega ventila (slika 1).

Na ta način je, po podatkih razvijalcev mogoče izdelati hibridni motor

tako za tiste z vžigalnimi svečkami kot tiste s kompresijskim vžigom (diesel).

Začetni preskusi v laboratorijih ETH Zürich kažejo, da je pot pravilna. Po evropskih testih so povečali učinkovitost motorjev od 18 do 24 odstotkov, to nekako odgovarja tretjini prihranka pri gorivu. Prihranek energije za 50 % je mogoče doseči v mestnem prometu, ker motor lahko črpa zrak v rezervoar stisnjenega zraka pri čakanju pred semaforjem in tudi pri zaviranju.

Razvijalci so patentirali idejo, da deluje motor kot štiritaktni tako pri zgorevanju kot pri pnevmatičnem delovanju.

Pnevmatični hibridni avto je lahko

mного cenejši in ravno tako ekonomičen kot električni hibridni. Strokovnjaki ugotavljajo, da imajo pnevmatični hibridni pogoni lepe možnosti, da se bodo uporabljali v vozilih prihodnosti [4, 5, 6].

### Literatura

- [1] Donitz, C., I. Vasile, C. H. Onder in I. Guzzella: Modelling and optimizing two- and four stroke hybrid pneumatic engines, Proc. IMechE. Vol. 223 Part D, 2009: J. Automotive Engineering, p. 225–280.
- [2] Higelin, P., A. Charlet, Y. Chamaillard: Thermodynamic Simulation of a Hybrid Pneumatic-Combustion Engine Concept Int. J. Applied Thermodynamics, Vol. 5 (No. 1) 2002, p. 1–11.
- [3] Trajkovic, S., P. Tunestål, B. Johansson: Simulation of a Pneumatic Hybrid Powertrain with VVT in GT-Power and Comparison with Experimental Data Division of Combustion Engines, Lund University, Faculty of Engineering; Copyright © 2007 SAE International.
- [4] [http://www.economist.com/sciencetechnology/tm/displayStory.cfm?story\\_id=13568891](http://www.economist.com/sciencetechnology/tm/displayStory.cfm?story_id=13568891).
- [5] [http://www.idsc.ethz.ch/Research\\_Guzzella/Hybrid\\_Powertrains/Hybrid\\_Pneumatic\\_Powertrain](http://www.idsc.ethz.ch/Research_Guzzella/Hybrid_Powertrains/Hybrid_Pneumatic_Powertrain).
- [6] <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090131113216.htm>.
- [7] <http://www.greencarcongress.com/2009/05/eth-hpe-20090523.html>.



**IFAM**  
international trade fair of  
automation & mechatronic  
27.-29.01.2010  
hall K, Celje, Slovenia [www.ifam.si](http://www.ifam.si)

Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo, robotiko, mehatroniko, ...

*International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...*

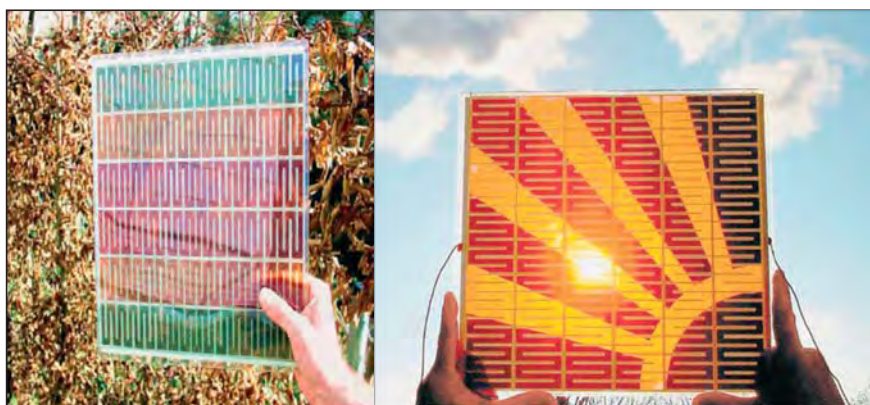
**icmw**  
PASSION FOR PERFECTION  
[ifam@icm.si](mailto:ifam@icm.si)

# Ali so lahko fotoelektrokemijske celice alternativa silicijevim fotocelicam?

Fotovoltaika je »prva dama« med primarnimi energetske viri, kot je sončna energija. Z njihovo pomočjo naj bi zmanjšali porabo fosilnih goriv. Ta je velika: kar 49 % fosilnih goriv porabimo za ogrevanje stavb, 31 % za pogon vozil in 20 % za proizvodnjo električne energije. Glede na omenjeno porabo se najbolj splača vlagati v razvoj sončnih sprejemnikov za pridobivanje tople vode za domačo uporabo in za ogrevanje stavb. Žal pri nas temu ni tako, čeprav imamo lep zgled v sosednji Avstriji, kjer je trenutno inštaliranih 3 milijone kvadratnih metrov sončnih sprejemnikov, pri nas pa le nekaj nad 100.000 m<sup>2</sup>. Razlogov za to je precej, med drugim tudi podcenjujoč odnos do sončnih sprejemnikov, pa čeprav je njihova proizvodnja primerna za raven slovenske industrije in bi dala prenekateremu malemu podjetniku možnost ne le preživetja, temveč bi ga kaj lahko hitro uvrstila med pomembnejše proizvajalce sončnih sprejemnikov v Evropi. V oporo tej trditvi naj omenimo, da smo na Kemijskem inštitutu razvili materiale, ki omogočajo proizvodnjo različnih tipov sončnih absorberjev, poleg običajnih s steklom kritih tudi

absorberje, ki so primerni za fasade stavb. Pokrivenih stekel ne potrebujejo, so različnih barvnih odtenkov in imajo srednje dober izkoristek. Njihov manjši izkoristek naj ne bi bil ovira glede na to, da lahko vedno dodamo na fasado stavbe še kak sončni sprejemnik več, saj imajo fasade večjo površino kot pa strehe, na katere sedaj praviloma inštalirajo sončne sprejemnike. Glede na usmeritev evropske platforme za sončno toploto ([www.esttp.com](http://www.esttp.com)) naj bi prišlo do leta 2020 vsaj 0,5 m<sup>2</sup> sončnih sprejemnikov na prebivalca, kar velja predvsem za južno Evropo. Še je torej čas, da se Slovenija vključi v nov razvojni cikel, ki je predviden v Evropi. Nasprotno od sistemov za pridobivanje sončne toplote je fotovoltaika (PV) deležna velikega zanimanja javnosti, in to ne le zaradi državnih poplačil za dobavo električne energije, temveč predvsem zaradi tega, ker je – to velja predvsem v gradbeništvu – modni trend. Energija, ki jo dajejo vsi PV-sistemi v Evropi, je vsaj 15-krat (!) manjša od energije, ki jo v Evropi pridobimo (podatki so za leto 2005) iz sončnih sprejemnikov. Razlog je v relativno manjših izkoristkih na kvadratni

meter PV-sistemov in ne nazadnje v visoki ceni. Prva generacija PV-celic, ki je cenovno najnižja, izkorišča kot osnovi material silicij (Si) (p-n stik), v katerem poteka pretvorba sončnega sevanja v elektriko, ima izkoristek 12–15 % (redko do 20 %). Tankoplastne PV-celice iz amorfne Si imajo izkoristek le do 10 %, malo večji (do 18 %) izkoristek imajo podobne CdTe in baker-indij-galij-diselenidne (CIGS) PV-celice, PV-celice z izkoristkom 40 % in več pa se uporabljajo le v satelitih in za terestično rabo ne pridejo v poštev. Čeprav je cena Si PV-sistemov v zadnjih letih padla, ni veliko možnosti, da bi postale dostopne vsem in malo je verjetno, da bi lahko elektrika, ki bi jo pridobili, bistveno pripomogla k zmanjšanju porabe fosilnih goriv, ki jih sicer porabimo za proizvodnjo električne energije (20 %). Zato je upravičeno poiskati Si PV-celicam alternativo. Te so: nanokristalinične PV-celice, v katerih je nanokristalinični titanov dioksid (TiO<sub>2</sub>) oplaščen z nanokristali CdTe ali PbSe (quantum dots), in polimerne (organske) PV-celice na osnovi električno prevodnih polimerov s konjugiranimi C-C-vezmi (derivati polioksitofena – PEDOT, ki je elektronski donor) z dodanim fulerenom (ta je elektronski akceptor). Obe vrsti PV-celic sta zaenkrat zanimivi le še za akademske kroge, nasprotno pa z barvili (sensitizers) senzibilizirane fotoelektrokemijske celice (dye sensitized photoelectrochemical cells – DSPEC) na osnovi nanokristaliničnega titanovega dioksida (TiO<sub>2</sub>), ki jih je leta 1991 odkril Švicar Michael Graetzel, že stopajo v obdobje komercializacije (Sony Corporation (izkoristek 10 %), G24 iz Walesa (UK), Dyesol (ustanovljen leta 2008), Solar Print).



Z barvili (sensitizers) senzibilizirane fotoelektrokemijske celice

Za Slovenijo so slednje zanimive glede na proizvodnjo  $\text{TiO}_2$  v celjski Cinkarni, v nekaterih slovenskih akademskih inštitucijah (Fakulteta za elektrotehniko, UL, Univerza v Novi Gorici) ter na Kemijskem inštitutu pa so v preteklih letih pridobili izkušnje s pripravo materialov, ki so potrebni za delovanje in proizvodnjo DSPEC-celic. Kar nekaj razlogov je, ki podpirajo trditev, da bo v svetu – upamo, da bomo udeleženi pri tem procesu – v nekaj naslednjih letih prišlo do njihove proizvodnje: izkoristek je okrog 10 % – torej je primerljiv s tankoplastnimi amorfnimi Si PV-celicami – materiali, ki omogočajo njihovo delovanje, so poceni ( $\text{TiO}_2$  – Cinkarna!), imajo dobre izkoristke tudi pri nizkih sončnih obsevanjih in izkoriščajo tudi sipano svetlobo (uporabni so lahko celo kot pomožen električen vir pri računalnikih), proizvodnja pa lahko poteka v vsakem okolju, ne da bi za to potrebovali suhe ali brezprašne prostore in vakuumске tehnološke postopke. Izdelava je preprosta: disperzijo (fino zmlat  $\text{TiO}_2$  v topilu) nanokristaliničnega  $\text{TiO}_2$  (naročite jo lahko pri firmi Solaronix v Švici) naneseemo na steklo s prevodno plastjo indijevega trioksida ( $\text{In}_2\text{O}_3$  dopiran s kositrom – ITO) (najenostavneje s screen-printingom), naneseemo plast termično obdelamo pri  $450\text{ }^\circ\text{C}$  ter tako dobimo fotoanodo z nekaj mikrometrov debelo plastjo poroznega nanokristaliničnega  $\text{TiO}_2$  (ta ima veliko površino – do  $200\text{ m}^2/\text{g}$ ), ki ga damo v alkoholno raztopino senzibilizatorja. Tipičen komercialno dosegljiv senzibilizator je barvilo iz rutenijevega bipiridila (black dye). Njegova vloga je bistvena: poskrbi za absorpcijo sončnega sevanja in z nastalimi fotoelektroni oskrbuje nanokristalinični  $\text{TiO}_2$ , ki poskrbi za njihov transport do prevodne elektrode (steklo z ITO-plastjo), na katero je nanesen. Tako narejena fotoanoda predstavlja en del DSPEC-celice, drugi del (katoda) celice pa je le tanka plast platine (lahko tudi tanka plast Pt na ITO-steklu – celica je v tem primeru delno prepustna za sončno svetlobo!), za električni kontakt med obema elektrodama pa poskrbi elektrolit. Vsak od omenjenih materialov ima svojo zgodbo, v kateri so se vrstili padci in vzponi. Kot kaže sedaj, je proizvodnja nanokristaliničnega  $\text{TiO}_2$

prišla v fazo, ko je strah, da bi zaradi njega prišlo do zastojev pri delovanju celic, minimalen. Isto velja za barvilo, saj zdrži nekaj milijonov vzburjanj s svetlobo, kar zagotavlja vsaj 10 let dolgo življenjsko dobo. Šibka točka DSPEC-celic je elektrolit, in to ne toliko njegova dolgotrajna stabilnost v celicah, saj je sila preprost. Sestavlja ga namreč raztopina kalijevega jodida in joda v organskem topilu (acetonitril). Problem je v hlapnosti acetonitrila in v strupenosti tako joda in kalijevega jodida za okolje, predvsem pa je težava v tem, da je izredno težko zagotoviti tesnjenje DSPEC-celic. Te se na soncu segrejejo, parni tlak acetonitrila (ali kakšnega drugega organskega topila) je velik in tlačni žep, ki nastane, hitro pripelje do puščanja celic in iztekanja elektrolita. Elektrolit za DSPEC-celice je med elektroliti posebnejš. Glavna naloga običajnih elektrolitov je, da zagotavljajo med obema elektrodama električni kontakt, ki poteka s prenosom kationov (recimo  $\text{Li}^+$ ) in anionov (recimo  $\text{ClO}_4^-$ ) v elektrolitu (organsko topilo ali voda). V elektrolitih za DSPEC-celice so poleg kationov (večinoma so to  $\text{K}^+$ ) tudi jodidni ( $\text{I}^-$ ) in trijodidni ( $\text{I}_3^-$ ) anioni. Dvojica  $\text{I}^-/\text{I}_3^-$  ima specifično lastnost, da se lahko število enih in drugih spremeni s pomočjo potenciala. Ta proces pa spremlja oddajanje ali sprejemanje elektronov. Recimo na stiku fotoanode z elektrolitom v primeru, ko je vzburjeno barvilo že oddalo fotoelektron elektron  $\text{TiO}_2$ , manjkajoče elektrone dobi barvilo nazaj na račun pretvorbe  $\text{I}^-$  v  $\text{I}_3^-$  (pravimo, da pride do oksidacije jodida v trijodid in s tem do redukcije barvila), na drugi strani celice (fotokatoda), na katero pridejo elektroni preko zunanega bremena, se njihov višek porabi za pretvorbo  $\text{I}_3^-$  nazaj v  $\text{I}^-$  (pride do redukcije trijodida v jodid). Električni krog je sklenjen, barvilo pa zopet v stanju, da absorbira sončno svetlobo. Takšne elektrolite imenujemo redoks. Omenjeni redoks par nastane v topilu spontano, če poleg kalijevega jodida v raztopino elektrolita dodamo še nekaj joda. Elektroliti so za delovanje DSPEC-celic prav tako pomembni kot fotoanoda. Z gotovostjo lahko trdimo, da prav zaradi pomanjkanja zanimanja za razvoj elektrolitov v preteklih dveh desetletjih DSPEC-celice še niso dosegle komercializacije. Tega se je

zavedal tudi sam Greatzel, ki je že pred desetimi leti predvidel dve rešitvi tega problema, ki sta nakazali nadaljnji razvoj DSPEC-celic. To je uporaba **ionskih tekočin** in izdelava **trdnega elektrolita**. Pri iskanju teh rešitev smo bili vse od leta 2000 aktivni tudi na Kemijskem inštitutu. Ionske tekočine so po svojih lastnostih analogne raztaljenim običajnim solem (recimo raztaljeni kuhinjski soli –  $\text{NaCl}$ ), vendar so tekoče že pri običajnih temperaturah. Razlog za njihovo tekoče stanje je v tem, da so kationi veliki (majhna površinska gostota naboja) in so organske narave, naprotno z običajnimi solmi ( $\text{KJ}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KBr}$ , itd), kjer so kationi praviloma majhni. Odlično prevajajo električni tok, imajo zanemarljiv parni tlak (ne hlapijo) in so obstojne do  $300\text{ }^\circ\text{C}$  in več. Ionske tekočine veliko obetajo. Naprodaj so pri firmi Solaronix. Standardna celica z ionskimi tekočinami ima izkoristek 12 %. Druga razvojna smer DSPEC-celic so trdni elektroliti. Čeprav so glede na svoje trdno agregatno stanje in na sposobnost lepljenja obeh delov med seboj DSPEC-celice vsekakor obetavnejše od ionskih tekočin, pa je glavna težava v njihovi manjši ionski prevodnosti (do 100 x). Kljub tem slabim možnostim smo v Laboratoriju za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu uspeli narediti trdni elektrolit, ki omogoča izdelavo DSPEC-celic z izkoristkom 5,7 % (Patent *WO2004095481 A1 2004-11-04*), kar pa je vseeno premalo, da bi se splačalo pričeti z njihovo proizvodnjo. Raziskave, ki jih trenutno opravljamo na KI, potekajo v smeri, ki bi dala kompromisno rešitev, torej elektrolite, ki združujejo dobre lastnosti obeh elektrolitov – so trdni in imajo visoko ionsko prevodnost, ki je sicer značilna za ionske tekočine. PV-sistemi na osnovi DSPEC-celice so torej na tem, da pride do njihove komercializacije. Trenutek je pravi, da se izoblikuje odločitev o tem, ali bomo v Sloveniji le preprodajali PV-sisteme ali bomo med tistimi, ki jih tudi izdelujejo. Prepričan sem, da je v Sloveniji dovolj znanja, da bi bili pri njihovi proizvodnji tudi uspešni.

*Prof. dr. Boris Orel, Kemijski inštitut v Ljubljani  
Janez Škrlec, inž., OZS – odbor za znanost in tehnologijo*

## Zmanjšanje porabe energije in povečanje učinkovitosti postopkov s programirljivimi krmilniki za avtomatizacijo (PAC)

**Izziv:** Razvoj sistema za avtomatizacijo v objektu za recikliranje jekla, ki bi zmanjšal porabo energije, da bo skladna z državnimi predpisi o porabi energije, hkrati pa izboljšal varnost in učinkovitost obrata.

**Rešitev:** Uporaba programirljivih krmilnikov za avtomatizacijo (PAC) družbe National Instruments in grafičnega programskega okolja NI LabVIEW za razvoj rešitev za avtomatizacijo obrata, ki natančno merijo potrebno energijo za recikliranje jekla in izboljšujejo varnost v objektu.

»Pri programiranju z LabVIEW in PAC smo v primerjavi s programiranjem s PLK-ji in lestvično logiko opazili 10-krat večjo učinkovitost inženirjev in programerjev ter drastično zmanjšanje stroškov avtomatizacije objekta.«

Dva od vsakih treh kilogramov jekla sta izdelana iz že uporabljenega jekla, tako da je to najbolj pogosto recikliran material v Severni Ameriki. Za recikliranje jekla porabimo med 60 in 74 odstotkov manj energije kot pri proizvodnji novega jekla iz surovin, kar je enako letni količini energije za 18 milijonov domov.

### Izboljšanje recikliranja jekla

Jeklarska podjetja nenehno izboljšujejo svoje postopke recikliranja, da bi bili učinkovitejši in prijaznejši okolju. V podjetju Nucor nam veliko pomeni, da varujemo okoljske vire, zato smo postali največje podjetje za recikliranje v Severni Ameriki. Leta 2005 smo kupili podjetje Marion Steel v mestu Marion v Ohio, ki je v središču območja, kjer se porabi skoraj 60 odstotkov jekla v Združenih državah Amerike. Ohraniti želimo svoje visoke standarde, zato smo pri

Dave Brandt, electrical engineer, Nucor Corp Marion, OH United States



*Nucor je eden največjih obdelovalcev jekla in največji proizvajalec armaturnih palic v ZDA*

prevzemu nemudoma ugotovili, da je zaradi izboljšanja učinkovitost in varnosti potrebno objekt avtomatizirati.

### Zmanjšanje porabe energije s programsko in strojno opremo NI

V obratu Marion proizvodimo široko paleto rešetk, opornikov za znake in stebričkov ter sisteme pregrad za kable z uporabo recikliranega jekla. Med postopkom recikliranja jekla v obločni peči segrevamo odpadne kovine, pri tem pa, odvisno od vrste jekla, ki ga proizvodimo, gostemu jeklu dodajamo kombinacijo elementov, da dobimo primerno jekleno leguro. Ta postopek zahteva veliko energije, ki je močno odvisna od količine odpadne kovine v peči. Ko smo kupili obrat Marion, so se upravljavci pri ugotavljanju količine jekla v peči pogosto zanašali na ocene, zato se je kovina dostikrat pregrela. Posledica tega je nezadovoljiv končni izdelek, ki ga je treba znova reciklirati, kar zahteva čas, denar in energijo.

Da bi zmanjšali število vnovičnih segrevanj, smo s pomočjo okolja LabVIEW in krmilnikov NI Compact FieldPoint razvili cenovno ugodno tehtnico in sistem tehtanja, ki

natančno izračunata količino jekla pri vsakem segrevanju. Z natančnimi podatki o količini odpadne kovine v peči smo lahko natančno izračunali potrebno električno moč za segrevanje peči. Pred izvedbo tega sistema je bilo naše merjenje količine jekla uspešno le del časa. Pred pričetkom uporabe novega sistema nismo imeli metode beleženja števila vnovičnih segrevanj, vendar smo v letu 2007 pri več kot 6.000 serijah izvedli samo 10 vnovičnih segrevanj, kar je precej manj kot v letu 2006

### Odprava utripanja z okoljem LabVIEW in platformo NI CompactRIO

Eno izmed tveganj pri dovajanju velikih moči za segrevanje peči za recikliranje je povzročanje utripanja v električnem omrežju. Poleg denarnih kazni, ki smo jih plačevali zaradi prevelike porabe električne energije, je utripanje motilo prebivalce mesta Marion. Za zmanjšanje porabe električne energije smo z modulom LabVIEW FPGA in platformo CompactRIO razvili stalno delujoč reaktor, ki je zaporedno vezan s pečjo in meri električno moč, ki jo zahtevamo iz električnega omrežja. Če se peč približa predpisani omejitvi, lahko

sistem hitro spremeni metodo regulacije, da zmanjša zahtevano moč.

### Izboljšanje varnosti objekta z okoljem LabVIEW

Ena glavnih vrednot podjetja Nucor je varnost zaposlenih, zato je bil eden od ciljev izboljšanja objekta tudi povečanje varnosti delovnega okolja. Odločeni smo bili, da posodobimo metodo vklapljanja in izklapljanja obločne peči. Pred obnovo sistema je moral upravljavec ročno potegniti vklopno stikalo, zato je bil, če je pregorela varovalka, izpostavljen telesnim poškodbam. Odločili smo se za Compact FieldPoint (PAC) in

vmesnike človek-stroj (HMI), da smo ustvarili daljinsko vodeno močnostno stikalo, ki upravljavec ne postavlja v potencialno nevarne situacije.

### Prednosti avtomatizacije obrata z uporabo rešitev NI PAC

Z uporabo programske in strojne opreme NI smo razvili več sistemov avtomatizacije, ki so občutno zmanjšali porabo električne energije in odpravili potencialne nevarnosti v objektu v mestu Marion, Ohio. Pri programiranju v okolju LabVIEW in z uporabo sistemov PAC smo v primerjavi s programiranjem krmilnikov

PLK z lestvično logiko opazili 10-krat večjo učinkovitost inženirjev in programerjev ter drastično zmanjšanje stroškov avtomatizacije objekta. Poleg tega smo s proaktivnim pristopom k nadzoru porabe električne energije na osnovi platforme National Instruments zmanjšali vpliv obrata na prebivalce mesta Marion, saj smo odpravili utripanje v električnem omrežju.

*Vir: National Instruments Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov, d. o. o., Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, tel.: + 386 3 425 4200, faks: +386 3 425 4212, e-mail: ni.slovenia@ni.com, www.ni.com/slovenia*



## FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

### INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA

cilindri, enote za vodenje, prijemala, ventili, priprava zraka, fittingi, spojke, cevi in pribor



### MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA

senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji



### PROCESNA TEHNIKA

krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili



### LINEARNA TEHNIKA

tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti



### PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA

konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev



### STORITVE

konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih



- TRADICIJA
- KVALITETA
- SVETOVANJE
- PARTNERSTVO
- FLEKSIBILNOST
- VELIKE ZALOGE
- POSEBNE IZVEDBE
- KONKURENČNE CENE
- KRATKI DOBAVNI ROKI

**Hypex, Lesce, d.o.o.**  
 Alpska 43, 4248 Lesce  
 Tel.: +386(0)4 53-18-700 Internet: [www.hypex.si](http://www.hypex.si)  
 Fax.: +386(0)4 53-18-740 E-Mail: [info@hypex.si](mailto:info@hypex.si)



## Standardna krmilna omarica za peskalne stroje

V postojnskem podjetju Adept plus ([www.ad-avtomatizacija.si](http://www.ad-avtomatizacija.si)) so pred kratkim ponudili tržišču standardno krmilno omarico za najmanjše izvedbe peskalnih strojev z bobnom.

Njihove stranke so predvsem podjetja, ki izdelujejo stroje in potrebujejo izvedbo celotnega krmiljenja. Standardna omarica je rezultat preko 100 realiziranih projektov krmiljenja strojev na področju peskanja v preteklih letih.

S pomočjo timskega dela projektantov, programerjev in monterjev so v podjetju poiskali skupne imenovalce projektom, ki sodijo v skupino manjših peskalnih strojev z bobnom. Rezultat je standardna krmilna omarica, ki je uporabna za večje število enakih ali podobnih strojev ne glede na proizvajalca.

Ugodna cena krmilne omarice je mogoča le zaradi serijske izdelave.



*Standardna krmilna omarica, ki se lahko uporabi pri različnih proizvajalcih strojev.*

Dokumentacija je pripravljena v taki obliki, da omogoča izdelavo končne različice z minimalnim posegom v predpripravljeno različico. Vsi ti ukrepi pripomorejo k ugodni končni ceni in h kratkemu dobavnemu roku. »Na ta način podjetje odgovarja na

krizo in ponuja omarico pod res ugodnimi pogoji,« pravi direktor podjetja Aleksander Dolenc.

Omarica bo kot standardni element predstavljena tudi na razstavi v okviru 49. Mednarodnega livarskega posvetovanja od 9. do 11. septembra 2009 v Portorožu. Na svojem razstavnem prostoru bo podjetje pripravilo tudi ponudbo ostalih izdelkov lastnega razvoja in iz programa zastopstev. V podjetju se namreč lahko pohvalijo z velikim številom uspešnih večjih projektov tudi s področja livarstva.

Vse, ki jih zanimajo posamezne rešitve v zvezi z zajemanjem tehnoloških podatkov iz obstoječih krmilnih računalnikov in druge rešitve s področja krmiljenja strojev in linij, prijazno vabijo na obisk njihovega razstavnega prostora.

*Vir: Adept plus, d. o. o., Hrašče 5, 6230 Postojna, tel.: 05-75-36-136, faks: 05-75-36-138, [www.ad-avtomatizacija.si](http://www.ad-avtomatizacija.si), [info@ad-avtomatizacija.si](mailto:info@ad-avtomatizacija.si)*



Projektiranje in izdelava strojev, krmilnih elektro omaric in prodaja komponent s področja avtomatizacije.

Celotna strokovna ekipa pod eno streho omogoča kratke odzivne čase!



avtomatizacija  
industrijskih procesov

Adept plus d.o.o.  
Hrašče 5, SI-6230 Postojna  
[www.ad-avtomatizacija.si](http://www.ad-avtomatizacija.si)

## Merjenje razdalje z zelo majhnim induktivnim senzorjem IWFM 08

V aparatih in mobilnih napravah je prostor za senzorje in stikala pogosto zelo omejen. Nova serija induktivnih senzorjev za merjenje razdalje IWFM 08 je izdelana prav za take primere. Senzorje je mogoče vstaviti v najožje reže, saj je njihova dimenzija le 4,7 x 8 x 16 mm.

Zahvaljujoč integriranemu od 0 do 10 V izhodu lahko senzor priključimo neposredno na analogni vhod krmilnega sistema brez uporabe merilnega pretvornika ali procesne enote. Stroški strojne opreme in dodatnih montaž so zaradi tega očitno manjši. Druga lastnost, ki krasí IWFM 08, je njegova robustnost. Kovinski okrov v veliki meri preprečuje poškodbe med

namestitvijo ali delovanjem, kar pozitivno vpliva na stroške vzdrževanja na dolgo življenjsko dobo.

Zaradi visoke linearnosti in ponovitvene točnosti IWFM 08 z veliko natančnostjo zaznava linearne premike do 2 mm. Izkazalo se je, da uporaba obstoječih Baumerjevih senzorjev v robotskih prijemalnih, nadzorih za žerjave in dvigala kot tudi na obdelovalnih strojih zahteva opisane karakteristike. Zdaj lahko za te naloge uporabimo senzor IWFM 08 v kompaktnem okrovu.

### Lastnosti:

- kompaktna miniatura izvedba,
- robustno kovinsko ohišje,
- integriran analogni izhod od 0 do 10 V,
- visoka linearnost in velika ponovitvena točnost.



Vir: Vial automation, d. o. o., Gotovlje 57, 3310 Žalec, tel.: 03 713 27 96, faks: 03 713 27 94, internet: [www.vial-automation.si](http://www.vial-automation.si)

[www.baumerelectric.com/en/331.html](http://www.baumerelectric.com/en/331.html), e-mail: [bostjan.pelko@vial-automation.si](mailto:bostjan.pelko@vial-automation.si)

## Cevi za visokotlačno vodno čiščenje GOLDENBLAST/PLUS (maks. 3125 bar)

Visokotlačne cevi za vodo GoldenBlast/Plus (GOST-R, AS/NZS 4233.2, ISO 7751) proizvajalca Manuli Rubber Industries so novost v prodajnem programu **podjetja Hidex**. Cevi so ojačane s štirimi spiralnimi ovoji iz jeklene žice in s premeri od 10 do 19 mm vzdržijo stalni delovni tlak do 1250 barov in več kot 1,000.000 tlačnih pulzov pri 125 % največjega delovnega tlaka. Ker do tlačnega preboja cevi pride šele nad 3125 bari pri premeru 10 mm oz. nad 2500 bari pri premeru 19 mm, so cevi GoldenBlast/Plus med najbolj vzdržljivimi za vodno čiščenje. Njihove fizikalne lastnosti so nespremenljive v širokem temperaturnem območju med -10 °C in +90 °C, obenem pa jih je mogoče uporabljati tudi za mnoge druge vodne emulzije.

Za optimalno in varno delovanje se cevi GoldenBlast/Plus uporabljajo le z namensko izdelanimi visokotlačnimi priključki. Po posebnem



postopku montaže se vsaka cev očisti prašnih delcev in testira na najvišjem delovnem tlaku v tlačni preizkuševalni komori. Vsaka izdelana cev ima tako svoj varnostni certifikat, ki jamči varno in zanesljivo delovanje.

Vir: **HIDEX**, d. o. o., Ljubljanska c. 4, 8000 Novo mesto, tel.: 07 / 33 21 707, faks: 07 / 33 76 171, web: [www.hidex.si](http://www.hidex.si), e-pošta: [info@hidex.si](mailto:info@hidex.si)



**VSE ZA HIDRAVLIKO IN PNEVMATIKO**







**ODGONI ZA KAMIONE**





**LE-TEHNIKA d.o.o.**  
 Šuceva 27, KRANJ  
 tel.: 04 20 20 200, 041 660 454  
 faks: 04 204 21 22

**NOVO MESTO** tel.: 041 785 798  
**MARIBOR** tel.: 02 300 64 70  
 041 774 688

<http://www.le-tehnika.si>  
 e-mail: [hydraulic@le-tehnika.si](mailto:hydraulic@le-tehnika.si)

# Servoregulator v funkciji PLK-ja

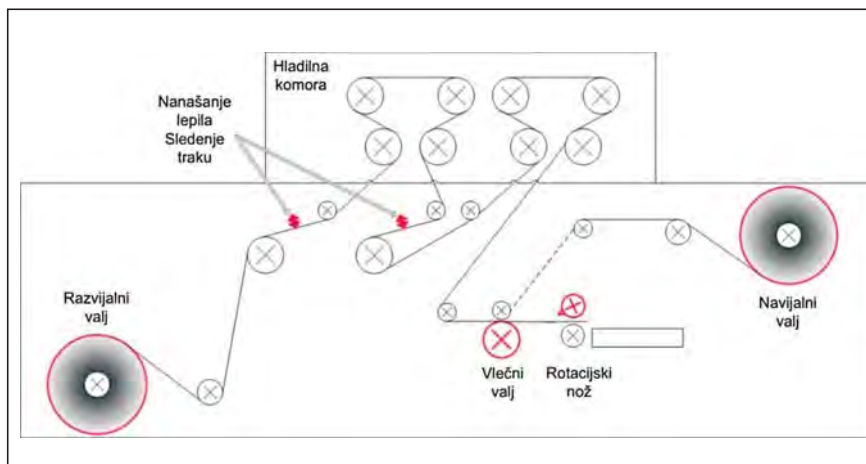
Boštjan KIRN

## 1 Uvod

Dandanes postajajo servoregulatorji vedno bolj tehnološko izpopolnjeni. Včasih so služili le napajanju in reguliranju servomotorjev, danes pa nekateri vsebujejo zmogljive procesorje, ki omogočajo zahtevna pozicioniranja, različne komunikacije z zunanjimi napravami itd. V firmi Control Techniques so šli z razvojem svojih servoregulatorjev še korak naprej in izdelali servoregulator, ki lahko opravlja naloge, ki so bile do sedaj v domeni PLK-jev (programirno logičnih krmilnikov). Sedaj tudi pri zahtevnejših aplikacijah ni več nujno, da uporabimo poseben PLK, ampak izkoristimo programirno-krmilno zmogljivost servoregulatorja, če je ta vgrajen na stroju. To nam v nekaterih primerih lahko precej pomeni investicijo.

Stroj, za katerega smo izdelali krmilje v podjetju PS Logatec in izkorišča vse prednosti servoregulatorja, je namenjen izdelavi lepilnih trakov:

- Stroj ima razvijalni in navijalni valj. Oba delata v momentnem režimu. Uporabljena sta posebna momentna servomotorja. Kadar je v funkciji navijalni valj, rotacijski nož ne deluje.
- Ima dve šobi, ki nanašata lepilo na trak. Šobi morata slediti robu traku, ki zaradi nehomogenih napetosti v traku niha okrog sredinske linije poti. Za pozicioniranje sta uporabljena servomotorja.
- Stroj mora rezati trakove na določeno dolžino (dovoljena toleranca  $\pm 0,5$  mm) med pomikom traku (300 mm/sek.). Odrezati mora do 2,5 kosa/sek. in jih skladati. Uporabljen je rotacijski nož s servomotorjem. Kadar je v funkciji



Slika 1. Stroj za izdelavo lepilnih trakov

ji rotacijski nož, navijalni valj ne deluje.

- Za vlek traku je uporabljen asinhronski motor s frekvenčnim regulatorjem.
- Na servoregulatorje je priključenih 88 digitalnih in 14 analognih vhodno/izhodnih signalov za krmiljenje celotnega stroja (pnevmatski cilindri, senzori, ...).
- Za komunikacijo med regulatorji skrbi hitra CTNet mreža (hitrost 5 Mbit/sek.).
- Za upravljanje stroja je uporabljen terminal z zaslonom, občutljivim na dotik, ki je priključen na glavni servoregulator.

Na stroju je torej 5 servoregulatorjev, od katerih je vsak prevzel krmiljenje motorja, na katerega je priključen. Vsak obdela tudi nekaj vhodno/izhodnih signalov, ki so direktno povezani z njegovim pogonom. Eden od servoregulatorjev pa je poleg tega prevzel še krmiljenje vseh ostalih vhodov in izhodov, kar mu omogočata dodatna vhodno/izhodna modula.

## 2 Zahteve projekta

Cilj projekta je bil izdelava stroja za lepilne trakove. Pri iskanju rešitev

so bile postavljene naslednje zahteve:

- Trak, na katerega se nanaša lepilo, je običajno zvit v kolutu. Zato ga je potrebno razvijati. Trak mora biti ves čas razvijanja enakomerno napet.
- Med razvijanjem je potrebno na trak nanašati lepilo. Ker zaradi nehomogenih napetosti v traku ta niha okrog sredinske linije poti, mora šoba, ki nanaša lepilo, stalno slediti robu traku. Zaradi možnosti debelejšega nanosa je potrebno lepilo nanašati dvakrat. Pred drugim nanosom se mora prva plast ohladiti.
- Lepilo je potrebno dozirati na trak vedno v enaki količini, ne glede na hitrost traku.
- Lepilo, naneseno na trak, je potrebno zelo hitro ohladiti, da ni več lepljivo.
- Trak z nanesenim ohlajenim lepilom je potrebno med pomikom rezati na določeno dolžino in skladati ali ga ponovno naviti v kolut. Pri ponovnem navijanju na kolut je potrebna konstantna napetost traku.

Na *sliki 1* je shematsko prikazan stroj za izdelovanje lepilnih trakov.

Boštjan Kirn, dipl. inž., PS, d. o. o., Logatec

### 3 Izbira med dvema rešitvama

Po pregledu vseh zahtev smo ugotovili, da bomo potrebovali pet servomotorjev. Obdelati bo potrebno 88 digitalnih vhodno/izhodnih signalov in 14 analognih vhodno/izhodnih signalov.

Verjetno bi se večina projektantov odločila, da za krmilje celotnega stroja izbere PLK. Ker pa ima firma Control Techniques visokozmogljive servoregulatorje, smo se odločili, da preučimo možnost izdelave celotnega krmilja samo s servoregulatorji – brez dodatnega PLK-ja.

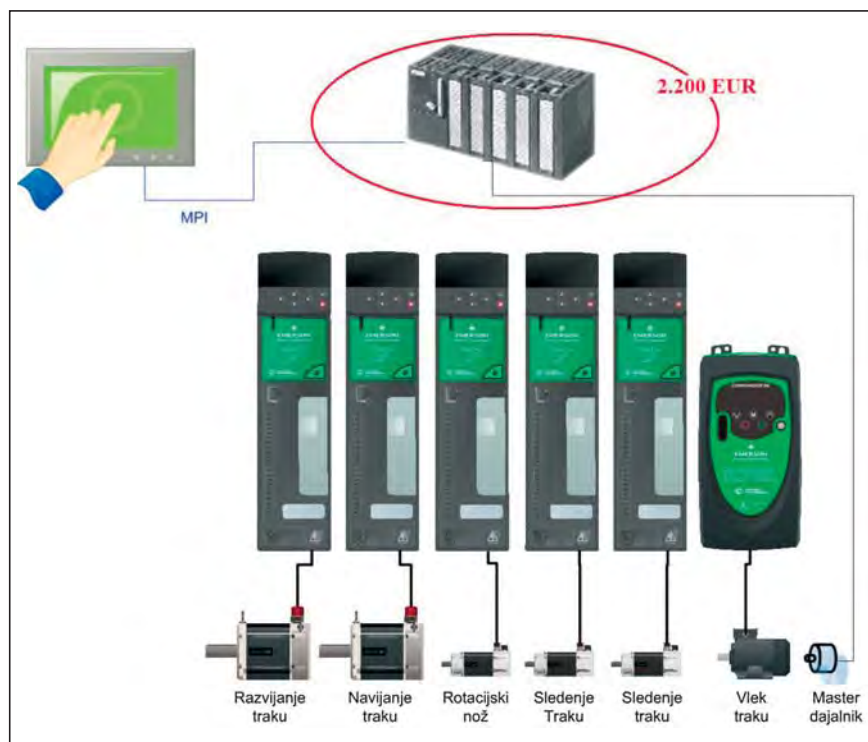
#### Rešitev, kjer funkcijo krmilja opravlja PLK

V primeru uporabe PLK-ja bi ta moral obdelati vse digitalne in analogne signale in eno servoos. Ta bi bila namenjena za krmiljenje rotacijskega noža, za rezanje trakov med pomikom traku. Vsi ostali servomotorji delujejo v hitrostni zanki ali v momentnem režimu, tako da ne potrebujejo pozicijsko krmiljenega PLK-ja, kar bi še podražilo to rešitev.

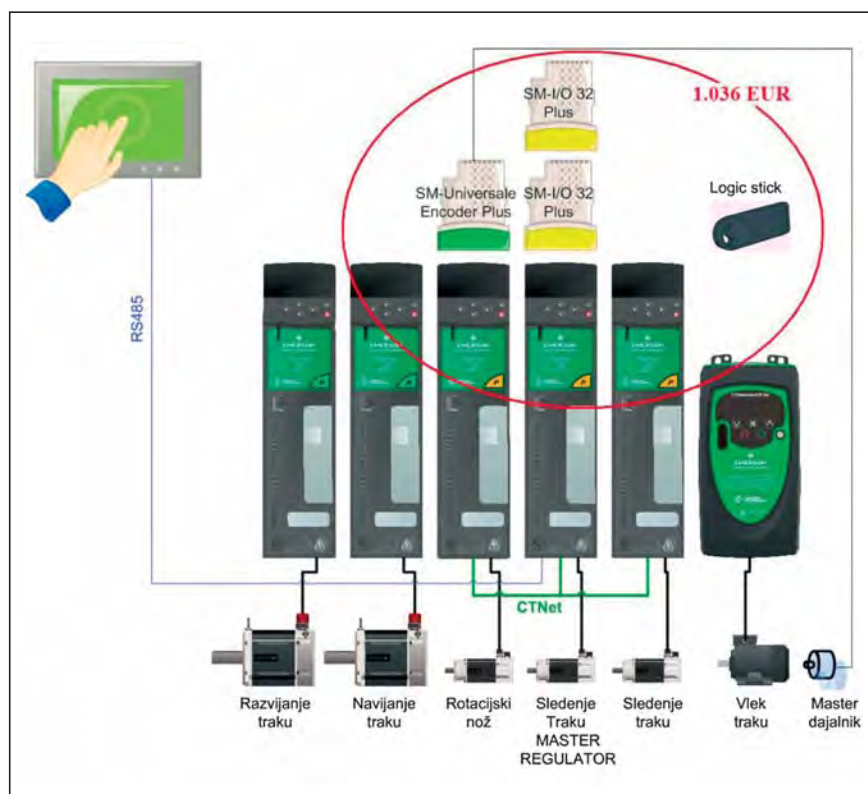
Na *sliki 2* je prikazana rešitev, ko funkcijo krmilja opravlja PLK. Po ponudbi enega od večjih proizvajalcev je prikazana tudi okvirna cena takega PLK-ja.

#### Rešitev, ko funkcijo krmilja opravlja servoregulator

Pri tej rešitvi mora servoregulator namesto PLK-ja obdelati vse digitalne in analogne signale. Tako kot bi bilo v rešitvi s PLK-jem nekaj lažje izvesti krmilje digitalnih in analognih signalov, je v tej rešitvi lažje izvesti krmilje servomotorjev. Servoregulatorji imajo že integrirane različne funkcije za upravljanje servomotorjev, kot so: tabele CAM, digitalno zaklepanje osi, pozicioniranje, momentni režim itd. Za izvedbo krmilja s servoregulatorjem je bolj primeren distribuirani sistem, medtem ko bi bil pri uporabi PLK-ja uporabljen centralizirani sistem. Če funkcijo krmilja opravlja servoregulator, je distribuirani sistem bolj primeren zato, ker vsak regulator



Slika 2. Funkcijo krmilja opravlja PLK



Slika 3. Funkcijo krmilja opravlja servoregulator

obdela svoj segment stroja, glavni servoregulator pa skrbi za usklajeno delovanje vseh ostalih servoregulatorjev in še ostale periferije. Tako ostane manj analognih in digitalnih signalov, ki jih mora obdelati glavni servoregulator.

Za izvedbo zastavljene rešitve smo potrebovali dva enostavna servoregulatorja in tri inteligentnejše servoregulatorje, ki imajo že vgrajen PLK in so med seboj povezani z integrirano 5 Mbit-no CTNet-komunikacijo. Poleg CTnet regulatorjev smo potrebovali

še dva modula s po 32 digitalnimi vhodi/izhodi in modul za priklop dodatnega master dajalnika.

S finančnega vidika je rešitev s PLK-jem za približno 100 % dražja.

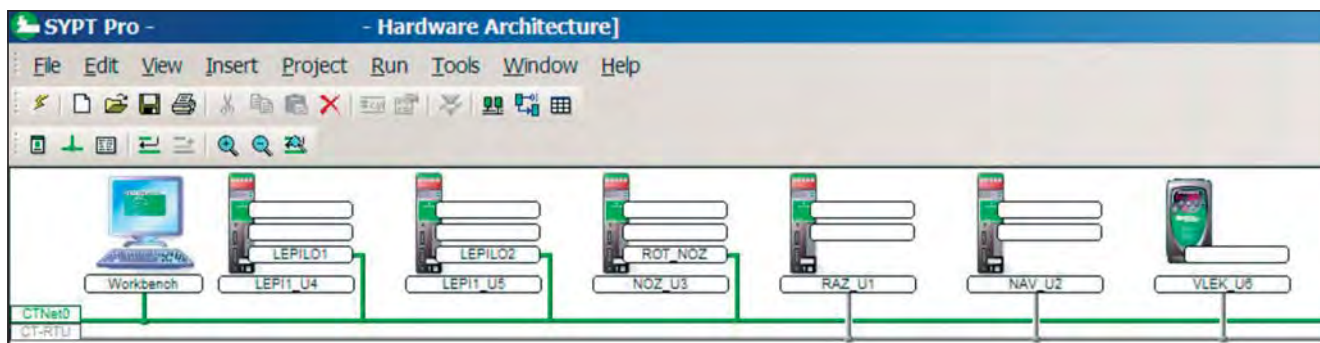
Na *sliki 3* je prikazana rešitev, ko funkcijo krmilja opravlja servoregulator.

## 4 Predstavitev izbrane opreme

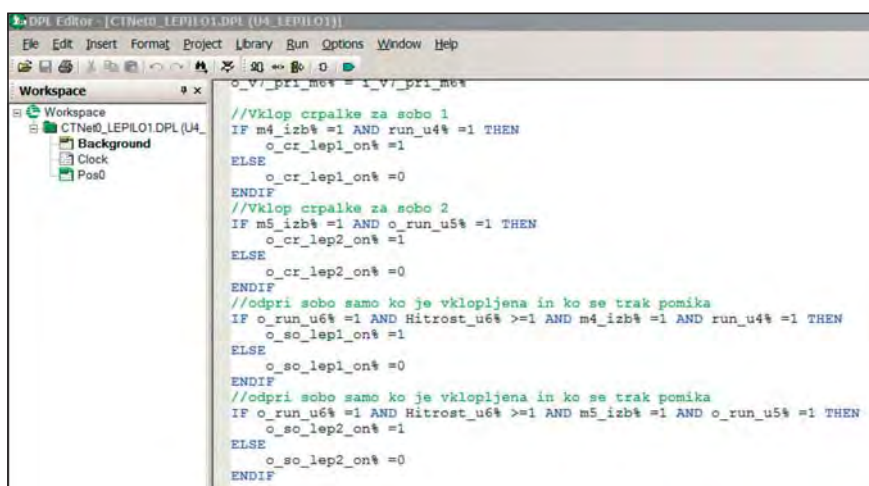
### Servoregulator DigitaxST

Družina regulatorjev DigitaxST ima štiri člane, ki se med seboj razlikujejo po zmožnostih samostojnega delovanja kot pozicionirna enota:

- Basic: servoregulator, ki nima lastne pozicionirne enote, zato potrebuje zunanji pozicionirni kontroler.
- Indexer: servoregulator z lastno pozicionirno enoto, ki vsebuje vse lastnosti pozicionerja brez možnosti sinhronizacij. Omogoča enostavno grafično programiranje.



Slika 4. SyPTPro – osnovno okno



Slika 5. Basicu podoben programski jezik

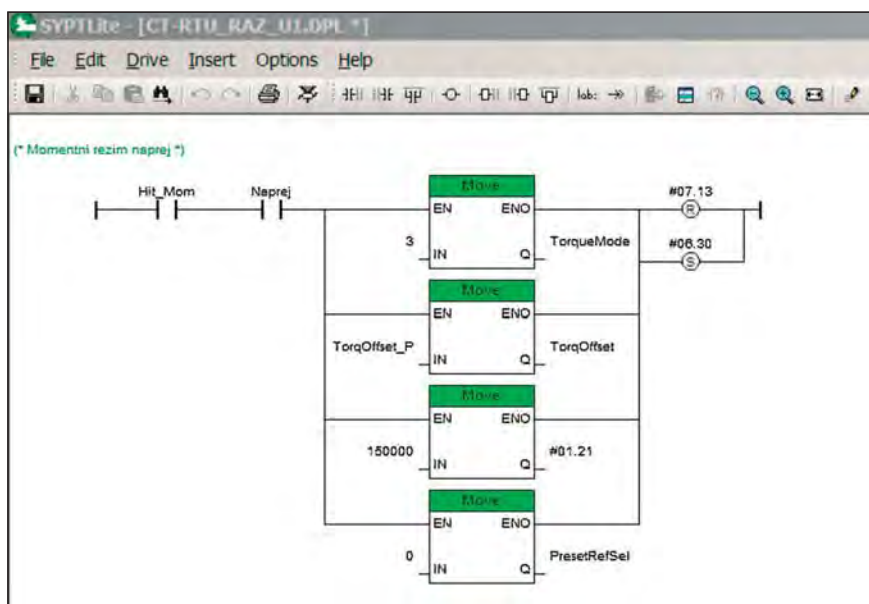
- EZ-Motion: servoregulator z lastno pozicionirno enoto, ki vsebuje vse lastnosti pozicionerja z možnostjo sinhronizacij in indeksiranja.
- Plus: servoregulator z lastno kontrolno enoto (PLK), ki nudi vse, kar se pričakuje od najbolj zmogljivih krmilnikov. Na njem se lahko izvede pozicioniranje ali kakšen drug krmilni program.

V našem primeru so bili uporabljeni regulatorji Base in Plus.

Regulator Plus ima integriran zmogljiv PLK, ki zmore opravljati zahtevna pozicioniranja in funkcije PLK-ja. V PLK-ju se lahko hkrati izvajajo do štiri procesi (taski). Prvima dvema, z najvišjo prioriteto, lahko nastavimo ciklični čas izvajanja od 250  $\mu$ s do 8 ms. Tretjemu lahko nastavimo ciklični čas od 1 ms do 200 ms. Četrti se izvaja takrat, ko procesor ni zaseden s prvimi tremi procesi. Vsi procesi se izvajajo neodvisno drug od drugega. Na razpolago imamo tudi uporabo raznih hitrih prekinitvenih funkcij (interruptov), vhodov/izhodov, ki se osvežujejo na 250  $\mu$ s.

### Logic stick

Logic stick je enostaven PLK, namenjen frekvenčnim regulatorjem. Programiramo ga lahko v logiki ladder.



Slika 6. Logika ladder

### Modul SM-I/O 32

Razširitveni modul z 32 digitalnimi vhodno/izhodnimi točkami.

### Modul SM-Universal Encoder Plus

Razširitveni modul za priklop dodatnega dajalnika (podpira 14 različnih dajalnikov).

### Panel ESA z zaslonom, občutljivim na dotik

Panel firme ESA z grafičnim zaslonom, občutljivim na dotik. Na PLK glavnega servoregulatorja je priključen preko komunikacije RS485.

### Komunikacija CTNet

DigitaxST Plus ima integrirano komunikacijo CTNet. Na mrežo CTNet lahko priključimo do 250 regulatorjev. Hitrosti prenosa podatkov so lahko do 5 Mbit/s.

V našem primeru glavni regulator preko komunikacije CTNet upravlja z ostalimi regulatorji.

### Programsko orodje SyptPro

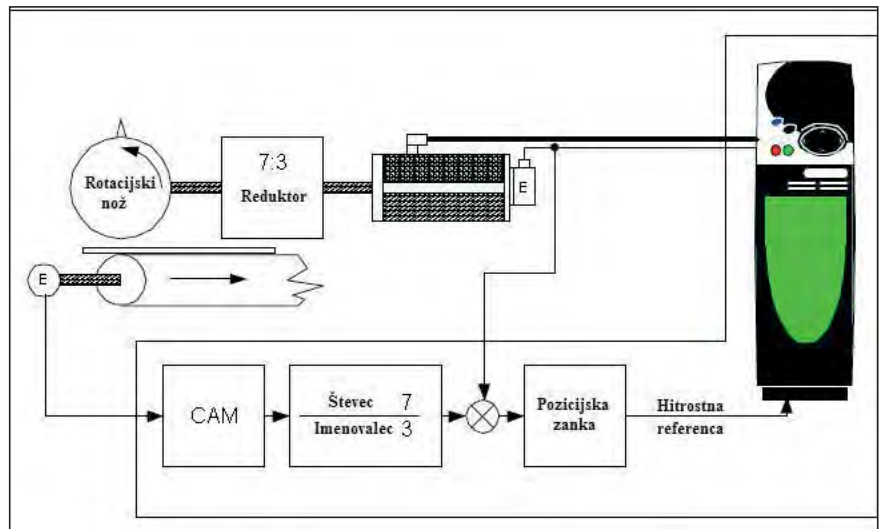
SyPTPro je programsko orodje za programiranje servoregulatorjev DigitaxST Plus. Namenjeno je najbolj zahtevnim aplikacijam. Možnost programiranja je v logiki ladder, s funkcijskimi bloki ali visual basicu podobnem jeziku z dodanimi ukazi za pozicioniranje.

Na *sliki 4* je prikazano osnovno okno programskega orodja SyPTPro. Na njem vidimo vse servoregulatorje in frekvenčni regulator. Zelena linija označuje mrežo CTNet in njene povezave, medtem ko siva linija označuje mrežo RS485 in njene povezave. Z dvoklikom na posamezen regulator se odpre okno, v katerem je program za izbrani regulator.

Na *slikah 5* in *6* sta prikazana dela programa, napisana v basicu podobnem jeziku in logiki ladder.

## ■ 5 Opis delovanja posameznih segmentov stroja

Celoten stroj se upravlja preko glavne krmilne omarice, na kateri so panel



Slika 7. Rotacijski nož

z zaslonom, občutljivim na dotik, in tipke za vkapljanje posameznih segmentov stroja.

PLK v glavnem servoregulatorju mora poleg nadzora delovanja posameznih servoregulatorjev in njihovih podsklopov krmiliti vso ostalo periferijo na stroju, kot so pnevmatski cilindri, hladilna komora, naprava za pripravo lepila.

### Navijanje in razvijanje

Za navijanje in razvijanje sta uporabljena servoregulatorja DigitaxST Base. To je osnovni regulator, ki nima vgrajenega zmogljivega PLK-ja, ima pa integriran enostaven PLK, kjer lahko v logiki ladder napišemo enostaven program. V našem primeru je v tem regulatorju napisan program, ki regulator preklaplja med hitrostitim in momentnim režimom, obrača smer vrtenja motorja in povečuje moment glede na premer koluta na navijalnem/razvijalnem valju. Premer koluta se meri z ultrazvočno sondo, ki je priključena na analogni vhod regulatorja.

Na regulatorja sta priključena posebna momentna servomotorja.

### Sledenje traku

Sledenje šobe prvemu robu traku je izvedeno s servomotorjem. Na šobi, ki nanaša lepilo, sta montirani dve fotocelici. Da šoba stoji na mestu, mora biti prva fotocelica pokrita, druga pa odkrita. V vseh ostalih

primerih šoba išče prvi rob traku. Seveda vedno v pravi smeri glede na pokritost fotocelic.

Uporabljena sta servoregulatorja DigitaxST Plus. Program se izvaja s cikličnim časom 1 ms. Vhoda, na katera sta priključeni fotocelici, se osvežujeta na 250  $\mu$ s. Zaradi tega je šoba zelo odzivna in brez težav sledi robu traku.

Eden od servoregulatorjev za pomik šob je uporabljen kot glavni regulator in preko mreže CTNet nadzira tudi ostale regulatorje. V ta regulator sta vstavljena dva dodatna modula, ki nadgradita sistem s 64 digitalnimi vhodno/izhodnimi točkami. Na ta regulator je priključen tudi panel z zaslonom, občutljivim na dotik.

### Rotacijski nož

Za rotacijski nož smo potrebovali servoregulator DigitaxST Plus z dodatnim modulom za priklop master dajalnika, ki meri pomik traku na vlečnem valju.

Funkcija za delovanje rotacijskega noža je že integrirana v PLK-ju regulatorja. To je tabela CAM. Rotacijski nož dela s tabelami CAM, ki glede na pomik traku (vhodni podatek) interpolira vrtenje noža (izhodni podatek), tako da se nož zavrti za en obrat na nastavljeno dolžino pomika. Ko nož odreže trak, je njegova obodna hitrost enaka hitrosti traku. Na ta način lahko režemo trak pri velikih hitrostih, ne

da bi ga med rezanjem ustavljali. Na sliki 7 je shematsko prikazan princip delovanja rotacijskega noža.

### Vlek traku

Za hitrost vleka traku skrbi asinhronski motor s frekvenčnim regulatorjem. Vanj je vstavljen enostaven in cenovno zelo ugoden PLK, ki skrbi za funkcije vlečnega valja.

Na vlečni valj je mehansko prigraden dajalnik impulzov, ki daje rotacijskemu nožu informacijo o pomiku traku.

### 6 Zaključek

Opisana rešitev mogoče ni najbolj primerna za zelo kompleksne stroje, kjer je potreba po povezljivosti med posameznimi segmenti stroja in odvisnost delovanja med njimi zelo visoka. Takrat je morda za programerja bolj enostavna rešitev s centraliziranim sistemom s PLK-jem.

Rešitev, v kateri je servoregulator prevzel funkcijo običajnega PLK-ja, pa se je v konkretnem primeru po

tehnični in finančni strani izkazala kot zelo dobra. Z distribuiranim sistemom smo dosegli, da vsak regulator obdela svoj segment stroja čim bolj učinkovito, glavni regulator pa poleg svoje primarne funkcije poskrbi za kontrolo delovanja celotnega stroja ter preko panela, občutljivega na dotik, za komunikacijo z operaterjem stroja. Po finančni strani pa je takšna rešitev lahko celo za več kot 50 % cenejša.

 <p>www.controltechniques.com</p>  <p>Frekvenčni regulator <b>Commander SK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Za moči od 0,25 kW do 132 kW</li> <li>- Vgrajen filter</li> <li>- Možnost prigradnje internega PLK (Logic Stick)</li> <li>- Smart Stick za kloniranje parametrov</li> <li>- Vgrajen PID regulator</li> <li>- Na zalogi</li> <li>- Ugodna cena</li> </ul>	 <p>Družba za projektiranje in izdelavo strojev, d.o.o.</p> <p>Kalce 38b, 1370 Logatec Tel: 01/750-85-10 E-mail: ps-log@ps-log.si Fax: 01/750-85-29 www.ps-log.si</p> <p>Izvajamo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev</li> <li>- predelava strojev</li> <li>- regulacija vrtenja motorjev</li> <li>- krmiljenje strojev</li> </ul> <p>Dobavljamo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- servo pogone</li> <li>- frekvenčne in vektorske regulatorje</li> <li>- merilne sisteme s prikazovalniki</li> <li>- pozicijske krmilnike</li> <li>- planetne reduktorje</li> </ul>	  <p>Prikazovalnik pozicije <b>Z-58</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Univerzalni pozicijski prikazovalnik za inkrementalne in absolutne merilne sisteme</li> <li>- 5 dekadni LED prikazovalnik, višina 14 mm</li> <li>- Vmesnik RS232 in RS422</li> <li>- Dva relejna izhoda</li> <li>- Analogni vhod in izhod 0-10V ali 0-24mA</li> </ul>
---	---	--

 <p>Ustvarjamo gibanje</p>			<p>DOMEL d.d. Otoki 21, 4228 Železniki, Slovenija T: +386 (0)4 51 17 355; F: +386 (0)4 51 17 357; E: info@domel.com; I: www.domel.com</p>
<p>Servo pogoni</p> 	<p>Roboti Stäubli</p> 	<p>Phytron koračni motorji</p> 	
			

IRT 3000

inovacijarazvojtehnologije  
www.irt3000.si



**strojnistvo.com**  
križišče strojnikov

## Nove knjige

Johnson, J.: *Designers' Handbook for Electrohydraulic Servo and Proportional Systems – fourth edition* – Nova, četrta dopolnjena izdaja »ameriške biblije« o elektrohidravliki obsega najnovejša spoznanja in dosežke na obravnavanem področju fluidne tehnike. Dosedanji obseg priročnika je razširjen za okoli 250 strani. Med dodanim gradivom so tudi tri poglavja, ki obsegajo metodologijo reševanja sistemov z mehaniškimi obremenitvami, med drugim ob upoštevanju pogonov z zobniškimi in verižnimi prenosniki ter zgibnimi mehanizmi, za različne pogone na mobilnih strojih s hidravličnimi valji.

Izčrpno so predstavljene metode modeliranja in linearne analize takš-

nih sistemov, vključno z upoštevanjem dinamičnih omejitev (frekvenčna analiza) krmilnih ventilov v hidravličnih sistemih.

Dodano je tudi poglavje o optimalnem dimenzioniranju takšnih pogonsko-krmilnih vezij s hidravličnimi motorji.

Končno je dodano še izčrpno obdelano poglavje o pomenu in izbiri ustrezne krmilne elektronike, vključno z osnovami elektrotehnike, elektronike in električnega merjenja mehanskih in hidravličnih veličin.

Zal.: *Hydraulics & Pneumatics*, naročila pri H & P Bookstore, internet: [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com); 2009; obseg: 784 strani, cena: 149,95 USD.

## Uveljavitev standarda DIN EN ISO 13849 za pnevmatiko

Po prehodnem obdobju treh let bo konec leta 2009 dosedanji standard DIN EN 954-1 za snovanje varnih strojev in naprav zamenjan z novim standardom *DIN EN ISO 13849-1*.

Kot pomoč izdelovalcem in uporabnikom varnih pnevmatičnih sestavin za krmiljenje strojev in naprav pri uporabi omenjenega novega standarda je v okviru strokovnega združenja za fluidno tehniko pri VDMA pripravljeno priporočilo VDMA – *Einheitsblatt VDMA 24578* (Fluidtechnik – Umsetzung der DIN EN ISO 13849 – Anforderungen an Pneumatik-Hersteller und Anwender).

To navaja priporočila za definiranje in predstavitev značilnih lastnosti po

standardu DIN EN ISO 13849. Namenjeno je izdelovalcem in uporabnikom pnevmatičnih sestavin zaradi poenotenja njihovega prikazovanja in definicij značilnih lastnosti.

Priporočilo VDMA ni zamenjava standarda DIN EN ISO 13849, ampak le pomoč za študij in njegovo uporabo pri snovanju varnih pnevmatičnih krmilij strojev in naprav z uporabo ustreznih pnevmatičnih sestavin. Priporočilo VDMA 24578 pa daje ustrezna napotila, kdo je odgovoren za enotno prikazovanje in definiranje značilnih lastnosti in na kakšen način se to lahko doseže.

Osnutek priporočila E VDMA 24578 se lahko naroči na naslovu: VDMA Fachverband Fluidtechnik, Ralf Stemjack; tel.: + 069-6603-2318, e-pošta: [ralf.stemmjack@vdma.org](mailto:ralf.stemmjack@vdma.org).

Po O + P 53(2009)6 – str. 237  
pripravil A. Stušek

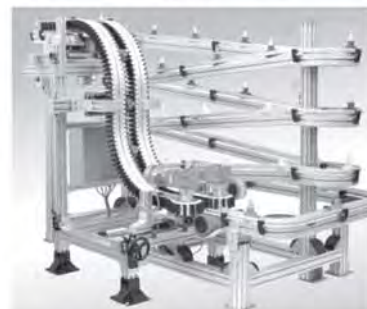
Ljubljana, Slovenija, October 4<sup>th</sup> - 7<sup>th</sup> 2009

# ICIT&MPT 2009

7<sup>th</sup> International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies

# Rexroth

Bosch Group



# OPL

automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: [opl.trzin@siol.net](mailto:opl.trzin@siol.net)  
[www.opl.si](http://www.opl.si)



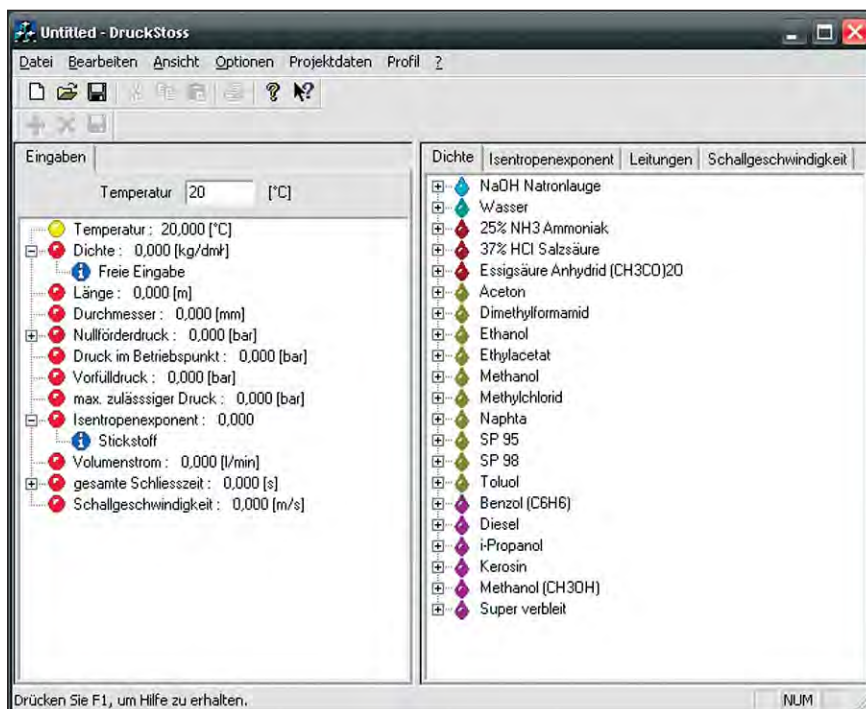
## Na spletu dostopni programi za dimenzioniranje in izbiro hidravličnih komponent

Poleg katalogov izdelkov in 3D-risb je na spletni strani [www.hydac.com](http://www.hydac.com) tudi obilo programske opreme, ki vam olajša izbiro zelene komponente.

Tako najdete programske pakete za dimenzioniranje akumulatorjev, filtrov in izbiro nosilcev.

V kategoriji *Downloads Software* najdete programske pakete za **dimenzioniranje akumulatorjev**. Vnesete podatke o vašem sistemu, maksimalni, minimalni tlak, temperaturni razpon, potrebni volumen olja, trajanje praznjenja hidravličnega akumulatorja, podatke o črpalki itn. in program vam izračuna potrebno velikost hidravličnega akumulatorja in tlak dušika, s katerim ga morate napolniti. Prikaže tudi rezultate v obliki diagramov ali tabel  $p/t$ ,  $T/t$ ,  $V/t$ ,  $p/V$ . Dodatno lahko z ASP-programom preračunate tudi tlačne udare in izberete primeren dušilec (slika 1).

Na spletni strani v kategoriji *Filtration and fluid service Online tools Electro-*



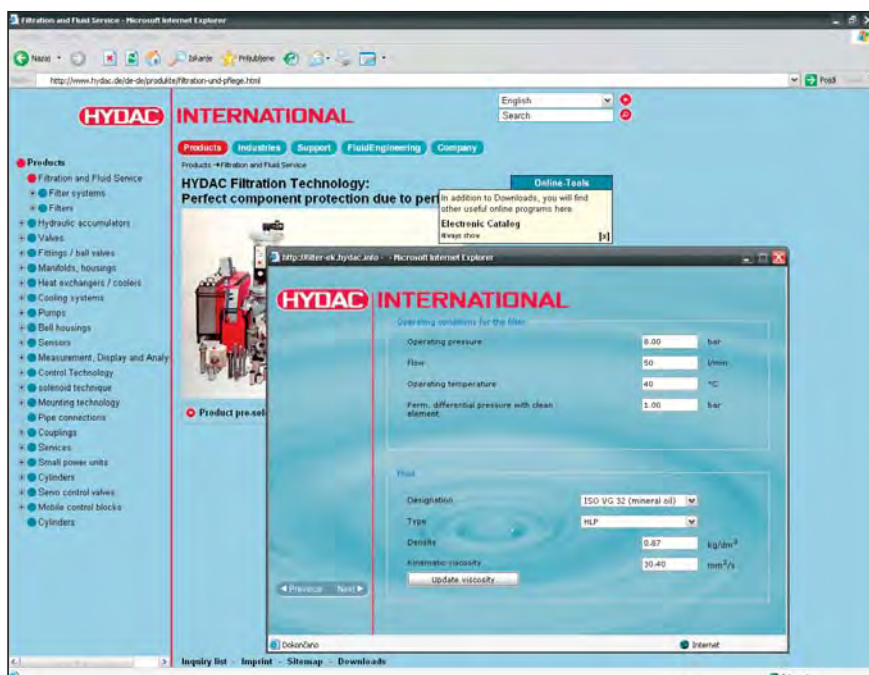
Slika 1. Preračun tlačnega udara

nic catalog najdete program, ki vam olajša izbiro filtra (slika 2). Po vnosu podatkov o sistemu vam program predlaga seznam vseh filtrov, ki pridejo v poštev. Ko se odločite za en tip, si izberete želeno finost filtracije, fil-

trini material, priklon na hidravlični cevovod, program predlaga vse velikosti izbranega tipa filtra, ki ustrezajo podanim zahtevam.

Program PtWin omogoča, da hitro najdete primeren **nosilec za črpalko**, po želji z elastično sklopko ali hladilnikom ter 2D-risbo.

Vir: Hydac, d. o. o., Zagrebška 20, 2000 Maribor, tel.: +386 2 460 15 20, faks: +386 2 460 15 22, [info@hydac.si](mailto:info@hydac.si), [www.hydac.com](http://www.hydac.com)



Slika 2. Program za izbiro filtra Filter IT

# HYDAC

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

telefon: + (0) 1 4771-704  
telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)



## Komponente

## Sistemi

## Fluidni inženiring in servis

Spoštovani poslovni partnerji,

prihaja čas sejmov, konferenc, seminarjev, strokovnih srečanj...

Ti nam nudijo dodatno priložnost, da vas seznanimo s širokim izborom naših proizvodov, ki že več kot 45 let navdušujejo s svojo kvaliteto, inovativnostjo in tehnološko dovršenostjo.

Predstavili vam bomo novosti v naši paleti proizvodov s področja fluidne tehnike, in sicer: naprave za diagnostiko stanja olja, naprave za kondicioniranje olja, filtre za olja in vodo, elektroniko v hidravliki.

**Vljudno vas vabimo, da nas obiščete na strokovnem srečanju  
FLUIDNA TEHNIKA 2009  
17. in 18. septembra,  
v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru**

**Veselimo se vašega obiska!**



**HYDAC d.o.o.**

Tel.: +386 2 460 15 20

Zagrebška c. 20, 2000 Maribor

Fax: +386 2 460 15 22

Email: info@hydac.si

**www.hydac.si**

**www.hydac.com**

## Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Bloganje o fluidni tehniki** – [www.blogspot.com](http://www.blogspot.com) – Revija *Hydraulics & Pneumatics* pod naslovom *Fluidpowertalk* na svojih spletnih straneh omogoča tudi bloganje o fluidni tehniki z namenom, da svoje bralce tekoče informira o vprašanih, ki jih ni mogoče vključiti v redne tiskane izdaje. Njihovi blogi obsegajo novice iz fluidnotehnične industrije, aktualna gospodarska vprašanja, zanimiva tudi za fluidno tehniko, zanimivosti v tehniki in tehnologiji nasploh, pa tudi šale in anekdote z obravnavanih področij. Vključite se pasivno in aktivno!

[2] **Forum fluidne tehnike se širi** – [www.hydraulicspneumatics.com/groupee](http://www.hydraulicspneumatics.com/groupee) – Forumu fluidne tehnike v okviru spletnih strani revije *Hydraulics & Pneumatics* se je pridružilo že nad 1000 članov. V okviru foruma je mogoče dobiti odgovore na vprašanja o načrtovanju vezij, sistemov in naprav, izvedbi, izbiri in dimenzioniranju sestavin ter o različnih tehnologijah izdelave, gradnje, vzdrževanja itd. Dobrodošli ste v članstvu foruma in razpravi o različnih vprašanih fluidne tehnike, od razvoja in snovanja do uporabe in vzdrževanja.

[3] **Bogata ponudba fluidnotehničnih sestavin** – [www.hydropower.de](http://www.hydropower.de) – Firma Hydropower, Sprockhövel, na svojih spletnih straneh ponuja bogato izbiro standardnih in specialnih hidravličnih sestavin, kot so: zapirni ventili, gumijasti kompenzatorji, protipovratni ventili, digitalni manometri, hitre cevne spojke, tlačno omejevalni ventili, kompaktni agregati, SAE-cevne prirobnice, sedežni ventili ipd. Na spletnih straneh so predstavljene njihove izvedbe in uporabnost ter podana navodila za naročilo perspektov in katalogov.

[4] **Eksplodizsko varni ventili** – [www.voith.de/valvex-ventil-technik](http://www.voith.de/valvex-ventil-technik) – V svetu uveljavljeno podjetje za pogonske in hidravlične sisteme *Voith Turbo* na svojih spletnih straneh predstavlja novo družino eksplozijsko varnih ventilov *Voith Turbo Valvex-Ventiltechnik*. Na voljo so izčrpani podatki in perspektivno gradivo v šestih jezikih. Podatki in navodila za izračune so dostopni na ATEX-u za Evropo in na MSHA v ZDA. Posebna dostopna programska oprema je na voljo tudi za Avstralijo, Rusijo in Kitajsko.



telefon: + (0) 1 4771-704  
 telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
 e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)



LABORATORIJ  
ZA  
**LOTRIČ**<sup>®</sup>  
MERO SLOVJE

*Merimo  
za prihodnost*  
*We Measure the Future*

**OVERITVE**

**KALIBRACIJE**

**KONTROLE**

**PRODAJA**

Zastopstva in prodaja:  
Dostmann electronic, PCL,  
Radweg, Häfner, Sonoswiss

**LOTRIČ** d.o.o., Selca 163, 4227 Selca  
tel: 04/517 07 00, fax: 04/517 07 07  
e-mail: [info@lotric.si](mailto:info@lotric.si), <http://www.lotric.si>

## Seznam oglaševalcev

ABB, d. o. o., Ljubljana	295	LE-TEHNIKA, d. o. o., Kranj	375
ADEPT PLUS, d. o. o., Postojna	374	LOTRIČ, d. o. o., Selca	295,384
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	311	MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	295
DOMEL, d. d., Železniki	380	MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	329
DVS, Ljubljana	349	OLMA, d. d., Ljubljana	295
ENERPAC GmbH, Düsseldorf, ZRN	363	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	295,381
FESTO, d. o. o., Trzin	295,385	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	295
HAVE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	298	PETROL d.d., Ljubljana	362
HIB, d. o. o., Kranj	367	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	348
HPE, d. o. o., Ljubljana	367	PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	318
HYDAC, d. o. o., Maribor	383	PS, d. o. o., Logatec	380
HYPEX, d. o. o., Lesce	373	SICK, d. o. o., Ljubljana	295
ICM, d. o. o., Celje	357,369	STROJNISTVO.COM	318
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	295	TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	322
Iskra ASING, d. o. o., Šempeter pri Gorici	385	UL, Fakulteta za strojništvo	314
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	357		
KLADIVAR, d. d., Žiri	296		



**FESTO**

# Znižajte stroške!

Z vgrajenimi podsistemi Festo dokumentirate,  
preverite in znižate tudi nevidne stroške, ki  
nastajajo pri razvoju, načrtovanju in pri delovanju.

**Festo, d.o.o. Ljubljana**  
Blatnica 8

SI-1236 Trzin

Telefon: 01/530-21-00

Telefax: 01/530-21-25

Hot line: 031/766947

info\_si@festo.com

www.festo.si