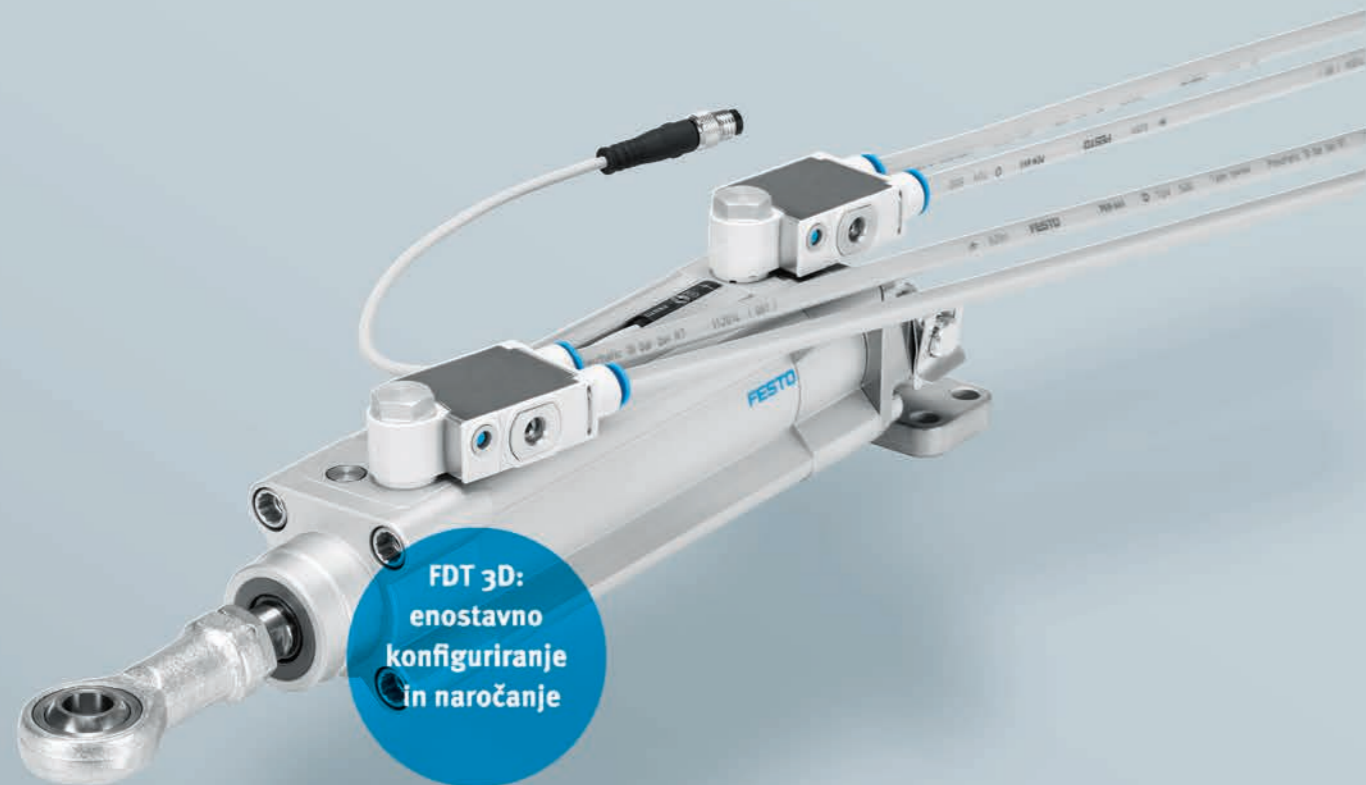




## FESTO



**FDT 3D:**  
enostavno  
konfiguriranje  
in naročanje

**Cenite hitro konstruiranje?  
Pričakujete ustrezne in primerne rešitve?  
Imamo pravo orodje za vas.**

**→ WE ARE THE ENGINEERS  
OF PRODUCTIVITY.**

Da bi lahko še učinkoviteje izkoristili svoj čas, si na svoj računalnik prenesite brezplačno Festo orodje »Design Tool 3D«. Pripravite si 3D CAD podatke za celovit sklop in si omogočite učinkovito naročilo z eno samo pozicijo. Kot na primer standardni valj DSBC s samonastavljivim pnevmatičnim končnim dušenjem in popolnim priborom.

**Festo, d.o.o. Ljubljana**  
Blatnica 8  
SI-1236 Trzin  
Telefon: 01/ 530-21-00  
Telefax: 01/ 530-21-25  
Hot line: 031/766947  
sales\_si@festo.com  
www.festo.si

## FESTO

**POCLAIN**  
Hydraulics

**OLMA**  
LUBRICANTS

**Parker**

**IMI**  
Precision Engineering

**MIEL** OMRON  
www.miel.si

**S3C**  
pneumatika | hidravlika

**VISTA**  
HIDRAVLIKA

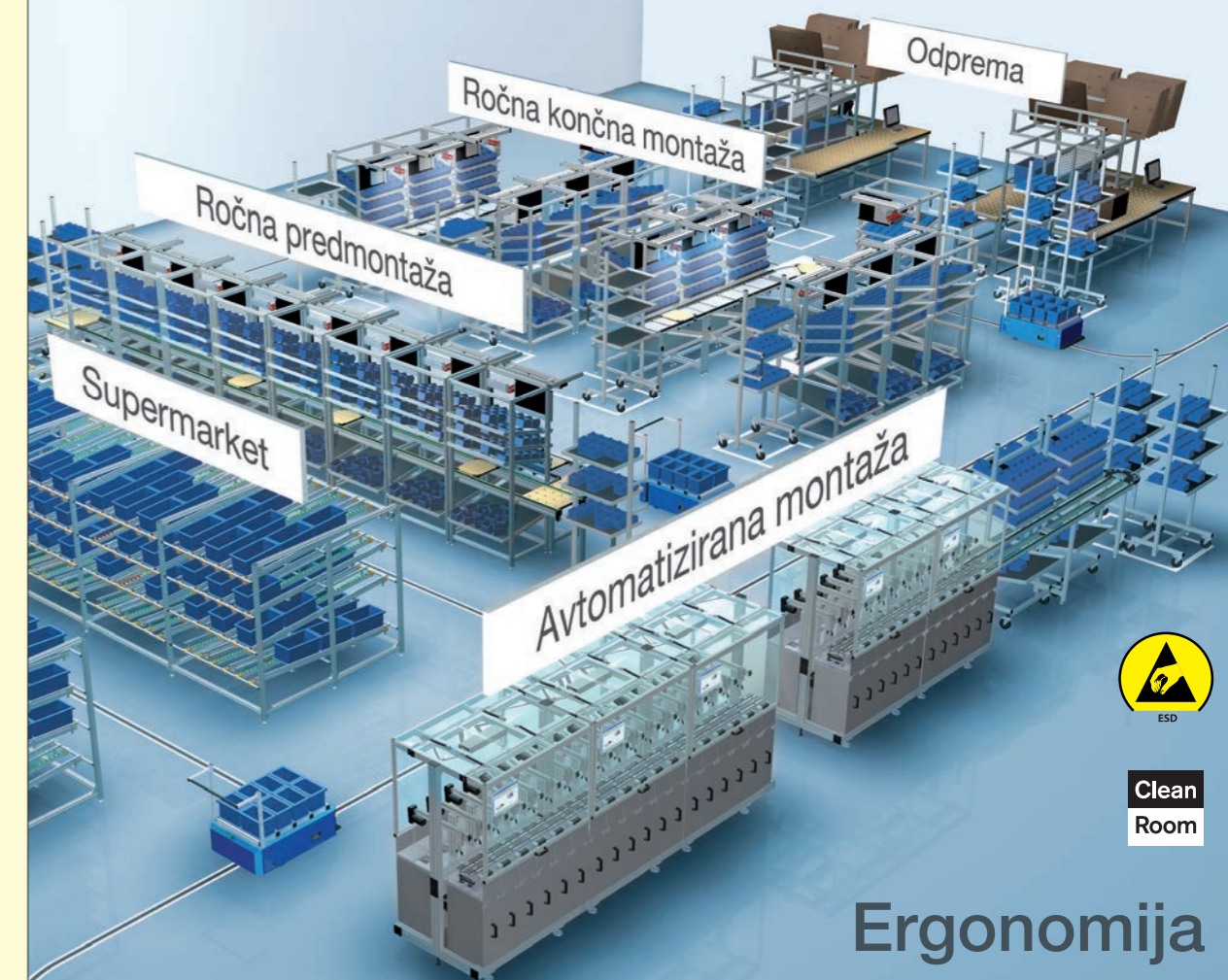
**OMEGA**  
AIR

- Intervju
- Industrija 4.0
- Hidravlične tekočine
- Vzdrževanje hidravličnih naprav
- Linearni motor s krožno potjo
- Pregledovanje vozil za prevoz nevarnega blaga
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo

## OPL

**Rexroth**  
Bosch Group

Zastopstvo



**Clean  
Room**

**Ergonomija  
Vitka proizvodnja  
Fleksibilna avtomatizacija**

## Širok nabor hidravličnih ventilov

- Za odprte in zaprte tokokroge
- Zasnovani za delovanje z visokim tlakom in tokom
- Optimirani za delovanje s Poclain Hydraulics sistemi

### > Ventili za zaprte tokokroge



### > Ventili za odprte tokokroge



### > Ventili za zavore



### > Namenski krmilni bloki



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

## NAJVEČJI STROKOVNI DOGODEK INDUSTRIJE ZA INDUSTRIJO

Predstavitve strokovnih prispevkov • Strokovna razstava • Aktualna okrogla miza • Podelitev priznanja TARAS

### Forum znanja in izkušenj

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

### Osrednje teme IFIRT

- inoviranje
- razvoj
- izdelovalne tehnologije
- orodjarstvo in strojogradnja
- meroslovje in kakovost
- toplotna obdelava in spajanje
- napredni materiali
- umetne mase in njihova predelava
- organiziranje in vodenje proizvodnje
- menedžment kakovosti
- avtomatizacija
- robotizacija
- informatizacija
- mehatronika
- proizvodna logistika
- informacijske tehnologije
- napredne tehnologije
- ponudba znanja
- varjenje in rezanje
- vzdrževanje in tehnična diagnostika

Portorož, 5. in 6. junij 2017

Glavni pokrovitelj dogodka:



Nacionalni pokrovitelj dogodka:



Pokrovitelji dogodka:



Pokrovitelji sklopa kompoziti:



Priznanje TARAS

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



Impresum	93	■ INTERVJU	
Beseda uredništva	93	Urban Krajcar – Stičiče znanosti in gospodarstva ponuja priložnost dobrega sodelovanja znanosti in gospodarstva	94
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	96		
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	106	■ INDUSTRIJA 4.0	
Seznam oglaševalcev	170	Vesna TRANČAR: Vpetost industrije 4.0 v slovenska podjetja	114
Znanstvene in strokovne prireditve	161	■ HIDRAVLIČNE TEKOČINE	

**Naslovna stran:**

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

FESTO, d. o. o.  
IOC Trzin, Blatnica 8  
SI-1236 Trzin  
Tel.: + (0)1 530 21 10  
Fax: + (0)1 530 21 25

Poclain Hydraulics, d. o. o.  
Industrijska ulica 2,  
4226 Žiri  
Tel.: +386 (04) 51 59 100  
Fax: +386 (04) 51 59 122  
e-mail: info-slovenia@  
poclain-hydraulics.com  
internet: www.poclain-  
hydraulics.com

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

Parker Hannifin  
Ges.m.b.H.  
Podružnica v Sloveniji  
Velika Bučna vas 7  
8000 Novo mesto  
Tel.: + (0)7 337 66 50  
Fax: + (0)7 337 66 51

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

S3C, d. o. o.  
Tržaška cesta 116  
Tel.: +386 1 423 22 22  
Faks: +386 1 423 22 00  
www.landefeld.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

VISTA Hidravlika, d. o. o.  
Kosovelova ulica 14,  
4226 Žiri  
Tel.: 04 5050 600  
Faks: 04 5191 900  
www.vista-hidravlika.si

OMEGA AIR, d. o. o.,  
Ljubljana  
Cesta Dolomitskega  
odreda 10  
1000 Ljubljana  
T + 386 (0)1 200 68 63  
F + 386 (0)1 200 68 50  
www.omega-air.si

## ■ VZDRŽEVANJE

Samo ULAGA, Darko LOVREC: Nadzor vibracij kot pomoč pri preventivnem vzdrževanju hidravličnih naprav 130

## ■ NAPREDNA AVTOMATIZACIJA

Simon GORŠE, Jernej TAVČAR: XTS – linearni motor s krožno potjo 140

## ■ NEVARNE SNOVI

Joaquín LÓPEZ LÓPEZ, Domen SENICA, Andrej GLIŠIČ, Zoran GLIŠIČ, David KOLAR, Rok GERMŠEK, Andrej LEŠNJAK: Pregledovanje vozil za prevoz nevarnega blaga 146

## ■ LETALSTVO

Aleksander ČIČEROV: Ljudska sodba na TV – Kdo odloča o sestrelitvi potniškega letala 150

## ■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Sodelujoči roboti – bodoči sodelavci (FANUC) 156

Povezovalni kabli NEBU z vrtljivimi priključki (FESTO) 157

IMI Precision Engineering uvaja popolnoma novo IMI Norgrenovo linijo ISOLine™ (IMI International) 157

Varnostno občutljive naprave na dotik (FBS elektronik) 158

## ■ NOVOSTI NA TRGU

Izboljšano in tišje premikanje z linearnimi vodili SynchMotion™ (HIWIN) 159

Omron E3FC – fotoelektrični senzor, odporen na čistila (MIEL Elektronika) 159

Tihi, prilagodljivi in kompaktni aktuatorji WhisperTrak™ (INOTEH) 160

Vakuumski dvizni sistemi VACULEX (INOTEH) 161

## ■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Predvidljivo vzdrževanje s pomočjo senzorja vibracij Smart Condition Monitoring – SCM (INEA RBT) 162

## ■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige 165

Matematično modeliranje hidravličnih naprav tudi v ISO-standardih 167

## ■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh 170

**VENTIL**  
REVISTA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1518-7291 | APRIL 2017/2

- Intervju
- Industrija 4.0
- Hidravlične tekočine
- Vzdrževanje hidravličnih naprav
- Linearni motor s krožno potjo
- Pregledovanje vozil za prevoz nevarnega blaga
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo

**OPL** Rexroth  
**Parker**  
**IMI**  
**MIEL**  
**S3C**  
**VISTA**  
**BOSCH**

Ergonomija  
Vitka proizvodnja  
Fleksibilna avtomatizacija

## 6. evropska konferenca o tribologiji



7.–9. junij 2017  
Cankarjev dom, Ljubljana

### KONTAKT

#### SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJO

prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik konference

Bogišičeva 8, 1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4771 460  
Fax: +386 1 4771 469

E-mail: [ecotrib@tint.fs.uni-lj.si](mailto:ecotrib@tint.fs.uni-lj.si)  
Web: [www.tint-ecotrib.com](http://www.tint-ecotrib.com)

### ORGANIZATORJI



Slovensko društvo za tribologijo



Avstrijsko tribološko društvo



Italijansko tribološko združenje



Švicarska tribologija

### PRIJAVA

	Predčasna prijava (pred 30. aprilom 2017)	Standardna prijava (po 30. aprilu 2017)
Splošno	430 €	480 €
Študenti	200 €	250 €
Spremljevalna oseba	70 €	

Kotizacija vključuje dostop do vseh ECOTRIB 2017 sekcij in razstavljalnih prostorov, konferenčni material, pozdravni sprejem, kosila in odmore za kavo, vodeni ogled Ljubljane ter gala večerjo. Kotizacija za spremljevalno osebo vključuje kosila in gala večerjo.

30. april 2017

Rok za predčasno prijavo

15. maj 2017

Oddaja prispevkov

7.–9. junij 2017

Konferenca

### TEME

- ⚙ Mazanje in maziva, vključujoč trdna maziva
- ⚙ Prevlake in površinsko inženirstvo
- ⚙ Trenje, obraba in kontaktni mehanizmi
- ⚙ Zelena tribologija
- ⚙ Primeri industrijskih, avtomobilskih in proizvodnih študij
- ⚙ Biotribologija in biotribomateriali
- ⚙ Modeliranje in simulacije v tribologiji
- ⚙ Nano in mikrotribologija
- ⚙ Tribokemija
- ⚙ Tribokorozija

### SPONZORJI



Sponzorje/razstavljalce vljudno vabimo k sodelovanju na konferenci. Za več informacij nas prosimo kontaktirajte na [ecotrib@tint.fs.uni-lj.si](mailto:ecotrib@tint.fs.uni-lj.si)



© Ventil 23 (2017) 2, Tiskano v Sloveniji.  
Vse pravice pridržane.  
© Ventil 23 (2017) 2, Printed in Slovenia.  
All rights reserved.

## Impresum

Internet:  
http://www.revija-ventil.si

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	23	Volume
Letnica	2017	Year
Številka	2	Number

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno  
tehniko in Fluidne tehnike pri Združenju kovinske industrije  
je 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

Znanstven-strokovni svet:  
prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana  
izr. prof. dr. Ivan BAJŠIČ, FS Ljubljana  
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana  
prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana  
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg,  
ZR Nemčija  
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor  
prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana  
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana  
prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana  
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT, je upokojen  
prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana  
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija  
mag. Milan KOPAC, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri  
izr. prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor  
prof. dr. Santiago T. PUENTE MENDEZ, University of  
Alicante, Španija  
doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana  
prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija  
prof. dr. Gorko NIKOLIČ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška  
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana  
dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana  
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka  
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana  
Janez ŠKRLEČ, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg.  
Poljskava  
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana  
prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva in brodogradnje  
Zagreb, Hrvaška  
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana  
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:  
Narobe Studio, d.o.o., Ljubljana

Lektoriranje:  
Marjeta HÚMAR, prof., Andrea POTOČNIK

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:  
Birografika BORI, d. o. o., Ljubljana

Tisk:  
PRESENT, 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:  
1500 izvodov

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

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno  
dejavnost Republike Slovenije (ARRS)

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  
9,5-odstotni davek na dodano vrednost.

# Ali so pri nas kulturniki res največji nesrečniki in reveži?

Beseda kultura izhaja iz latinske besede »cultura«, ki pomeni »gojiti«. To je zelo širok pojem, pod katerim lahko razumemo kar koli, kar se ustvarja, vzgaja, nastaja in razvija. Pri nas pa so si družboslovci, razni umetniki in ustvarjalci v netržnih dejavnostih prisvojili to besedo. Tu pa tam najdemo še koga v kmetijstvu, ki govori o različnih kulturah pri pridelavi hrane, kar je seveda popolnoma pravilna uporaba besede.

Ali tehniki in naravoslovci nismo tudi kulturniki? Ali nek nov produkt, naprava ali stroj ali le strojni element ni ustvarjanje, razvijanje ali celo gojenje raznih idej. Celó več. Če naši kulturniki ustvarjajo samo zato, da je lepo za ušesa ali oči, moramo tehniki ustvarjati za ušesa, oči in še za nekaj več: to je funkcionalnost.

Gorenje ali pa neko drugo podjetje za gospodinjske stroje, aparate in pripomočke mora narediti izdelek, ki je privlačen za oči, prijeten za ušesa in seveda mora delovati čim bolj učinkovito in čim dalj časa. Podobno velja za avtomobile in druga prevozna sredstva. Poleg tega so vsi ti naštetih podvrženi svetovni konkurenci. Kaj pa naši kulturniki? Grebejo se predvsem pri državnih jasliah.

Ko smo letos poslušali slavnostnega govornika ob slovenskem kulturnem prazniku, smo bili nekateri presenečeni nad nekulturnostjo kulturnika. Sebe in svoje tovariše, ki se ukvarjajo s kulturo, je imenoval nesrečniki.

Prešeren, Cankar, Grohar in drugi bi se prav gotovo, če bi ta govor slišali, obračali v grobu. Vsi naštetih so bili izjemni ustvarjalci, umetniki in seveda kulturniki v pravem pomenu besede. V premoženjskem smislu pa so bili vsi pravi reveži, pogosto zasmehovani in celo preganjani. Prav vsi so imeli težko življenje in predvsem težko starost. Zanje bi pa res lahko zapisali, da so bili nesrečniki.

Kaj bi bilo, če bi ti živeli danes? Bi ravno tako ustvarjali in ravno tako toliko ustvarili, če bi jim država nudila toliko, kot nudi današnjim kulturnikom? Prepričan sem, da ne.

Zanimivo je, da govora slavnostnega govornika na letošnji proslavi ob osmem februarju ni nihče kritiziral, nihče ni analiziral njegove neupravičene kritike. Tu bi se morala oglašiti vsaj gospodarska ali pa obrtna zbornica, ki z davki in raznimi dajatvami svojih članov posredno financirata kulturo in kulturnike.

Škoda, da se govornik ni dotaknil števil v evrih in povedal, koliko denarja slovenskih davkoplačevalcev gre v Sloveniji za kulturo. Imamo eno bolj obsežnih ministrstev za kulturo. Na enoto število prebivalcev daje država v primerjavi z drugimi državami nadpovprečno za kulturo. V času nastajanja nove države je imelo to ministrstvo za kulturo zaposlenih okoli 30 ljudi, danes pa jih je petnajstkrat več: skoraj petsto. Poleg tega ima vsaka večja občina pri nas zaposlenega enega ali celo več ljudi, ki se ukvarjajo samo s kulturno dejavnostjo v lastni občini.

Slavnostni govornik bi nadalje moral povedati, koliko denarja kulturniki prinesejo v državni proračun.

Večina slovenskih orodjarjev dela za tujino, kar pomeni, da morajo komunicirati v tujem jeziku. Zakaj naši kulturniki ne ustvarjajo svojih del tudi v tujem jeziku za tuje gledalce in poslušalce? Na slovenskih televizijskih postajah predvajajo številne slovenske nadaljevanke. Zakaj jih ustvarjalci ne posnamejo v enem ali več tujih jezikih in jih tržijo za druge televizijske hiše. V Sloveniji k izvozu največ prispevajo livarji, orodjarji in varilci. To so najmanj izobraženi ljudje v državi. Kulturniki so praviloma bolj izobraženi in bi po tej logiki morali tudi več prispevati za družbeno dobro.

Dobro vemo, da je v svetu filmska dejavnost najbolj donosen posel. Kje so naši ustvarjalci filmov? Pogosto beremo, koliko so slovenski filmi gledani pri nas. Kaj pa ti isti filmi v tujini?

Naš kulturniki pa prav tako dobro vedo, da je lažje služiti državni denar, se grebsti pri državnih jasliah kot delati za trg. Iz tega dejstva so pač pritiski kulturnikov na politike najprimernejši in seveda tudi najbolj učinkovit način pridobivanja denarja za delo.

Janez Tušek

# Stičišče znanosti in gospodarstva ponuja priložnost dobrega sodelovanja znanosti in gospodarstva

Janez TUŠEK, Janez ŠKRLEC

*Stičišče znanosti in gospodarstva* je največji dogodek v Sloveniji, na katerem se neposredno srečajo razvojno-raziskovalne in izobraževalne inštitucije ter predstavniki gospodarstva, zlasti visokotehnoloških podjetij. To je priložnost, da se javnosti lahko predstavijo visokotehnološke inovacije. Dogodek omogoča sodelovanje različnih inštitucij – od razvoja do izdelka. V projektu aktivno sodeluje tudi MIZŠ (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport). Mag. Urbana Krajcarja, direktorja direktorata za znanost pri MIZŠ, smo prosili za kratek intervju.



Mag. Urban Krajcar

**Ventil:** Ali nam lahko na kratko predstavite projekt MIZŠ Stičišče znanosti in gospodarstva?

**Urban Krajcar:** Temeljni namen dogodka je predstavitev raziskovalnih organizacij, prikaz njihovih znanstvenih dosežkov, njihovo povezovanje in sodelovanje z gospodarstvom. Poglavitne teme so usmerjene k predstavitvi vrhunskih tehnologij z različnih področij. Na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport želimo z dogodkom vsebinsko povezati dva pola: akademskega in gospodarskega, ki po naravi stvari in svojih zakonitostih delujeta pogosto precej vsaksebi, s spodbujanjem tovrstnih aktivnosti in dogodkov pa iščemo tiste teme, ki so pomembne za vse vpletene.

Pri tem menimo, da spodbujanje sodelovanja ne sme vedno izhajati iz finančnih spodbud, subvencij, dodeljevanja nepovratnih sredstev, temveč da morata znanost in gospodarstvo najti skupen rezon v presečnih vsebinah, ki imajo pozitiven učinek za obe strani. Zavedamo se, da gre za majhen kamen v celotnem mozaiku možnega sodelovanja. Glede na uspeh v preteklem letu smo optimistični, da tudi iz takšnih vzgibov pridemo do dobrih rezultatov. Ne nazadnje je tu še javnost, ki pogostokrat nima ne vpogleda ne občutka, kaj natančno počnejo raziskovalci, zato je včasih težko pojasniti in prikazati, da ima lahko znanje, nastalo v laboratoriju, tudi aplikativne učinke, ki pozitivno učinkujejo na družbo.

**Ventil:** Lanskoletna prireditev je bila izjemno odmevna. Kaj pričakujete letos od tega zanimivega sejemskega projekta?

**Urban Krajcar:** Nič manj kot lani. Morda celo več, čeprav se zavedamo, da bo zaradi lanskega odmevnega dogodka letos še toliko več oči uprtih v projekt. Hkrati pa bodo seveda tudi pričakovanja javnosti verjetno še večja. Poskušali bomo tudi na nek način nadaljevati uspešne predstavitve dosežkov preteklega leta, vzporedno pa dodajati še nove, širši javnosti večinoma neznane, a zato nič manj relevantne vsebine.

**Ventil:** Ali ste vi kot MIZŠ zadovoljni z odzivom vabljenih inštitucij, kot so razvojno-raziskovalni inštituti in univerze?

**Urban Krajcar:** Že do sedaj smo bili z odzivom zelo zadovoljni. Kljub dejstvu, da smo v preteklem letu raziskovalne organizacije pozvali k sodelovanju precej pozno, so se v velikem številu odzvale in pokazale pripravljenost sodelovati pri projektu. Tudi zaradi še boljšega odziva in predstavitve najboljših zgodb smo začeli z letošnjimi pripravami že v začetku leta. Na ta način verjamemo, da bomo lahko prikazali kar se da največ kvalitetnih rezultatov, ki imajo tehnološki potencial.

**Ventil:** Čemu želite letos dati največji poudarek?



Utrinek z lanskoletnega dogodka

**Urban Krajcar:** Poseben poudarek bo na mikro-, bio- in nanotehnologijah. Omejitev na posamezna področja ali discipline ne bo, saj želimo pritegniti k sodelovanju različne deležnike in njihove dosežke. Bo pa težišče vsebin na IKT, mehatroniki, robotiki, fotoniki, bioniki, na področjih, za katera verjamemo, da v bližnji prihodnosti ne bodo zgolj osnova za povezovanje znanosti in gospodarstva, temveč bodo krojila oziroma že krojijo naš vsakdan. V zadnjem obdobju je vse bolj v ospredju (tudi zanimanja širše javnosti) področje vesoljskih tehnologij. Sodelovanje Slovenije v ESI in CERN-u je samo manifestacija vseh potencialov, ki jih ima država na tem

področju, zato menimo, da je prav poudariti tudi ta odkritja in dosežke.

**Ventil:** Kakšnim podjetjem je pravzaprav namenjeno Stičišče? Manjšim, srednjim ali velikim? Kako lahko podjetja stopijo v stik z vami?

**Urban Krajcar:** Velikost podjetja za samo sodelovanje ni pomembna. Namen je, da s ponujenimi vsebinami ustvarimo različne oblike povezav, ki jih do danes ni bilo ali pa so bile, pa za njih širša javnost ni vedela. Pomembno je povezati različne projekte in inovacije, ki so plod slovenskega znanja in sodelovanja med akademsko in gospodarsko sfero.

Podjetja, ki si želijo sodelovati in imajo povezave z raziskovalnimi organizacijami, se lahko obrnejo na Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport ali neposredno na Direktorat za znanost.

**Ventil:** Za odgovore se vam najlepše zahvaljujemo in vam tudi naprej želimo veliko poslovnih uspehov.

Prof. dr. Janez Tušek  
UL, Fakulteta za strojništvo  
Janez Škrlec, inž.,

Razvojno raziskovalna dejavnost,  
Zg. Polskava,  
član Sveta za znanost in tehnologijo RS



Dogodek pritegne vse generacije

## Slovenska konferenca z mednarodno udeležbo o uporabi sodobnih neporušitvenih metod v tehniki

Konferenca o uporabi sodobnih neporušitvenih metod v tehniki, ki je potekala 9. februarja 2017 na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, je bila posvečena preminulemu inž. Šipku, ki je bil pionir uvajanja neporušitvenih preiskav v slovenskem prostoru in širše v takratni državi. Mitja Šipek je bil vsestranska osebnost, ki je poleg inženirja metalurgije in strokovnjaka svetovnega ugleda za ultrazvočno defektoskopijo opravljal še vrsto drugih »poklicev za dušo«. Bil je pisatelj, dramski igralec in režiser, sodeloval je v filmih, bil je zborovodja Šentanelskih pavrov in član pevskega okteta, s poudarkom na ohranjanju koroških pesmi. Na vseh področjih je bil polno dejaven, njegovi prispevki pa so bili izjemno pomembni



Inž. Mitja Šipek med predavanjem na konferenci 2013

Njegova prva skrb vsa tista leta je bila, da je v oddelku za kakovost v Železarni Ravne v jeklarsko industrijo uvajal, v njej razvijal in pretekal v prakso vrsto sodobnih in

novih metod. Z leti si je v Železarni Ravne pridobil spoštljiv in popularen naziv »direktorja za kakovost«. To funkcijo je opravljal do svoje upokojitve.

Inž. Šipek je imel zadnje predavanje na 11. slovenski konferenci z naslovom »Nove metode uporabe

ultrazvoka, ki so reševale življenja«, v katerem je prikazal svoje zelo zanimive rešitve v železniškem, letalskem in avtomobilskem prometu, rešitve za naftno industrijo in vojaške namene. Ob tej priliki je prejel tudi priznanje za izjemno angažirano in uspešno delo v društvu, postal pa je tudi njegov častni član.



Pozdravni nagovor prodekana fakultete prof. dr. Romana Šturma

Na enodnevni konferenci je bilo predstavljenih 19 prispevkov, in sicer pet s področja akustične emisije, pet s področja ultrazvoka, dve predavanji s področja elektromagnetnega testiranja. Sledila so še predavanja iz uporabe termografije za preiskave konektorjev z vodniki. Posebej lahko izpostavimo še raziskavo gibanja varilnega oblaka za napoved lokacije napak v zvarih in merjenja pomikov na strojih s triangulacijskim senzorjem. Na koncu je bilo predstavljeno še merjenje zaoostalnih napetosti z X-žarki in metalografska analiza z uporabo replik. Zbornik prispevkov v obsegu 176 strani so na konferenci prejeli vsi udeleženci.

Naslednji dan je bila organizirana okrogla miza na temo izobraževanja



in certificiranja osebja za neporušitvene preiskave. Okrogle mize so se udeležili izvajalci dr. Andrej Lešnjak in ing. Rebeka Srebotnik iz podjetja Q-Techna, kjer imajo organizirano to dejavnost v Sector Centru. Dr. Miro Uran z Instituta za varilstvo, ki ima organizirano izobraževanje in slovensko akreditacijo za certificiranje osebja, ter Gabor Sekereš, dipl. fizik, in dr. Tadeja Primožič - Markežič (SIJ – Ravne Systems) kot pomembni naročniki za certificiranje osebja. Okrogle mize so se udeležili tudi dr. Sebastjan Žagar, dr. Janez Sušnik (oba s Fakultete za strojništvo), mag. Viktor Jemec (Srednja



*Uvodni nagovor prof. dr. Janeza Gruma, predsednika Slovenskega društva za neporušitvene preiskave*



*Udeleženci na konferenci*

šola Domžale) in Mladen Magovac, dipl. ing. stroj. (NBM Magovac).

Okroglo mizo je vodil predsednik Slovenskega društva za neporušitvene preiskave prof. dr. Janez Grum.

*Doc. dr. Tomaž Kek, univ. dipl. inž., prof. dr. Janez Grum, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo*

**JAKŠA**  
MAGNETNI VENTILI

od 1965

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



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



Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana

T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E [info@jaksa.si](mailto:info@jaksa.si)

## Sejem priložnosti 2017

Na Fakulteti za strojništvo UL je letos že četrto leto zapored potekal dogodek, ki smo ga poimenovali Sejem priložnosti. Glavni namen dogodka je povezovanje študentov strojništva in slovenskega gospodarstva, bistvo pa je v t. i. »hitrih razgovorih« med študenti in predstavniki podjetij.

Letos je dogodek prvič potekal v avli fakultete. Predstavilo se je osem uspešnih podjetij: Yaskawa, Akrapovič, Brinox, Kolektor, Mahle, Elaphe, Adria Tehnika in Hella.

V t. i. šestminutnih »hitrih razgovorih« se je v desetih krogih preizkusilo 40 študentov Fakultete za strojništvo UL.

Vsi študenti so se predhodno udeležili pripravljane delavnice, ki smo



»Hitri razgovori« med študenti in delodajalci

jo v ta namen pripravili karierni centri UL in je bila pogoj za udeležbo študentov na hitrih razgovorih.

Študenti so na dogodku nabirali nove izkušnje, se mrežili s pred-

stavniki podjetij, se, kot je bilo že omenjeno, preizkusili v razgovorih za delo ter navezovali stike za morebitne prihodnje poslovne priložnosti in sodelovanje. Delodajalci so se mladim nadobudnim študentom



Skupinska slika – predstavniki podjetij, organizatorji dogodka in vodstvo Fakultete za strojništvo UL



Utrip na Sejmu priložnosti

predstavili na stojnicah. V okviru »hitrih razgovorov« pa so morda med kandidati prepoznali kakšnega bodočega štipendista oz. sodelavca.

Dogodek je dosegel svoj namen – zadovoljni študenti, polni vtisov, novih izkušenj, in nove kakovostne povezave. Delodajalci so bili na koncu vsi enotnega mnenja, da je tako srečanje odlična priložnost za povezovanje in sodelovanje med študenti Fakultete za strojništvo UL in slovenskim gospodarstvom. Naslednje leto se ponovno snidemo!

*Andreja Jurček,  
karierna svetovalka na Fakulteti za  
strojništvo  
Univerza v Ljubljani*



**Univerza v Mariboru**  
**Fakulteta za Strojništvo**  
**Laboratorij za Oljno Hidravliko**



**University of Maribor**  
**Faculty of Mechanical Engineering**  
**Laboratory for Oil Hydraulics**

14. & 15. September 2017

mednarodna konferenca

## Fluidna Tehnika 2017

### Vabilo

**Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so z več kot 20 letno tradicijo osrednji bienalni dogodek s področja hidravlike in pnevmatike v Sloveniji in v tem delu Evrope.**

**Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljaivec ali kot pokrovitelj dvodnevne mednarodne konference Fluidna Tehnika 2017, predstavite nova spoznanja, nove proizvode in dosežke ter storitve.**

**Podrobnejše informacije o konferenci, tematskih področjih in programu, pomembnih datumih, ... ter sprotne novice najdete na spletni strani konference.**

international conference

## Fluid Power 2017

### Invitation

**International conference "Fluid Power" with tradition of more than 20 years are central biennial event in the field of hydraulics and pneumatics in Slovenia and this part of Europe.**

**You are invited to, as an author, as an exhibitor or as a sponsor of two-day international conference Fluid Power 2017, introduce new findings, new products, new achievements and services.**

**More information about the conference, topics and program, important dates, ... and current news can be found on the conference website.**



<http://ft.fs.um.si>

Kongresni Center / Congress Centre Habakuk  
Maribor Slovenija

## Mednarodni Industrijski sejem 2017 s 15-odstotno rastjo obiska

Mednarodni Industrijski sejem v Celju je v štirih sejemskih dneh od 4. do 7. aprila obiskalo več kot 13.800 obiskovalcev, kar je 15 % več kot zadnjič, ko je potekal sejem. Sejem je prejel odlične ocene obiskovalcev in razstavljalcev, ki dodatno potrjujejo velik pomen sejma v regiji. Zelo dobre razmere v industriji pa odpirajo možnost za nadaljnjo rast sejma in še krepitev njegove vloge kot prostora, kjer se vsaki dve leti predstavijo ključne novosti in dosežki industrije ter sklene največ novega posla v regiji.

### Sejem si je prislužil odlične ocene obiskovalcev

Tudi obiskovalce je sejmsko dogajanje navdušilo, saj jih je več kot 97 % navedlo, da je sejem izpolnil njihova pričakovanja. To se izraža tudi v oceni sejmov. Praktično enak delež obiskovalcev je sejmom namenil najvišji možni oceni 5 in 4 (petico več kot 51 % vprašanih). Obiskovalci so sicer kot najpogostejši razlog obiska sejma navajali ogled sejmske ponudbe in novosti, sejem pa

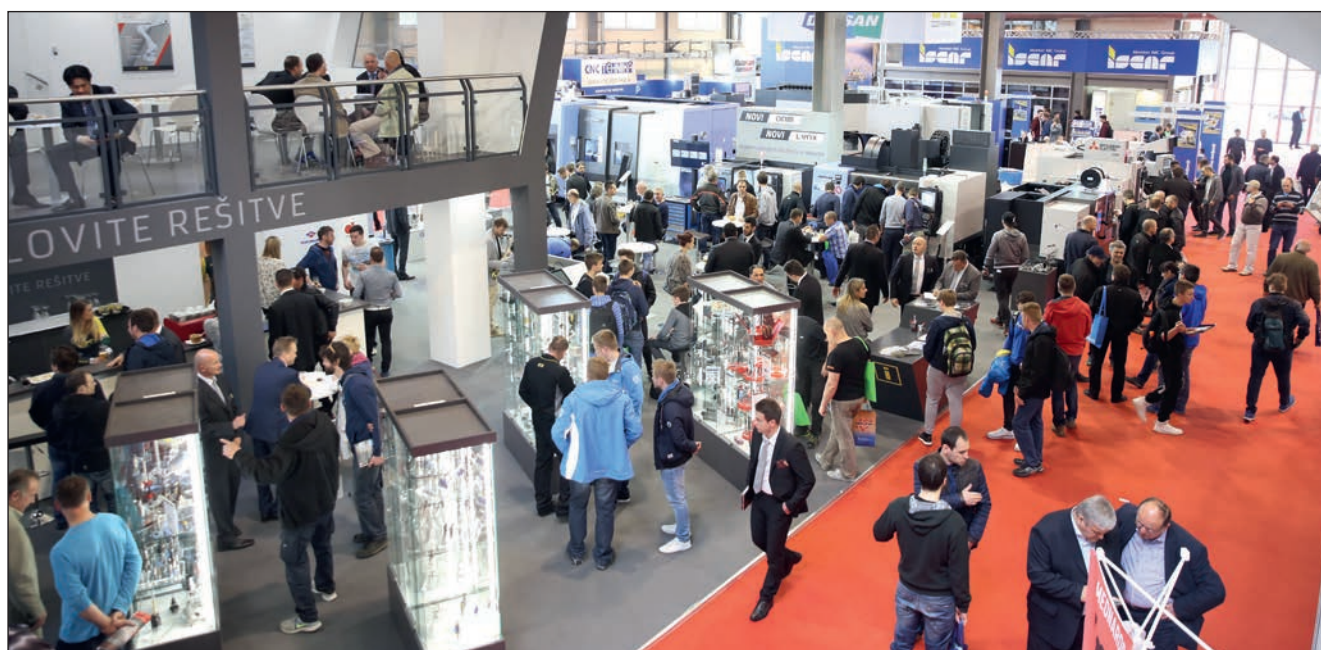
so obiskali, ker je sejmska vsebina povezana z njihovim delom oz. so z njim povezani tako poslovno kot zasebno. Tretjina obiskovalcev je sejem obiskala zaradi ponudbe orodjarstva in strojegradnje, sledilo je področje napredne tehnologije (27 %). Zelo spodbudna pa je tudi napoved ponovnega obiska sejmov, saj je več kot 85 % obiskovalcev že odločenih, da bodo sejem ponovno obiskali.

Poleg obiskovalcev iz Slovenije so bili med obiskovalci številni tuji

Rezultati raziskave, ki jo v Celjskem sejmu redno izvedejo med razstavljalci in obiskovalci sejmov, kažejo, da je več kot 43 % anketiranih razstavljalcev potrdilo sklenitev novega poslovnega dogovora neposredno na sejmišču. Od teh jih je skoraj tretjina našla novega kupca za svoje izdelke in storitve. Več kot 97 % razstavljalcev je svoj nastop ocenilo za uspešen, tretjina celo za zelo uspešen. Skoraj 87 % razstavljalcev je že ta trenutek odločenih, da sodelujejo tudi na prihodnjem sejmu v letu 2019.



Obiskovalci so sejem obiskali zaradi ogleda sejmske ponudbe in novosti



Mednarodni Industrijski sejem je izpolnil pričakovanja razstavljalcev in obiskovalcev



## YuMi blestel v vlogi natakara

Ena izmed zvezd mednarodnega Industrijskega sejma v Celju je zagotovo tudi sodelovalni robot YuMi, podjetja ABB inženiring, d. o. o. Pomagal je pri rezanju traku na slovesnem odprtju sejma, na razstavnem prostoru strokovne revije IRT3000 pa je vse sejemske dni prijazno postregel s pijačo in si prislužil odlične ocene za svojo spretnost.

tako iz držav Balkanskega polotoka (BiH, Črna gora, Hrvaška, Makedonija, Romunija, Srbija) ter držav srednje in zahodne Evrope (Avstrija, Češka, Italija, Madžarska, Nemčija, Poljska, Slovaška, Švedska, Švica). Celjski industrijski sejem so obiskali tudi Japonci in Korejci.

### Mednarodni Industrijski sejem največji doslej

Industrijski sejem je s konstantno rastjo v zadnjih letih postal drugi največji sejem, takoj za MOS-om, že kar nekaj let pa je tudi sejem z največjo mednarodno udeležbo, pojasnjujejo v družbi Celjski sejem. Več kot 350 direktnih razstavljalcev je na sejmu predstavilo okoli 700 različnih blagovnih znamk. V aprilu so v Celju razstavnim površinam dodali dve dodatni sejmski dvorani, zato je ta sejem največji doslej. Veliko zadovoljstvo tako razstavljalcev kot tudi obiskovalcev ob zaprtju sejmskih vrat je potrdilo napoved organizatorja, da bo sejem upravičil sloves največjega in najpomembnejšega sejma teh dejavnosti v jugovzhodni Evropi.

### Podeljena sejmska priznanja in razglašeni državni prvaki v varjenju

Del sejmskega dogajanja je bila podelitev tradicionalnih sejmskih priznanj. Med 20 izdelki in stori-

tvami, ki jih je na razpis prijavilo 17 podjetij, razstavljalcev na sejmu, sta si po prepričanju strokovne komisije zlati priznanji prislužili podjetji Gorenje Orodjarna, d. o. o., in Daihen Varstroj, d. d. Gorenje Orodjarna je dobila zlato priznanje v kategoriji proizvajalci za svoje progresivno orodje za preoblikovanje pločevine za izdelavo vodil za stekla v avtomobilskih vratih, Daihen Varstroj pa v kategoriji zastopniki za varilno opremo Synchro Feed GMA. V kategoriji proizvajalcev je srebrno sejmsko priznanje prejelo podjetje EMO – Orodjarna, d. o. o., bronasto pa Kovinoplastika Povše, d. o. o. V kategoriji zastopniki je srebrno sejmsko priznanje prejelo podjetje

Topomatika, d. o. o., bronasto pa KMS, d. o. o.

Na sejmu je med drugim potekalo tudi 5. državno prvenstvo varilcev, ki so ga s pomočjo pokroviteljev organizirali Društvo za varilno tehniko Maribor, Sindikat SKEI Slovenije ter Celjski sejem. Udeležilo se ga je 21 tekmovalcev, ki so se pomerili v dveh postopkih varjenja. V varilnem postopku MAG, v katerem je tekmovalo 10 varilcev, se je najbolje odrezal Hazim Hodžić iz Instituta za varilstvo Ljubljana. V varilnem postopku TIG, v katerem se je pomerilo 11 varilcev, pa je prvo mesto osvojil Dževad Ikanović iz podjetja DBSS, d. o. o. Ob tej priložnosti so društva za varilno tehniko Krško,



Varilcem se za prihodnost ni bati

Ljubljana, Maribor in Celjski sejem podelili še priznanje za življenjsko delo. Za strokovno delo in prizadevanje za razvoj varilske stroke v Sloveniji in njene prepoznavnosti v mednarodnem prostoru ga je prejel prof. dr. Inoslav Rak.

»Poklic varilca je v deficitaren, ob tem pa izjemno cenjen. Na trgu dela je zelo težko dobiti dobrega varilca. Morda je tudi eden izmed razlogov, da delodajalci neradi pošiljajo svoje varilce na tekmovanja, ker se bojijo, da jim jih bo kdo drug speljal z boljšo ponudbo,« je na sejmu med drugim dejala Lidija Jerkič, predsednica Sindikata kovinske in elektroindustrije (SKEI) Slovenije. Jerkičeva sicer še meni, da je državno prvenstvo va-

rilcev tudi priložnost za promocijo poklica.

»Prenos znanja med generacijami na področju varilstva je slab. Ko mladi ljudje iz šol pridejo v industrijo, od svojih starejših kolegov ne dobijo dovolj znanja, ki ga ti imajo,« je na okrogli mizi v okviru Dneva varilne tehnike dejal dr. Janez Tušek, profesor na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Razlogov za to je po njegovih besedah več. So v sistemu šolstva, v podjetjih samih, pa tudi država ne naredi dovolj, da bi prenos znanja bolj spodbujala.

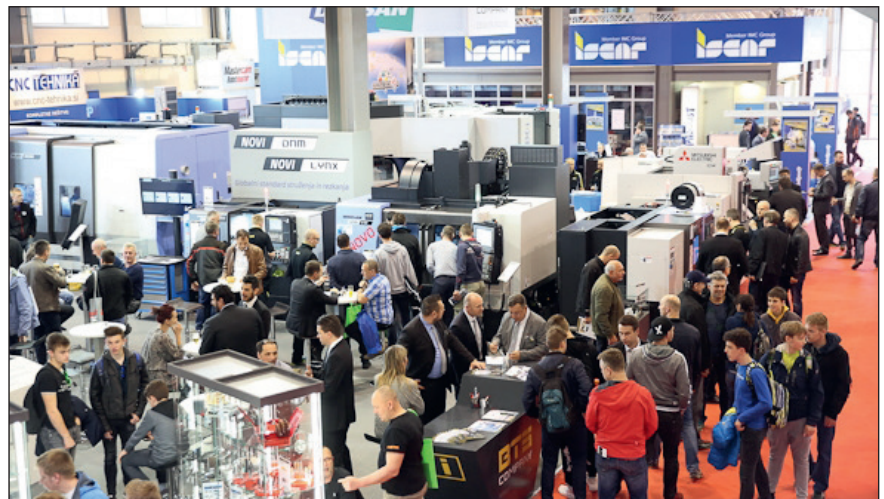
Vedno bolj aktualni sta tudi v varilstvu robotizacija in avtomatizacija, vendar dr. Janez Tušek pravi,

da se varilec ni treba bati, da jih ne bomo več potrebovali: »Slovenija ima največ varilnih inženirjev z mednarodno diplomom na prebivalca. Naša država je na tem področju zelo močna. Pred 20 leti, ko se je robotika uveljavljala, so rekli, da ne bomo več rabili varilcev, a so kmalu ugotovili, da tako ne bo šlo. Nato so se začeli razvijati simulatorji za učenje varjenja. Da varilci nimajo prihodnosti, se ni bati, večji problem bo, kje jih dobiti.« Spodbuden je sicer podatek, da se zadnja leta vse več mladih vseeno odloča za deficitarne poklice, med katerimi je tudi poklic varilca.

*Nataša Vodušek Fras,  
Celjski sejem, d. d.*

## UL – Fakulteta za strojništvo na Industrijskem sejmu 2017 v Celju

Na celjskem sejmišču je od 4. do 7. aprila potekal mednarodni Industrijski sejem 2017 s celovito ponudbo, prilagojeno četrti industrijski revoluciji (Industrija 4.0). Ta koncept zahteva nov pristop glede strokovnih sejmov, zato so bili organizirani tako, da je podan celovit pregled vsega, kar potrebuje učinkovita industrija prihodnosti. Na novo organiziran strokovni sejem je tako pokrival področja orodjarstva in strojegradnje, varjenja in rezanja, materialov in komponent in naprednih tehnologij.



*Utrinek iz razstavnih prostorov*

Na sejmu se je predstavila tudi Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, ki je prikazala fakultetni serijski publikaciji, to sta strokovna revija Ventil in znanstvena revija Strojniški vestnik. Svoje dosežke na raziskovalnem področju in v sodelovanju z industrijo so s promocijskimi materiali predstavili laboratoriji: LAVAR (Laboratorij za varjenje), LASIM (Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko), LAP (Laboratorij za preoblikovanje) in LASOK (Laboratorij za transportne naprave in sisteme ter nosilne strojne konstrukcije). Laboratorija LFT (Laboratorij za fluidno tehniko) in LFDT (Laboratorij



*Razstavni prostor Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani*

za dinamiko fluidov in termodinamiko) pa sta svojo dejavnost prikazala s promocijskim gradivom in tudi s praktično predstavitevijo.

*Dr. Mihael Debevec,  
UL, Fakulteta za strojništvo*

**SAFETY FIRST**

# STAINLESS STEEL CONNECTORS FROM PH.

PH catalogue  
available as  
app for Android  
and iPad



**PH Industrie-Hydraulik GmbH & Co. KG**  
Stefansbecke 35-37, 45549 Sprockhövel, Germany  
Tel. +49 (0) 2339 6021, Fax +49 (0) 2339 4501  
info@ph-hydraulik.de, [www.ph-hydraulik.de](http://www.ph-hydraulik.de)



**EDELSTAHL / STAINLESS STEEL**  
VERBINDUNGSTECHNIK  
FLUID CONNECTORS

## Izjemno uspešen sejem MEDICAL - Mednarodni sejem sodobne medicine

Sejem MEDICAL je potekal v Gornji Radgoni od 6. do 8. aprila. Pripravil ga je Pomurski sejem, d. d., v sodelovanju z Združenjem proizvajalcev in distributerjev medicinskih pripomočkov SLO-MED v okviru Podjetniško-trgovske zbornice. Sejem je ponujal odlično priložnost za predstavitev naprednih izdelkov in storitev na področju medicinske opreme in tehnologij, farmacije, alternativnih oblik zdravljenja, preventive in zdravega bivanja.



Mednarodni sejem sodobne medicine sta slavnostno odprla ministrica Milojka Kolar Celarc in predsednik uprave Pomurskega sejma Janez Erjavec

Pri organizaciji sejma in strokovnih predstavitev so sodelovali številne krovne državne institucije, zavodi, zveze in društva bolnikov. Vsebinski poudarki sejma MEDICAL 2017 so bili na vrhunskih inovacijah in novih tehnologijah v zdravstvu, celostni obravnavi pacienta, sodobni rehabilitaciji in proaktivni skrbi za zdravje na delovnem mestu. Posebna pozornost je bila posvečena tudi ozaveščanju o zdravem načinu življenja v vseh življenjskih obdobjih in dolgoživi družbi. Predstavitve in dogajanja so bili zanimivejši, ker je bila Velika Britanija država partnerica sejma.

Med izstopajoče inovacije v medicini je sodil tudi bionski človek, in sicer predstavitev prvega razvojnega projekta in koncepta bionskega človeka v Evropi za izobraževalne namene bodočih inženirjev bionike. Vodja tega projekta je bil Janez Škrlec – Razvojno-raziskovalna dejavnost, sicer dolgoletni član Sveta za znanost in tehnologijo RS, podjetje INTRI, d. o. o., Višja strokovna šola ŠC Ptuj in Visoka strokovna šola za bioniko iz Ptuja.

Nadalje so bile predstavljene medicinske tekstilije: odzivne tekstilije s hidrogelom, samočistilne tekstilije, aktivne in pasivne protimikrobne tekstilije, tekstilni senzori, terapevtske tekstilije, oksetične tekstilije (UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje); napredni vmesniki mišice-stroj za neinvazivno identifikacijo in analizo kontrolnih strategij skeletnih mišic v zdravih preiskovancih in bolnikih s pomočjo zajema in analize večkanalnih površinskih elektromiogramov (UM, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko); mikrofluidni generator mehurčkov ali kapljic s planarnim pretočnim fokusiranjem, mikrofluidni čip s pnevmatsko krmiljenimi elastomernimi ventili, mikrofluidni čip z vgrajenimi elektrodami za biosenzorje, prototip fotopletizmografa za neinvazivno spremljanje kroničnega venskega popuščanja, mikrofluidna priprilna črpalka z enim aktuatorjem PZT – in vivo (patent) (UL, Fakulteta za elektrotehniko); piezoelektrične elemente za ultrazvočne pretvornike za medicinsko diagnostiko je predstavil odsek K5 Instituta Jožef Stefan.



Razstavni prostor z inovacijami je bil odlično obiskan

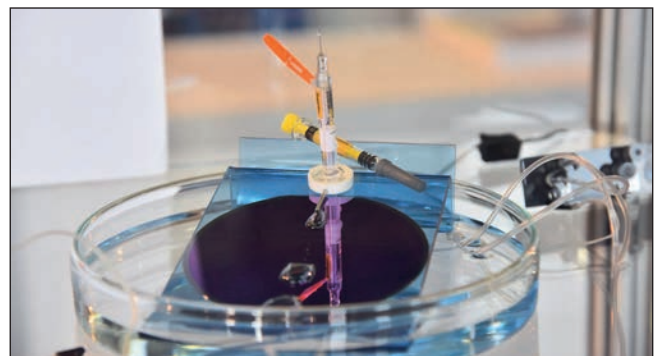
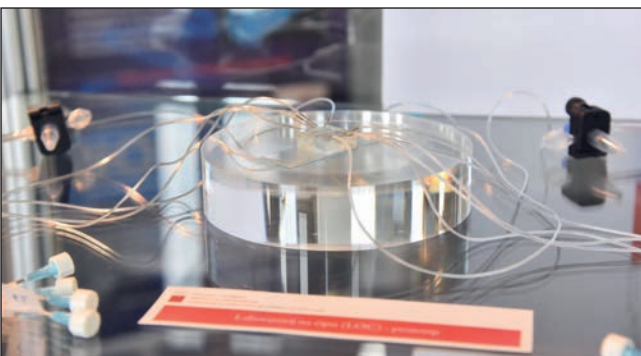




Odičen obisk razstavnega prostora z inovacijami v medicini, bionskim človekom kot razvojnim projektom za izobraževalne namene



Predstavitev pametnih tekstilij (NTF – Univerza v Ljubljani). Zajem površinskih elektromiogramov (FERI – Univerza v Mariboru).



Laboratorij na čipu in mikrofluidna črpalka (LMSE – Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani)



Piezoelektrične elemente za ultrazvočne pretvornike za medicinsko diagnostiko je predstavil odsek K5 Instituta Jožef Stefan

Kemijski inštitut v Ljubljani in drugi partnerji so se v okviru sejma predstavili z video promocijskim in drugim gradivom. Medijska pokroviteljka naše predstavitve sta bila IRT 3000 in revija Ventil.

MEDICAL – Mednarodni sejem sodobne medicine



## MIZŠ vabi na »Stičišče znanosti in gospodarstva« v okviru mednarodnega sejma MOS 2017

Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ) bo tudi letos na 50. Mednarodnem sejmu obrti in podjetnosti v Celju (med 12. in 17. septembrom 2017) sodelovalo pri organizaciji dogodka »Stičišče znanosti in gospodarstva«.

Namen dogodka bo predstavitev raziskovalnih in izobraževalnih organizacij, njihovih znanstvenih dosežkov ter povezovanja in sodelovanja z gospodarstvom. Poglavitne teme bodo namenjene predstavitvi vrhunskih tehnologij z različnih področij, novih tehnoloških procesov, inovacij, novodobnih poklicev in sodobnih izobraževalnih programov. Zaradi pozitivnega odziva lani in potreb, da bi predstavili čim več kvalitetnih projektov in inovacij, bo letošnja predstavitev še na nekoliko večjem razstavnem prostoru, vendar na isti lokaciji – v hali L1 Celjskega sejmišča.

Tudi letos bo projekt izvajal g. Janez Škrlec (član SZT), ki bo zadolžen za njegovo pripravo, ureditev sejemskega prostora in nemoten potek



dogodka. Nekaj utrinkov z lanske prireditve si lahko ogledate tudi na spletni strani <https://www.youtube.com/watch?v=hxVGMURnUxM>.

Stičišče predstavlja dodatno priložnost za promocijo slovenske znanosti, zlasti pa za okrepitev sodelovanja med znanstveno in gospodarsko sfero. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport je bilo z lanskoletno predstavitvijo nadvse zadovoljno, letos pa je generalni direktor direktorata za znanost mag.

Urban Krajcar vse partnerje pozval k sodelovanju že zdaj, da bo vse potekalo po načrtanem programu. Z lanskoletno predstavitvijo so bili zadovoljni vsi sodelujoči partnerji, tako iz razvojno-raziskovalne in izobraževalne sfere kot iz gospodarstva.

Letos bosta medijska partnerja Stičišča znanosti in gospodarstva revija Ventil in IRT 3000.

*MIZŠ in organizator projekta*



**HYDAC**  
 HYDAC d.o.o.  
 Zagrebška c. 20  
 2000 Maribor  
 T.: (02) 460-15-20  
 info@hydac.si

## Strokovna ekskurzija elektronikov na FERi Univerze v Mariboru

V petek, 7. aprila, je bila organizirana strokovna ekskurzija elektronikov in mehatronikov iz vseh regij Slovenije, tokrat že brez organizacije Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije.

poslan v vesolje že v začetku leta 2018. Za razvoj tega satelita in tehnologije, ki jih uporabljajo, je veliko zanimanja tudi v Evropski vesoljski agenciji (ESA).



Obisk elektronikov in mehatronikov v Laboratoriju za elektronske in informacijske sisteme



Prikaz razvojnega koncepta nanosatelita in njegovih gradnikov

Udeleženci so поблиžje spoznali Laboratorij za elektronske in informacijske sisteme, ki ga vodi **doc. dr. Iztok Kramberger**. Na predstavitvi so se seznanili s področji mikro- in nanotehnologij, povezanih z razvojem nanosatelita in drugih visokotehnoloških naprav. Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru skupaj s podjetjem SkyLabs in drugimi razvija gradnike prvega slovenskega satelita oz. prvi nanosatelit, ki bo

Elektroniki in mehatroniki si bodo kmalu lahko ogledali tehnološke zanimivosti tudi na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Strokovni obiski so izjemno pomembni za prenos znanja, novih tehnologij in inovacij v gospodarstvu.

*Janez Škrlec, inž. meh.,  
Razvojno raziskovalna dejavnost,  
Zg. Polskava*

**SUN** hydraulik<sup>®</sup>  
GmbH

➔ RAZBREMENILNI  
VENTILI • REGULATORJI  
TLAKA IN VARNOSTNI  
VENTILI • RAZDELILNIKI  
TOKA • POTNI VENTILI  
• LOGIČNI ELEMENTI •  
VMESNE PLOŠČE • OKROV  
S PRIKLJUČKI ZA CEVI •  
ELEKTROPROPORCIONALNI  
VENTILI ZA VGRADNJO



**SUN** hydraulik<sup>®</sup>  
GmbH

Brüsseler Allee 2  
41812 Erkelenz  
NEMČIJA

Tel: +49 24 31/ 80 91 12  
Fax: +49 24 31/ 80 91 19

info@sunhydraulik.de

[www.sunhydraulik.de](http://www.sunhydraulik.de)

## Parker praznuje 25 let sistema EO-2

Pred največjo domačo sejensko hišo Celjski sejem je bogato sejensko leto 2017. Pripravili bodo 12 mednarodnih sejemskih dogodkov, nadaljujejo pa tudi z mesečno pripravo kulinarčnih festivalov, ki so jih zelo uspešno uvedli oktobra 2015. Med novostmi prihodnjega leta v Celju posebej izpostavljajo nov koncept industrijskih sejmov v skladu z izzivi četrte industrijske revolucije oz. industrije 4.0 ter popolnoma nov sejem inovativnih digitalnih rešitev Feel the Future, ki bo neke vrste nadgradnja sejma informacijskih tehnologij, ki ga v Sloveniji ni že skoraj poldrugo desetletje, in na novo zastavljen sejem logistike. Leto 2017 pa bo posebej zaznamovalo tudi praznovanje 50. obletnice sejma MOS.

Sistem EO-2 je v preteklih 25 letih postal izredno priljubljena rešitev, saj omogoča preprosto uporabo, nudi funkcije, s katerimi prihranite čas in denar, ima pa tudi različne prednosti pri spajanju komponent.

Sistem EO-2 je zasnovan za uporabo z metričnimi cevmi standardov DIN 3861, DIN 2353 in ISO 8434-1. Priključki EO-2 so na voljo v velikostih serij LL, L in S.

K uspehu je prispevala edinstvena kombinacija funkcij in komponent, kot so na primer tesnila iz



elastomera na vseh spojih. Tesnila iz elastomera, uporabljena pri vseh priključkih EO-2, zagotavljajo delovanje brez puščanja in brez potrebe po vnovičnem zategovanju – tudi v skrajnih delovnih pogojih – in hermetično zatesnjen spoj cevi. Učinek tesnjenja je odporen na tlak, zato so priključki EO-2 primerni za uporabo v delovnih pogojih z visokim tlakom.

Funkcijska matica je ključni element priključkov EO-2, saj poenostavi postopek spajanja komponent ter zmanjša stroške skladiščenja in naročanja. Tesnilo in obroč za pridržanje priključkov EO-2 sta združena kot par in vstavljena v notranji navoj funkcijske matice, tako ti trije deli tvorijo en funkcionalen element. S tem odpade tveganje, da bi pri spajanju posameznih kompo-

nent nekatere komponente pozabili namestiti, jih zamešali ali napačno sestavili. Z zasnovano komponent, ki tvorijo posamezne spoje, se prihranita čas in denar.

Sistem EO-2 je mogoče uporabiti v delovnem okolju do 800 barov (serija S) in 500 barov (serija L).

Ker je sistem odporen na visoke vrednosti tlaka, se lahko namesto težje serije S uporabi cenovno ugodnejša serija L, to pa pomeni tudi prednost pri uporabi v omejenem ali tesnem delovnem okolju.

*Vir: Parker Hannifin Ges.m.b.H. Wiener Neustadt, Avstrija – Podružnica v Sloveniji, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com, internet: www.parker.si, Miha Šteger*

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2017 - ASM '17

6. decembra 2017

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

## Institut "Jožef Stefan" postal član prestižnega kluba TTO Circle

Institut "Jožef Stefan" je 28. 3. postal član prestižnega kluba Evropske komisije TTO Circle.

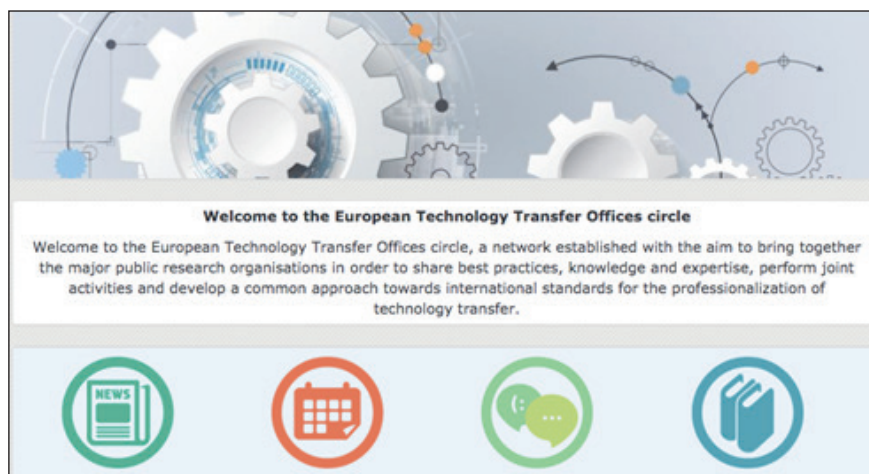
TTO Circle ali Krog evropskih pisarn za prenos tehnologij predstavlja izbor največjih javnih raziskovalnih organizacij po vsej Evropi. Omrežje obsega 26 organizacij iz 16 držav, ki zaposlujejo več kot 115.000 raziskovalcev. Partnerji so podpisali memorandum o sodelovanju, s katerim želijo okrepiti sposobnost Evrope za ustvarjanje inovativnih izdelkov in storitev za trg.

Poleg IJS so člani prestižnega kluba še Weizmann Institute (Izrael), Fraunhofer in Max Planck, Helmholtz in Leibniz Association (Nemčija), CEA, Indria

(Francija), TNO, VITO (Nizozemska), VTT (Finska), CERN, ESA, ESRF, ETH (Švica), IMEC (Belgija), STFC-Science & Technology Facilities Council (Velika Britanija), RISE (Research Institutes of Sweden), SINTEF (Norveška), CNR, Enea

(Italija), TecNALIA, SIEMAT (Španija), TÜBİTAK (Turčija), Danish Technological Institute – DTI (Danska), Teagasc (Irska).

Čestitke ob izjemnem dosežku in uspešno delo še naprej!



# SVETOVNI PRVAKI

Roboti MOTOMAN serije MA so podjetju Yaskava priborili prvo mesto na področju obločnega varjenja. Stavite na te robote. Navdušeni boste.



## YASKAWA

YASKAWA Slovenija d.o.o. · T: +386 (0)1 83 72 410 · YSL-info@yaskawa.eu.com · www.yaskawa.eu.com

## AAA<sup>®</sup>

Boniteta odličnosti  
2016

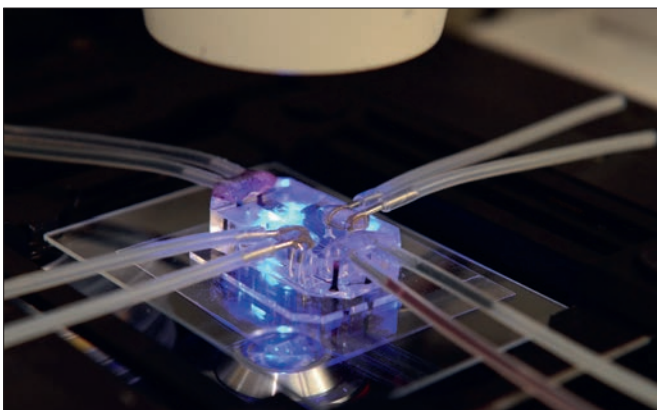
A Bispode Solution

## Laboratoriji, reaktorji in organi na čipu

### Inovativna tehnologija spreminja znanstveno fantastiko v realnost

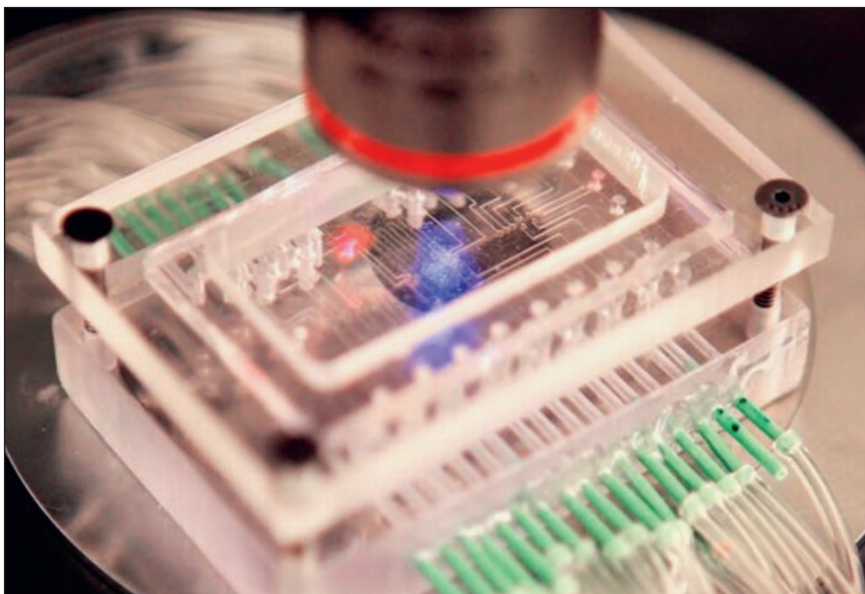
Za razumevanje sistema, imenovanega »organi na čipu«, je potrebno omeniti tudi tako imenovane sisteme »laboratorijev in reaktorjev na čipu«, ki omogočajo detekcijo, analizo in drugo obravnavo bioloških substanc. Ti sistemi so že izjemno dobro razviti in so v množični uporabi za različne preiskave. Organi na čipu so povsem novi sistemi, ki omogočajo analizo delovanja le dela organizma. Ti sistemi se razvijajo za testiranje zdravil na manjših vzorcih živega organizma, ki jih vstavijo v mikročip, ki služi simulaciji okolja, v katerem bi bil odvzeti vzorec. Eden najbolj kompleksnih postopkov izdelave novih zdravil je namreč njihovo testiranje. Znanstveniki morajo najprej testirati zdravila na živalih, kar ni poceni in še manj etično. Poleg tega ni nujno, da rezultati predvidijo vse efekte, še zlasti, kako bo na zdravilo reagiral posamezen človeški organizem.

Znanstveniki s Harvarda so na primer vzeli vzorce pljuč in jih vstavili na mikročip, ki tako delujejo kot sistem, ki diha, prenaša hranilne sno-



Sistem »organi na čipu«

vi do celic in se imunsko odziva na neznane dražljaje. Podobno so japonski znanstveniki opazovali odziv »organizma z rakastimi celicami« na zdravila. Taki sistemi so seveda šele na začetku raziskav, nedvomno pa se bodo spoznanja s tega področja s časom razširila in obogatila. Dosedanji organi na čipu so kot miniatu-



Laboratoriji na čipu

ni deli človeških organov (v velikosti malega USB-ključka in še manjši). Ti sistemi bodo v prihodnosti zagotovo povzročili revolucijo na področju medicinskih raziskav in iskanja ustreznih zdravil. Omogočali bodo videnje bioloških mehanizmov na do zdaj povsem nemogoč način. Do danes so znanstveniki že uspešno naredili modele pljuč, jeter, ledvic, srca, kostnega mozga, roženice ipd. Modeli organov na čipu so predvsem iz fleksibilnih prozornih polimerov. Celice znotraj čipa so lahko narejene tako, da simulirajo točno določeno strukturo tkiva in replicirajo nekaj ključnih funkcij delovanja določenega organa.

Tako lahko skozi simulirani organ spustijo bakterije in opazujejo odzive. Taki sistemi z organi na čipu bi lahko prihranili veliko življenj živali, ki se sicer žrtvujejo za dobro človeštva. Seveda pa ti sistemi zanimajo tudi vojsko, ki s pomočjo tehnologije testira odzive človeških organov na biološko, kemijsko in radiološko orožje.

### Tudi v Sloveniji uspešni na tovrstnih področjih

Laboratorij za mikrosenzorske strukture in elektroniko (LMSE), Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, je eden vodilnih v Sloveniji za razvoj in izdelavo mikrosenzorskih, aktuatorskih in fluidnih komponent ter sistemov za uporabo v biomedicini, farmaciji in procesnem kemijskem inženirstvu. Na področju mikrofluidike se v LMSE ukvarjajo z modeliranjem, načrtovanjem in izdelavo mikrofluidnih komponent in sistemov t. i. laboratorijev na čipu (ang. Lab-on-a-chip). S tem v zvezi so razvili večplastno polimerno mikroventilsko tehnologijo, ki omogoča sekvenčno in/ali sočasno krmiljenje več osnovnih mikrofluidnih operacij na enem čipu. Pred kratkim so se vključili tudi v projekt BioPharm.Si z nalogo razvoja naprednih biosenzorjev za spremljanje procesov proizvodnje bioloških zdravil. LMSE se bo letos predstavil tudi na mednarodnem sejmu sodobne medicine v Gornji Radgoni in v okviru projekta MIZŠ »Stičišča znanosti in gospodarstva« na sejmu MOS 2017.

Janez Škrlec, inž.,  
Razvojno raziskovalna dejavnost,  
Zg.Polskava,  
član Sveta za znanost in tehnologijo RS

## Globalna poraba vode bo v naslednjih 30 letih narasla za 55 %

Voda prekriva kar dve tretjini našega planeta in ima izjemno pomembno vlogo v vseh segmentih življenja. Uporabljamo jo v različne namene. Na globalni ravni se je največ, kar 70 %, porabi v kmetijstvu, ki mu sledi industrija, delež gospodinjstev pa znaša okoli 10 %.

Generalna skupščina OZN je leta 1993 razglasila 22. marec za svetovni dan voda, da bi javnost opozorila na pomen pitne vode in na nujnost dobrega gospodarjenja z njenimi zalogami. Vprašanje pa je, ali se resnično zavedamo, kako pomembna je voda?

Slovenija je na srečo izjemno bogata z vodnimi viri, kljub temu pa bi morali z vodo ravnati skrbno in varčno. Po podatkih Statističnega urada vsak prebivalec Slovenije na leto porabi v povprečju 42 kubičnih metrov vode, kar zneso približno 117 litrov na dan. Podjetja, ki se ukvarjajo z upravljanjem vodnih virov, se po vsem svetu soočajo z različnimi izzivi, kot so suše, stalna rast porabe pitne vode ter višje cene energije. Raziskave so tako pokazale, da kar polovica svetovnega prebivalstva živi na področjih, kjer primanjkuje pitne vode.



Napovedi kažejo, da bo do leta 2050 kar 70 % svetovnega prebivalstva živelo v mestih. Zato se že dalj časa razvija nov koncept pametnih mest, ki se osredotočajo na pametno uporabo energetskih virov, kar vključuje tudi pametno upravljanje z vodnimi viri. Rešitev, ki pomaga pri pametnem upravljanju z vodo, je tudi Aquis 7.0, ki ga proizvaja družba *Schneider Electric*, vodilni globalni specialist na področju upravljanja z energijo in avtomatizacijo. Gre za aplikacijo, s katero upravljamo vodovodne sisteme, dosežemo boljše kvaliteto vode, boljši nadzor sistema, optimalen pritisk v vodovodnih ceveh, znižamo tveganje in nenadzorova-

ne izgube, poleg tega pa se za 20 % znižuje poraba energije.

Čeprav je Slovenija ena od najbogatejših držav na svetu na področju vodnih virov, moramo biti kljub vsemu previdni pri njeni porabi. Izračuni kažejo, da se bo poraba vode v naslednjih 30 letih globalno povečala za 55 %, zato moramo poiskati primerne rešitve, s katerimi bomo znižali porabo vode ter hkrati ohranili naravna bogastva.

Vir: *Schneider Electric, d.o.o.*, Dolenjska cesta 242 c, 1000 Ljubljana, Tel.: +386 (0)1 23 63 555, Faks: 386 (0)1 23 63 559, e-pošta: [podpora.si@schneider-electric.com](mailto:podpora.si@schneider-electric.com)



prodaja04@svet-el.si • 01 528 56 88

# svet ELEKTRONIKE

## Naročnine:

**N1 - PRAVNE OSEBE (1 leto)** Cena naročnine je 44,96 EUR.

**N2 - FIZIČNE OSEBE (1 leto)** Cena naročnine je 39,97 EUR.

**N5 - INTERNET NAROČNINA (1 leto)** Cena naročnine je 20,33 EUR.

[www.svet-el.si](http://www.svet-el.si)

Vsak naročnik prejme tudi **brezplačni letnik na DVD-ju**, DVD je lahko katerikoli. Darilo: vsi letniki na DVD-ju do leta 2003'

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Merilnik sile s prednostjo

Velika prednost hidravlike pred drugimi načini pogona je enostavnost merjenja sile hidravličnega valja z enostavnim merjenjem tlaka v valju. Zahtevo izpolnjuje že vgradnja merilnika ali dajalnika tlaka na visokotlačno stran valja. Odčitek vrednosti tlaka in upoštevanje površine valja že »precej natančno« določa silo na batnici valja.

Toda »precej natančno« velikokrat ni dovolj. V odvisnosti od dimenzije, materiala in geometrije valja ter batnih in batničnih tesnil nastopa trenje, ki vnaša napake v izračune sil. Dodatno k temu pa prispevata še temperatura delovnega fluida in netočnost merilnika.

Vsak od naštetih vzrokov napak je sam po sebi lahko videti zanemar-

ljiv, vendar seštevke vseh lahko povzroča upoštevanja vredno razliko, še posebno, če gre za ponovljivost delovanja. Preskusne vrednosti so danes lahko drugačne pri merjenju jutri, čeprav gre za enako vrednost napajalnega tlaka. Ena od možnosti upoštevanja naštetih vrednosti je nakup, vgradnja in ustrezno kalibriranje več različnih instrumentov. Mnogo enostavnejša in cenejša rešitev pa je neposredno merjenje sile na batnici valja. Tako se vplivi trenja, temperature in drugih spremenljivih parametrov izključijo. Takšna merilna priprava ali merilni pretvornik za merjenje sile na batnici valja, vijaka, krogličnega vretena ali drugačnega linearnege aktuatorja je merilnik sile, nedavno razvit v podjetju *American Workholding Inc.* iz Cincinnatija.

Merilnik sile meri in na veliki skali kaže silo v merilniških enotah »lb« (ali mednarodnih enotah »N«) in je konstrukcijsko izveden primerljivo uporabi v industrijskem okolju. Ohišje iz anodnega aluminija je oblikovano šestkotno, tako da je mogoče 2- ali 3-točkovno odčitavanje vrednosti. Colski navojni priključki omogočajo alternativno pritrditev na vseh šestih straneh ohišja. Osnovni stavek merilnikov je na voljo za tri merilna območja: 0–1 000, 0–5 000 in 0–15 000 lb.

Za več informacij se obrnite na *Bernarda Varnaua, elektronska pošta: b5678v77@gmail.com.*

*Po H & P 70 (2017) 2 – str. 18*

## Knjižnica hidravličnih sestavin

Podjetje *Paro Software*, snovalec dveh baz hidravlične programske opreme za oblikovanje hidravličnih vezij ali priključnih ventilskih enot, imenovanih *HydroSym* in *HydroMan*, je pripravilo brezplačno knjižnico hidravličnih sestavin. Knjižnica je na voljo na spletnem naslovu: [paro.nl.com/library](http://paro.nl.com/library), kjer je dostopnih več kot 40.000 sestavin.

Knjižnica omogoča dostop do osnovnih produktov za enostavno snovanje hidravličnih vezij. Njihovo mednarodno bazo podatkov *HydroSym* *Paro*

dopolnjuje z vsemi sestavinami, ki so na voljo na svetovnem trgu.

»Naše poslanstvo je olajšati življenje inženirjem hidravlike in jim omogočiti hitrejšo in natančnejšo delo,« pravi *Marc Paro*, predstavnik podjetja *Paro Software* *Hemskerk* iz Nizozemske. Dodatno z generičnimi izvedbami, v soglasju z veljavnimi hidravličnimi simboli so vključene tudi posebne sestavine znanih izdelovalcev, kot so: Bosch Rexroth, Sun Hydraulic, Eton, Parker, Yuken in drugih.

»Želimo vsem inženirjem hidravlike po vsem svetu omogočiti, da na enem mestu dostopajo do podatkov o vseh hidravličnih sestavinah, ki so na voljo,« dodaja *Frank Halma*, partner in tehnični direktor firme *Paro Software*.

Uradni predstavniki poudarjajo, da je z digitaliziranjem, posodabljanjem specificiranih podatkov o hidravličnih sestavinah inženirjem hidravlike v svetovnem merilu omogočen hiter, enostaven in zanesljiv dostop do podatkov, potrebnih za njihovo učinkovito delo.

*Po H & P 70 (2017) 1 – str. 10*

## Revija *Hydraulics & Pneumatics* tudi v IJFP

Revija *Hydraulics & Pneumatics* je sedaj del mednarodnega podjetja, ki vključuje tudi revijo *The International Journal of Fluid Power*. IJFP je prva znanstvena revija, posvečena izključno fluidni tehniki. Izhaja v angleškem jeziku. Namenjena je inženirjem in akademikom, ki se ukvarjajo z moderno in napredno tehnologijo hidravličnih in pnevmatičnih naprav in sistemov. Naročnike redno obvešča o raziskovalnih in razvojnih dosežkih v fluidni tehniki ter

o smereh razvoja področij, kot so: analize, modeliranje in krmiljenje, monitoring in tehnična diagnostika, umetna inteligenca, konstruiranje sestavin in projektiranje vezij in sistemov, interakcije programske in strojne opreme ter statične in dinamične analize sistemov.

Revija IJFP podpira in poudarja tehnologijo fluidne tehnike kot samostojno in ločeno področje tehnike. Vse prispevke recenzirata

najmanj dva eksperta obravnava nega področja, kar zagotavlja njihovo integriteto in kakovost. Bralci so obveščeni o povzetkih nedavno opravljenih doktorskih disertacij in o najnovejših publikacijah. Redno poroča tudi o delu v pomembnih svetovnih raziskovalnih centrih.

Preglejte najnovejše objave v IJFP in spoznajte revijo H & P.

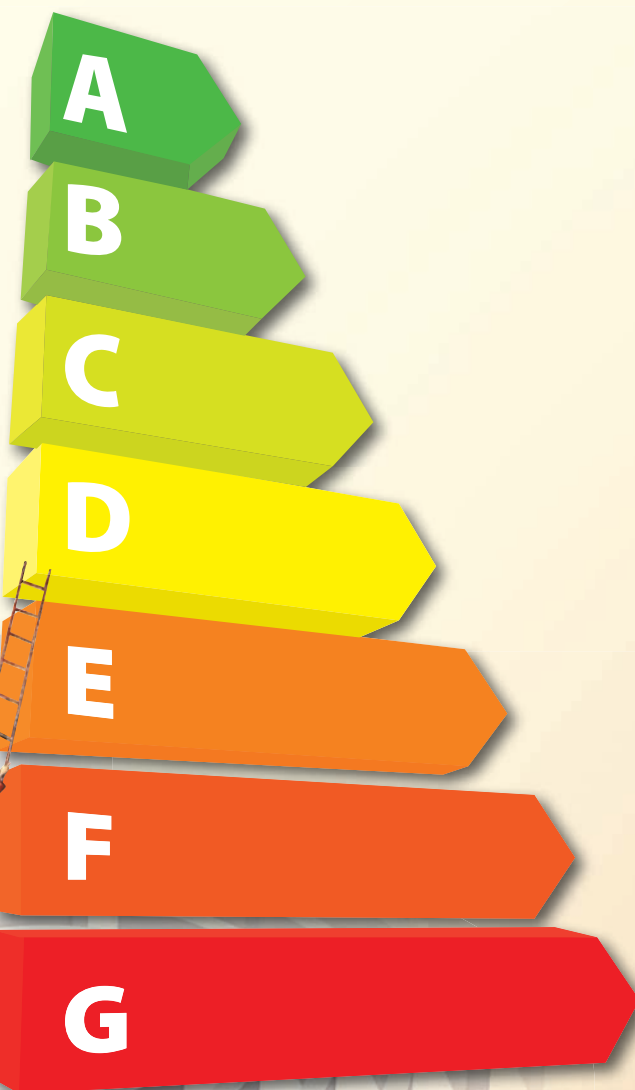
*Po H & P 70 (2017) 2 – str. 47*





**DRUŠTVO  
VZDRŽEVALCEV  
SLOVENIJE**

**DVS**



**BREZ UČINKOVITEGA  
VZDRŽEVANJA ...**



**... NI ENERGETSKE  
UČINKOVITOSTI**

**NASVIDENJE na**

**27. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU  
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE**

**ki bo 19. in 20. oktobra 2017 na Otočcu**

# Vpetost Industrije 4.0 v slovenska podjetja

Vesna TRANČAR

**Izvleček:** Prispevek temelji na raziskavi o prepoznavnosti koncepta Industrije 4.0 v slovenskih proizvodnih podjetjih, njenih prednostih in slabostih, ki jih zaznavajo podjetja, ki so Industrijo 4.0 že vpeljala v svoj poslovni sistem. V prispevku so zajeta izhodiščna spoznanja, ki temeljijo na literaturi in praktičnih izkušnjah slovenskih podjetij v povezavi z Industrijo 4.0, izsledki pa so tudi grafično ponazorjeni.

**Ključne besede:** industrijska revolucija, Industrija 4.0, računalništvo v oblaku, proizvodna podjetja



Slika 1. Delovanje Industrije 4.0. Vir: (Koederitz, 2015)

## ■ 1 Uvod

Dandanes so podjetja v čedalje bolj konkurenčno zaostrenem globalnem okolju izpostavljena nenehnemu iskanju lastne konkurenčne prednosti in preferenčne diferenciacije. Podpora iskanju slednjega je informacijsko-komunikacijska tehnologija, ki ponuja številne rešitve in nove koncepte poslovanja z uporabo interneta in interneta stvari, računalništvom v oblaku in najrazličnejšimi aplikacijami. Pri tem velja izpostaviti, da ne gre za podjetja IKT, temveč podjetja iz klasičnih panog, kot so proizvodnja, distribucija, logistika,

avtomobilska industrija, industrija s področja avtomatizacije in izdelave strojev ter druge panoge.

## ■ 2 Smart Factory ali Industrija 4.0

Novi revolucionaren preboj je danes Industrija 4.0<sup>1</sup>, ki predstavlja sodobno nadgradnjo avtomatiziranih proizvodnih procesov, izboljšano izmenjavo podatkov in digitalizacijo poslovnih modelov. Podjetja iz industrijsko razvitih držav, denimo

Audi, BMW, Siemens, FESTO, vidijo Industrijo 4.0 v posodobitvi proizvodnega procesa in ohranjanju konkurenčne prednosti pred državami s cenejšo delovno silo. Vsekakor bodo računalniške storitve, podprte z računalništvom v oblaku, vpeljevale spremembe na vseh področjih.

Koncept je v osnovi zgrajen na modelu CPS<sup>2</sup>, le da se bodo na primer naprave v skladišču surovin in materiala same sporazumevale z dobavitelji na eni strani in potrebami iz proizvodnje na drugi strani.

Dr. Vesna Trančar,  
univ. dipl. ekon., ŠC Ptuj

- 1 Imenovana tudi četrta industrijska revolucija.
- 2 CPS (angl. Cyber Physical Systems). Kibernetično-fizični proizvodni sistemi temeljijo na sodobnih kontrolnih sistemih, vgrajeni programski opremi in dostopu do internetne infrastrukture. Napravam in drugim proizvodnim sredstvom omogočajo sposobnost samostojnega komuniciranja. V tem sistemu so vse fizične in programske komponente med seboj tesno prepletene in stopajo v medsebojno interakcijo na različnih prostorskih in časovnih skalah.

Prav z Industrij 4.0 postaja »internet stvari« del proizvodnega procesa. Proizvodni obrati se s pomočjo svetovnega kiberfizičnega proizvodnega sistema povezujejo z logistiko. To omogoča, da se vsi procesi v proizvodnji uresničujejo z največjo učinkovitostjo. Tudi v študiji »prednostnih naložb IT v nemški avtomobilski industriji«, ki jo je izvedlo podjetje PAC (Pierre Audoin Consultants), je pokazano, da je Industrija 4.0 za 40,0 % podjetij ključnega pomena (DESLO, AHK, 2017, 6. 2. 2017).

## ■ 2.1 Industrija 4.0 nudi nove poslovne rešitve

Tradicionalni proizvodni proces je običajno sestavljen iz treh strank: proizvajalca, dobavitelja in ponudnika storitev. Omenjene stranke so pogosto dokaj nepovezane in imajo samostojne dejavnosti, ki predstavljajo v dobavni verigi veliko stopnjo neučinkovitosti in izgubljenih priložnosti. Rešitev za tovrstni problem predstavlja Industrija 4.0, ki temelji na digitalni tehnologiji, internetu stvari, operacijah oz. računalništvu v oblaku in internetu 5G. Cilji Industrije 4.0 so osredinjeni na ustvarjanje pametnih izdelkov, postopkov in procesov ter pametnih tovarn. Roboti in naprave delujejo povsem avtonomno, omogočajo zmanjšanje neučinkovitosti, obnovo celotne dobavne verige in poenostavitev vseh zapletenih postopkov proizvodne strukture.

## ■ 2.2 Prednosti in slabosti Industrije 4.0

Celostni pogled na sistem poslovanja v podjetju in turbolentne novosti na področju IKT, ki spreminjajo proizvodne procese v globalnih sistemih, so bili povod za proučitev novega koncepta, ki prodira v pametna proizvodna podjetja (Smart Factory ali Industrija 4.0) po svetu. Industrija 4.0 predstavlja konceptualne spremembe, s katerimi se bodo v prihodnosti slej ko prej soočila vsa napredna podjetja. Obenem pomeni napredek na področju digitalizacije proizvodnje (informacijskega sistema za vodenje in načrtovanje

proizvodnje), avtomatizacije proizvodnje (sistemov za zajem podatkov iz proizvodnih linij in za upravljanje s stroji) in povezanosti proizvodnih lokacij v celovito oskrbno verigo (tj. avtomatska izmenjava podatkov med vsemi akterji).

V literaturi (AHK, DESLO in drugi) so navedene številne prednosti Industrije 4.0, hkrati pa tudi nekatere slabosti. Preden jih navedemo, je treba opozoriti, da Industrija 4.0 ne predstavlja zgolj pametne in medsebojne povezanosti strojev ter naprav. Njene razsežnosti so veliko večje. Sčasoma se bo dotaknila vseh področij našega življenja.

Prednosti Industrije 4.0:

- večja produktivnost in učinkovitost;
- samovodenje proizvodnih procesov;
- avtonomna komunikacija med zaposlenimi, stroji, napravami in logističnimi sistemi;
- neposredna kooperacija in komunikacija med komponentami delovnega procesa;
- viden napredek proizvodne in kadrovske zasedbe;
- lažje obvladovanje standardov kakovosti in odličnosti;
- uresničevanje strategije za vitko proizvodnjo;
- pravočasno prilagajanje zahtevam trga.

Slabosti Industrije 4.0:

- presežek tradicionalnih oblik delovne sile;
- primanjkljaj strokovnjakov s kompetencami, ki podpirajo Industrijo 4.0;
- delitev družbe na prilagodljive in neprilagodljive, odzivne in neodzivne;
- problem standardizacije in harmonizacije na evropski in svetovni ravni.

## ■ 2.3 Vpliv Industrije 4.0 na konkurenčnost podjetja?

Hitre spremembe v svetu, ki so posledica globalizacije, nuja po mreženju in odvisnosti med podjetji, hiter razvoj revolucionarnih tehnologij in mobilnega komuniciranja ter številne inovacije postavljajo podjetja pred dejstvo, da se sooča-

jo z vse močnejšo konkurenco ter vse kompleksnejšim načinom poslovanja. Čedalje pomembnejše postaja, kako hitro se podjetja v svojem celotnem poslovanju odzivajo na spremembe poslovnega okolja, kako senzibilna so in kako se uspejo razlikovati od konkurence. Prav zaradi tega podjetja potrebujejo nova orodja, tehnike in pristope, ki jih omogoča Industrija 4.0. Čeprav digitalna tehnologija ni novost, je v primerjavi s tretjo industrijsko revolucijo bolj kompleksnejša in zahteva podporno sodelovanje, posledično prilagajanje izdelkov po meri, ustvarjanje novih poslovnih modelov in podobno. Vsekakor ima podjetje, ki bo Industrijo 4.0 vpelo v svoj poslovni sistem, bistveno večjo konkurenčno prednost pred preostalimi podjetji, ki s tako konceptualno spremembo odlašajo.

## ■ 3 Kje so z vidika Industrije 4.0 naša podjetja?

Ker predstavlja Industrija 4.0 novodobno revolucijo, o kateri je smotrno razpravljati pri kreiranju strateških ciljev podjetja in bo v veliki meri vplivala na konkurenčno pozicioniranje podjetij, v nadaljevanju predstavljamo kratko analizo o pripravljenosti slovenskih podjetij in njihovih razvojnih strokovnjakov na implementacijo koncepta Industrije 4.0 v poslovni sistem.

V raziskavo se je vključilo 32 podjetij, od tega je bilo 37,5 % srednje velikih podjetij (do 250 zaposlenih), 37,5 % velikih podjetij (več kot 250 zaposlenih) in 25,0 % majhnih podjetij (do 50 zaposlenih) (slika 2). Iz rezultatov spletnega vprašalnika je bilo ugotovljeno, da koncept Industrije 4.0 pozna 75,0 % vprašanih (slika 3). To je relativno majhen odstotek glede na to, da se s predelovalno industrijo ukvarja 24,4 % srednje velikih podjetij in 32,5 % velikih podjetij (SURs, 2017). Podrobnejše informacije o konceptu Industrije 4.0 bi po analizi rezultatov želelo pridobiti 87,5 % vseh respondentov (slika 4).

Iz rezultatov ankete je zaznati, da se anketirani pozitivno odzivajo na izzive prihodnosti, saj se za novo-



Slika 2. Velikost podjetja



Slika 3. Poznavanje Industrije 4.0



Slika 4. Pripravljenost na izobraževanje o Industriji 4.0



Slika 5. Uvrščenost koncepta I4.0 med strateške cilje podjetja



Slika 6. Koncept I4.0 - pogoj za prihodnje poslovanje?



Slika 7. Časovna opredelitev implementacije koncepta I4.0 v poslovni sistem

sti in izobraževanje o Industriji 4.0 zanima 87,5 % vprašanih (slika 4). Glede umestitve Industrije 4.0 med strateške cilje in usmeritve podjetja jih polovica anketiranih še ni uvrstila med strateške cilje in usmeritve podjetja, 37,5 % anketiranih jih je že, 12,5 % anketiranih pa o tem nima informacij (slika 5).

Večina anketiranih razvojnih strokovnjakov v slovenskih podjetjih (75,0 %) meni, da bi bili Industrijo 4.0 pripravljene implementirati v poslovni proces, če bi to zahteval strateški poslovni partner (slika 6).

Ker je čas pomembna komponenta ohranjanja in izboljševanja tržnega položaja, je večina respondentov

(62,5 %) za najprimernejši čas vpejavanja koncepta I4.0 izbrala obdobje do leta 2020 (slika 7). Več kot tretjina vprašanih (37,5 %) meni, da imajo za ta preboj dovolj močno podporno okolje. Enak odstotek vprašanih o tem ni obveščen, četrtnina respondentov pa o tem nima informacij (slika 8).

Področja, ki po mnenju strokovnjakov podpirajo implementaci-



Slika 8. Obstoj podpornega okolja za implementacijo koncepta I4.0

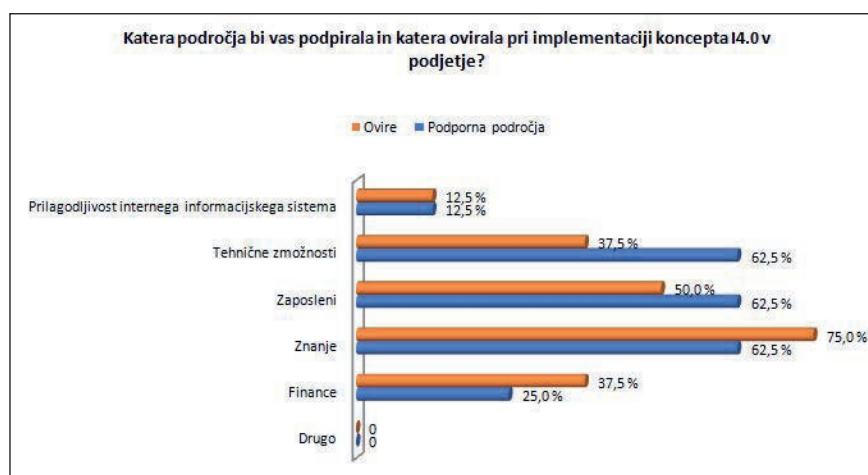
jo Industrije 4.0 v poslovni sistem slovenskih podjetij, so po mnenju anketiranih zlasti znanja, tehnične zmožnosti in kader. Vsa tri področja beležijo enak odstotek (62,5%),

naslednji sta finance (25,0 %) in prilagodljivost informacijskega sistema (12,5 %). Področja, ki po mnenju strokovnjakov predstavljajo oviro za implementacijo Industrije 4.0 v poslovni sistem, so znanje (75,0 %) in zaposleni (50,0 %), z istim deležem (37,5 %) sledijo tehnične zmožnosti in finance. Najmanjšo oviro slovenskim podjetjem predstavlja prilagodljivost informacijskega sistema (12,5 %) (slika 9).

V skladu z ovirami za aktivizacijo Industrije 4.0 v poslovni sistem so nas zanimali podrobnejši parametri prej omenjenih ovir pri implementaciji koncepta I4.0. Iz rezultatov je bilo spoznano, da respondenti vidijo te v nepripravljenosti zaposlenih na spremembe (50,0 %) in pomanjkanju znanja in strokovnjakov (50,0 %). Naslednja sta problem pomanjkanja finančnih sredstev (37,5 %) in nekompatibilnost informacijskega sistema z zahtevami doktrine Industrije 4.0 (12,5 %) (slika 10).

Prednosti, ki jih prinaša Industrija 4.0 za poslovni sistem, sta po mnenju anketiranih predvsem fleksibilnejša proizvodnja in logistika (62,5 %) in pravočasno prilagajanje zahtevam trga (62,5 %). Sledijo porast produktivnosti in učinkovitosti (37,5 %), porast donosnosti (37,5 %) in višja kakovost outputa (37,5 %). Z nekoliko nižjim odstotkom sledi lažje obvladovanje standardov kakovosti in odličnosti (25,0 %). S slike 11 uvidimo, da najmanjši pomen implementacije Industrije 4.0 respondenti pripisujejo samovodenju proizvodnega procesa (12,5 %), nižjim proizvodnim stroškom (12,5 %) in manjšemu izmetu, izgubam in napakam (12,5 %). Slednje preseneča, saj je v literaturi (Deslo, AHK) med navedenimi prednostmi poudarjeno prav to.

Drugi del anketnega vprašalnika je bil usmerjen v tista podjetja, ki so Industrijo 4.0 že preizkusila. Rezultati tega dela vprašalnika so koristni za vsa podjetja, ki bodo v bližnji prihodnosti implementirala Industrijo 4.0 v svoj poslovni sistem. Gre za priporočila o tem, na katerih področjih je potrebna posebna previdnost, in katera področja je do pričetka uvedbe koncepta I4.0 v po-

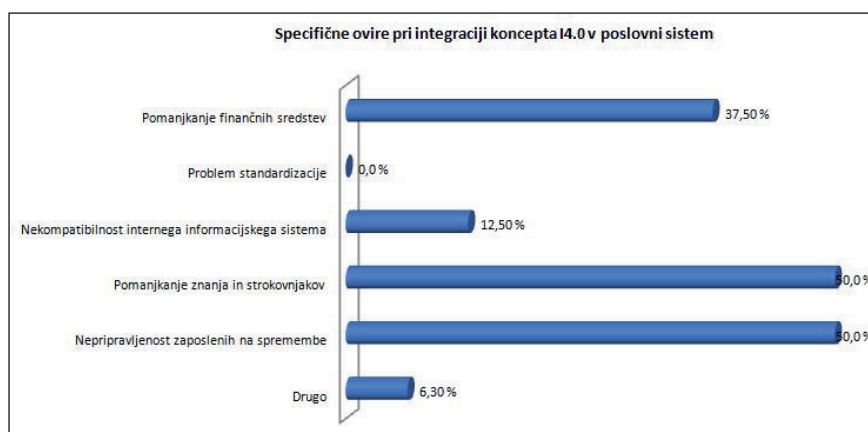


Slika 9. Področja, ki podpirajo in/ali ovirajo implementacijo koncepta I 4.0 v poslovni sistem

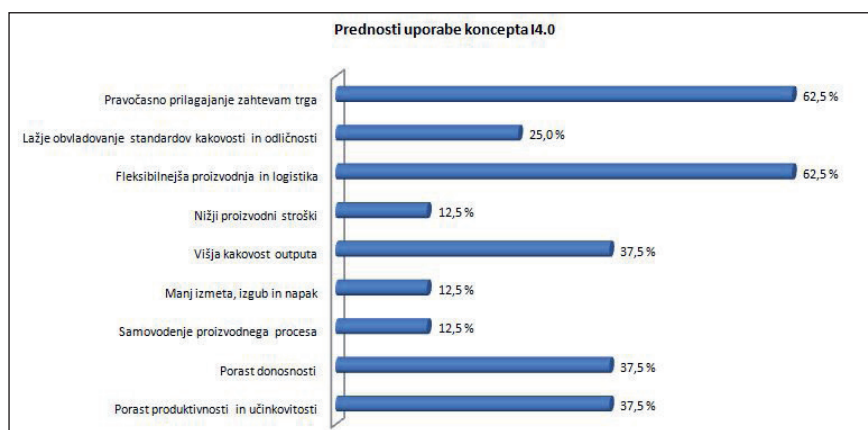
slavni sistem dobro oplemeniti in utrditi. Od vseh respondentov, ki so sodelovali v raziskavi, je dobra tretjina (34,4 %) tistih, ki se uvršča med podjetja, ki so Industrijo 4.0 že vpekljali v svoj poslovni sistem. Od teh je 63,6 % srednje velikih podjetij, preostala (36,4 %) spadajo v kategorijo velikih podjetij. Vsa zajeta podjetja iz drugega dela raziskave se ukvarjajo zgolj s sekundarno gospodar-

sko dejavnostjo in vsa imajo poslovnega partnerja v tujini. Slednja ugotovitev nakazuje na dejstvo, da ima poslovanje s tujimi poslovnimi partnerji motivacijski učinek na uvajanje sprememb tako v proizvodnem procesu kot tudi organizaciji poslovanja slovenskih podjetij.

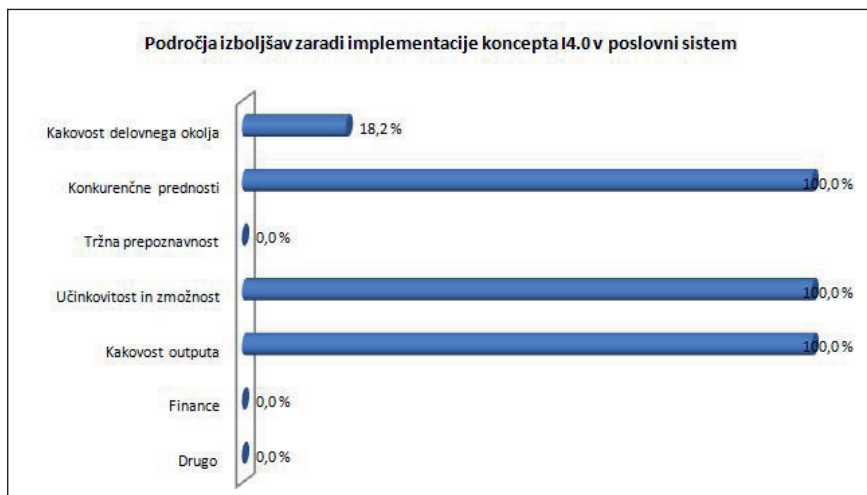
Vsi anketirani, v drugem delu raziskave, so odgovorili, da jim trenutno



Slika 10. Specifične ovire pri integraciji koncepta I4.0 v poslovni sistem



Slika 11. Prednosti uporabe koncepta I4.0



**Slika 12.** Področja izboljšav zaradi implementacije koncepta I4.0 v poslovni sistem

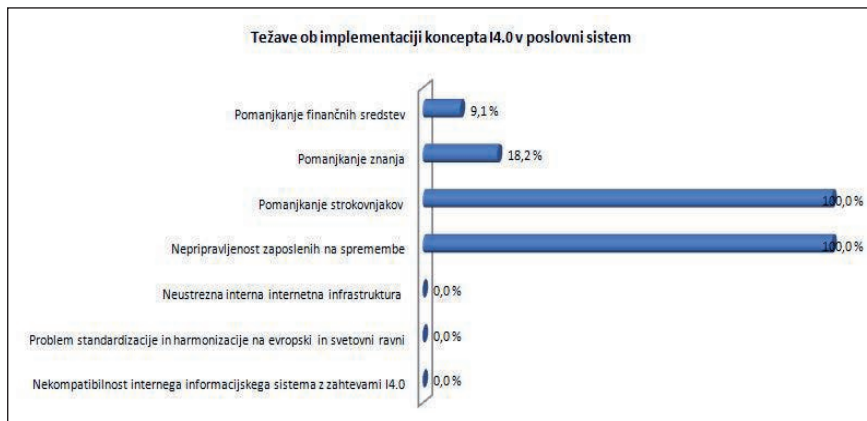
Industrija 4.0 podpira del poslovnega sistema. Nobeno od podjetij ni vpeljalo Industrije 4.0 v popolnoma celoten poslovni sistem ali pa je le testiralo skozi posamezen projekt v podjetju.

V vseh podjetjih so na vprašanje, ali so v obdobju uporabe koncepta industrije 4.0 zasledili izboljšave, odgovorili v prid Industrije 4.0. Tako pozitivne učinke beležijo na področju kakovosti outputov, učinkovitosti in zmožnosti ter konkurenčnih prednostih (100,0 %); nekatere izboljšave beležijo tudi v izboljšanih delovnih pogojih (18,2 %). Respondenti pa so si enotni tudi v tem, da trenutno učinkov še ne zaznavajo niti na finančnem področju niti na področju tržne prepoznavnosti, kar je prikazano na *sliki 12*.

Glede na vrsto težav, s katerimi so se podjetja ob implementaciji koncepta Industrije 4.0 soočila (*slika 13*), so podjetja poenotena. Največ težav jim povzročata nepripravljenost

zaposlenih na spremembe in pomanjkanje strokovnjakov (100,0 %). Iz rezultatov uvidimo, da težave s pomanjkanjem znanja izkazuje 18,2 % anketiranih razvojnih strokovnjakov, s pomanjkanjem finančnih sredstev se je ob implementaciji Industrije 4.0 soočilo le 9,1 % vprašanih. Nobeden od anketiranih ne izpostavi problematike, povezane z nekompatibilnostjo internega informacijskega sistema z zahtevami I4.0 ali s problemom standardizacije in harmonizacije na evropski in svetovni ravni, tudi ne z neustreznostjo interne internetne infrastrukture. Nobeno od podjetij ne navaja drugih trenutnih težav, ki bi jih lahko pripisali konceptu I4.0.

Odgovori na vprašanje, kaj bi svetovali podjetjem, ki še nimajo vpeljane koncepta I4.0, so precej obetavni in govorijo v prid Industrije 4.0. Priporočila so naravnana na vsa podjetja ne glede na njihovo velikost ali tržno usmerjenost.



**Slika 13.** Težave ob implementaciji koncepta I4.0 v poslovni sistem

Priporočila so zlasti naslednja:

- z uvajanjem koncepta I4.0 je treba začeti čim prej, postopoma ali vsaj projektno;
- pri uvajanju sprememb je treba imeti podporo in razumevanje najvišjega vodstva;
- pred uvedbo sprememb je nujna okrepitev podjetja s kakovostnim kadrom;
- podjetja naj izvedejo analizo stanja, in sicer glede financ, obstoječega znanja, tehnološke podpore, proizvodnih in prostorskih zmožnosti;
- vodstvo naj o svojih namerah pravočasno obvesti vse zaposlene, predvsem tiste, na katere bodo spremembe neposredno vplivale;
- podjetja naj vsaj nekaj mesecev pred odločitvijo za uvedbo koncepta I4.0 oblikujejo projektni tim, katerega naj primerno strokovno izobrazijo;
- podjetja naj poiščejo dodatne informacije pri tistih podjetjih, ki so koncept I4.0 že vpeljala.

## ■ 4 Izsledki raziskave in kritična razmišljanja v zvezi z njimi

Iz rezultatov spletnega vprašalnika je razvidno, da koncept Industrije 4.0 pozna 75,0 % vprašanih, podrobnejše informacije o tem konceptu pa bi želelo pridobiti 87,5 % vseh respondentov.

Zaskrbljujoč podatek iz rezultatov raziskave je, da je med anketiranimi četrtnina tistih, ki Industrije 4.0 ne pozna, polovica tistih, ki pa jo pozna, pa je še ni uvrstila med strateške cilje in usmeritve podjetja. Povprečno v svetu pa tudi ni nič drugače. Iz analize Svetovnega ekonomskega foruma (WE Forum) je bilo v 2015 ugotovljeno, da 88,0 % strategov v industriji še vedno ne razume v celoti niti dolgoročnih vplivov industrijskega interneta (World Economic Forum, 2015).

Večina anketiranih razvojnih strokovnjakov (75,0 %) meni, da bi bili

Industrijo 4.0 pripravljene implementirati v poslovni proces, če bi to zahteval strateški poslovni partner. Ta doktrina za razvojno usmerjena podjetja, ki imajo vizijo postati prevladujoče ali celo vodilno podjetje v določeni panogi, ni najustrežnejša. Impulz za spremembo v lastnem podjetju mora priti iz podjetja in ne od zunaj. Podjetje mora samo poskrbeti za razvoj, iskati priložnosti in narekovati smernice razvoja in novih poslovnih priložnosti. Le tisto podjetje, ki prvo vpeljuje novosti v svoj izdelek oziroma storitev, lahko pričakuje dodano vrednost svojega razvojnega oddelka.

Presenetljiv podatek je tudi ta, da učinkov slovenska podjetja na finančnem področju še ne zaznavajo, čeprav je v analizi Svetovnega ekonomskega foruma in literaturi (Lainskas, 2017) navedeno, da uvajanje računalniško-informacijske tehnologije v oblaku znižuje stroške informacijske tehnologije. Poleg ustvarjanja novih finančnih prilivov prav zmanjševanju operativnih stroškov pripisujejo izredno velik pomen.

Optimistični izsledki raziskave v slovenskih podjetjih so, da želi večina anketiranih razvojnih strokovnjakov (87,5 %) koncept Industrije 4.0 boljše spoznati, da 75,0 % anketiranih meni, da so na njeno implementacijo v poslovni proces pripravljene ter da je najprimernejši čas za spremembo, po oceni 62,5 % respondentov, obdobje do leta 2020.

V slovenskih podjetjih vidijo svoja močna področja, ki podpirajo implementacijo Industrije 4.0 v poslovni sistem. To so zlasti znanja, ki predstavljajo hkrati tudi oviro in tehnične zmožnosti. Med ovirami pa izpostavljajo pretežno tehnične zmožnosti in neprilagodljivost kadra.

Podjetja se zavedajo dejstva, da sta razumevanje Industrije 4.0 in njena implementacija v dejansko poslovno okolje predpogoj za uspeh in da bo v vseh gospodarskih panogah treba slediti strategiji vitke proizvodnje ter v skladu s tem prilagajati proces poslovanja, organiziranja in vodenja.

Nedvomno je smiselno izpostaviti mnenja tistih podjetij, ki so Industrijo 4.0 že implementirala v svoj poslovni sistem. Ta podjetja izkazujejo pozitivne spremembe na področju kakovosti outputov, učinkovitosti in zmožnosti ter konkurenčnih prednostih; največ težav jim povzročata nepripravljenost zaposlenih na spremembe in pomanjkanje strokovnjakov. Zagotovo je treba, po mnenju razvojnih strokovnjakov, v sekundarnem sektorju gospodarstva razmišljati o revolucionarnih premikih tudi na proizvodni in ne le tržni ravni ter o čim hitrejšem umeščanju Industrije 4.0 v strateške in operativne načrte podjetja. Da bo temu tako, pa so pomembni tudi premiki v načinu razmišljanja o prihajajočih spremembah na ravni vodenja in odločanja.

## ■ 5 Namesto sklepa

Zaradi hitrih sprememb v svetu, ki so posledica globalizacije poslovnih procesov, vedno večje povezanosti in odvisnosti med organizacijami, hitrega razvoja revolucionarnih tehnologij in mobilnih komunikacij ter drugih neprestanih radikalnih inovacij, se menedžment podjetij sooča z vse močnejšo konkurenco in z vedno večjo kompleksnostjo poslovanja. Konkurenčno prednost zagotovo omogoča Industrija 4.0, ki predstavlja trenutno revolucionarno spremembo, s katero se bodo delno ali v celoti soočila vsa napredna podjetja.

Iz raziskave, izvedene v slovenskih podjetjih, je dognano, da je vsaj delna implementacija Industrije 4.0 sprejemljiva v doglednem času, da razvojni strokovnjaki slovenskih podjetij, ki predstavljajo temelj razvojnega razmišljanja v sekundarnem delu gospodarstva, poznajo njeno vsebino, način delovanja, se zavedajo svojih močnih in šibkih točk ter njenih pozitivnih in negativnih posledic, ki jih prinaša v poslovni sistem in družbo kot celoto. Prav zavedanja svojih močnih in šibkih področij pomenijo slovenskim podjetjem velik potencial prihodnjega konkurenčnega prilagajanja

na globalnem trgu in možnost sodelovanja s tehnološko najrazvitejšimi poslovnimi partnerji.

## Literatura

- [1] Benčina, Janez. 2016. Kakovost in odličnost nam lahko prinese ta dve milijardi evrov večji BDP. Finance. 10. november 2016, št. 217. Povzeto po: [http://szko.si/uploads/news/Finance\\_SZKO\\_skupaj10.11.16.pdf](http://szko.si/uploads/news/Finance_SZKO_skupaj10.11.16.pdf), 16. 2. 2017
- [2] Deslo, AHK. 2017. Deutsch-Slowenische Industrie- und Handelskammer. Gospodarski vodnik po Nemčiji. Napotki za slovenske izvoznike.
- [3] Deslo, AHK. 2017. Kaj je Industrija 4.0? Povzeto po: <http://slovenien.ahk.de/sl/industrija-40/kaj-je-industrija-40/>, 6.2. 2017.
- [4] Finance.si. 2014. Kako Internet stvari spreminja poslovanje in povečuje konkurenčnost podjetij? Povzeto po: <https://www.finance.si/8803112/Kako-Internet-stvari-spreminja-poslovanje-in-povecuje-konkurenčnost-podjetij?cctest&>, 1. 2. 2017
- [5] Forschungsunion & Acatech. 2013. Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.
- [6] Herakovič, Niko. 2016. Nekateri tehnološki izzivi Industrije 4.0. Ventil št. 22. Letnik 2016. Povzeto po: [http://193.2.78.22/ventil/revije/2016/Nekateri\\_tehnoloski\\_izzivi\\_Industrije\\_4\\_0.pdf](http://193.2.78.22/ventil/revije/2016/Nekateri_tehnoloski_izzivi_Industrije_4_0.pdf)
- [7] Industry 4.0 / IoT – Products and solutions. Prirejeno po: [https://www.festo.com/cms/nl-be\\_be/56644.htm](https://www.festo.com/cms/nl-be_be/56644.htm), 6. 4. 2017
- [8] Kief, Hans B., Helmut A. Roschiwal, Karsten Schwarz. 2017. CNC-Handbuch: CNC, DNC, CAD, CAM, FFS, SPS, RPD, LAN, CNC-Maschinen, CNC-Roboter, Antriebe, Energieeffizienz, Werkzeuge, Industrie 4.0, Fertigungstechnik, Richtlinien, Nor-

- men, Simulation, Fachwortverzeichnis. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
- [9] Koederitz, Martina. 2015. Industrie 4.0. BITKOM, Präsidium. Povzeto po: <https://de.slideshare.net/BITKOM/cebit-2015-bitkom-pk-industrie-40-16-03-2015-final/1>, 19. 4. 2017
- [10] Lasinskas, Justinas. 2017. Euromonitor International. 4.0: Penetrating Digital Technologies Reshape Global Manufacturing Sector. Povzeto po: <http://blog.euromonitor.com/2017/01/industry-4-0-penetrating-digital-technologies-reshape-global-manufacturing-sector.html>, 17. 2. 2017
- [11] Planina, Andrej. 2015. Industrija 4.0. Povzeto po: <https://www.linkedin.com/pulse/industrija-40-andrej-planina?articleId=6080987266652659712>, 17. 2. 2017
- [12] Planina, Andrej. 2017. 4 disruptivni scenariji za revolucijo v industrijski proizvodnji. Povzeto po: <http://blog.spica.com/slo/4-disruptivni-scenariji-za-revolucijo-v-industrijski-proi-zvodnji/>
- [13] Rüßmann, Michael et al. 2015. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Povzeto po: [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/), 27. 2. 2017
- [14] Schwab, Klaus. 2016. Četrta industrijska revolucija. World Economic Forum. Povzeto po: <http://assets.cdnma.com/8475/assets/Cetrta-industrijska-revolucija.pdf>, 2. 2. 2017
- [15] Spieß, Brigitte in Fabisch Nicole. 2017. CSR und neue Arbeitswelten: Perspektivwechsel in Zeiten von Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Industrie 4.0. Berlin; Heidelberg: Springer Gabler Verlag
- [16] Strojnistvo.com, križišče strojnikov. TECOS seminar Industrija 4.0. Prirejeno po: <http://www.strojnistvo.com/tecos-seminar-http-www.tecos.si-sl-tecos-usposabljanje-seminarji-item-425-seminar-industry-4-0-in-informacijsko-komunikacijske-tehnologije-ikt-v-podjetjih.html>, 6. 4. 2017
- [17] SURS. 2017. Podjetja, Slovenija, 2015. <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/6328>, 6. 4. 2017
- [18] Vogel-Heuser, Birgit et al. 2017. Handbuch Industrie 4.0. Allgemeine Grundlagen. Band 4. Berlin: Springer Vieweg
- [19] Vojko Flegar. 2016. Industrija 4.0. Družba brez dela. Dnevnik. Povzeto po: <https://www.dnevnik.si/1042732454>, 15. 2. 2017
- [20] World Economic Forum. 2015. Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. Industry Agenda. Povzeto po: [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_IndustrialInternet\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf), 6. 4. 2017
- [21] Zaske, Sara. 2015. ZD Net. Germany's Vision for Industrie 4.0: The revolution will be digitised. Povzeto po: <http://www.zdnet.com/article/germanys-vision-for-industrie-4-0-the-revolution-will-be-digitised/>, 12. 3. 2017

### Involvement of Industry 4.0 in Slovenian Companies

**Abstract:** The article is based on a survey about the knowledge of the Industry 4.0 in Slovenian manufacturing companies, its advantages and disadvantages perceived by those companies that have implemented Industry 4.0 into its business system. The article involves the initial facts based on literature findings and on practical experience of Slovenian companies related to the Industry 4.0, and also includes graphic illustrated results.

**Keywords:** industrial revolution, Industry 4.0, cloud computing, manufacturing companies

POSVET

**AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2017 - ASM '17**

6. decembra 2017

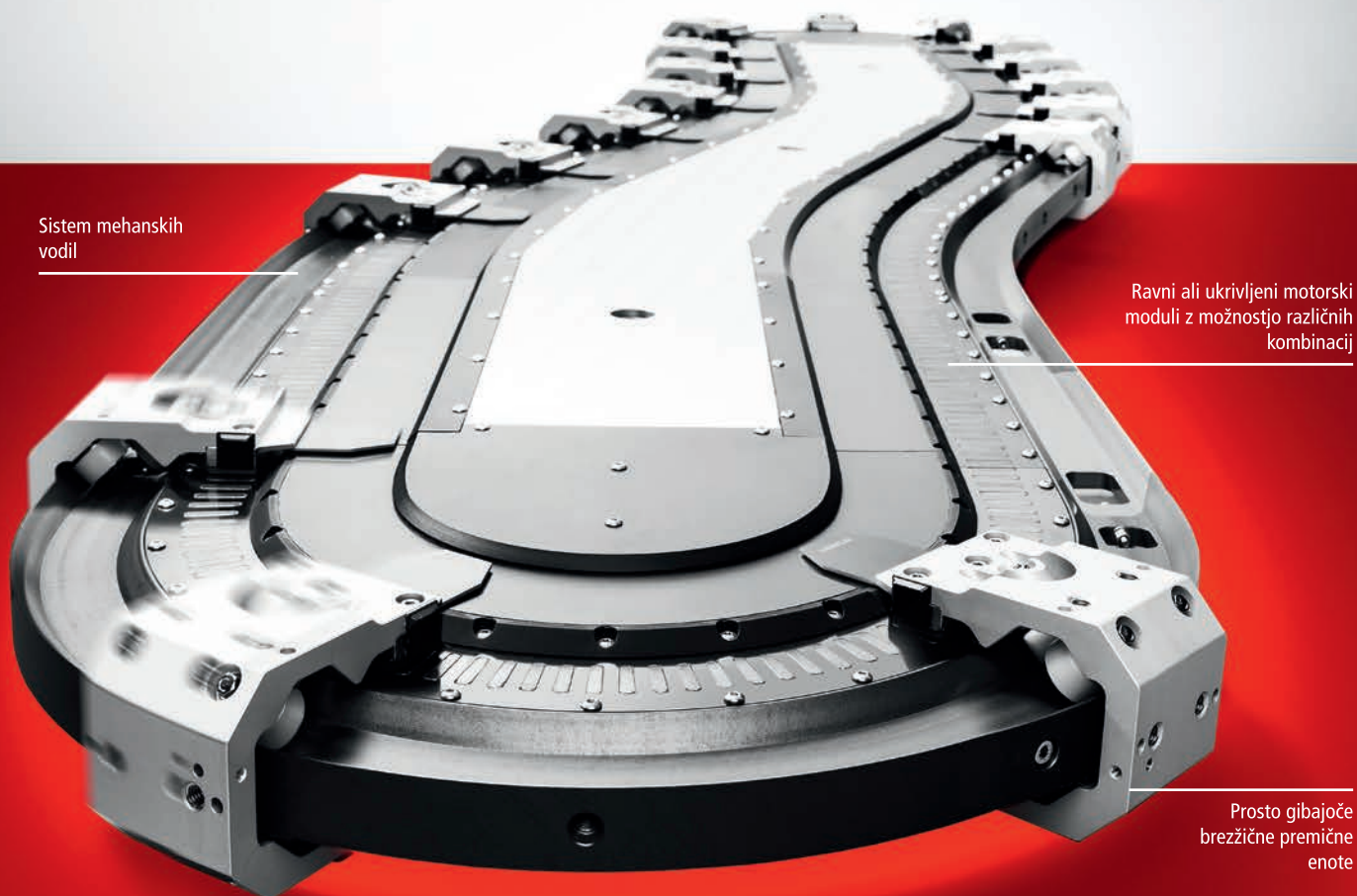
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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



# XTS – Revolucija v gibanju.

Linearni transportni sistem za naslednjo generacijo strojev.



Sistem mehanskih vodil

Ravni ali ukrivljeni motorski moduli z možnostjo različnih kombinacij

Prosto gibajoče brezžične premične enote

[www.beckhoff.si/XTS](http://www.beckhoff.si/XTS)

Visoko kompakten transportni sistem XTS (eXtended Transport System) ponuja nove možnosti v strojogradnji. Sistem, ki ga sestavljajo le tri ključne komponente – motor z vgrajeno pogonsko elektroniko, brezžična premična enota in vodilo –, ponuja v kombinaciji s PC krmilniki in EtherCAT tehnologijo bistveno več svobode pri zasnovi naprav. Na voljo je širok nabor možnih konfiguracij transportnega sistema, ki predstavlja nov koncept na področju transporta, strege in montaže. Izboljšana proizvodna učinkovitost in bolj kompaktni stroji sta le dve od njegovih mnogih prednosti. S sistemom XTS in pripadajočo programsko opremo je mogoče izvesti tudi aplikacije, ki so s tehničnega vidika izjemno zahtevne.

# Vpliv zasnove hidravličnega rezervoarja na izločanje zračnih mehurčkov

Darko LOVREC, Vito TIČ

**Izvleček:** Med kontaminante hidravlične tekočine štejemo vse tiste substance, ki negativno vplivajo na pravilno delovanje hidravličnih komponent in celotnega sistema, in tudi uporabljane hidravlične tekočine. Tako je lahko hidravlična tekočina kontaminirana s trdnimi delci, z vodo in drugimi tekočinami kot tudi z zrakom oz. zračnimi mehurčki. Zrak kot kontaminant lahko povzroča številne probleme, med drugim poškodbe komponent zaradi kavitacije, povečan hrup, slabšo odzivnost komponent zaradi povečane stisljivosti in posledično manjše togosti aktuatorjev ... kot tudi pospešeno degradacijo tekočine. V prispevku je poudarek na problematiki izločanja zraka, na kar je potrebno pomisliti že v fazi načrtovanja hidravličnega rezervoarja.

Že primerna zasnova rezervoarja lahko prepreči pojav zračnih mehurčkov, omogoča različno učinkovito izločanje zraka in s tem manjše negativne učinke. Hidravlični rezervoar naj bi bil zasnovan tako, da stabilizira in usmeri tok tekočine v notranjosti rezervoarja, da ima na ta način tekočina na voljo dovolj časa za izločanje zračnih mehurčkov. Vizualizacija tokov in s tem razumevanje dogajanja v notranjosti rezervoarja, odvisno od zasnove njegove notranjosti, je bila izvedena na podlagi numerične simulacije. Potek trajektorij same tekočine in plinastih delcev je v prispevku raziskan na podlagi uporabe programske opreme CFD. Dobljeni rezultati so osredotočeni na izločanje zračnih mehurčkov v odvisnosti od notranje zasnove rezervoarja in preprostih dodatnih ukrepov.

**Ključne besede:** hidravlični rezervoar, izločanje zraka, simulacija, konstrukcijski ukrepi

## 1 Uvod

Oblika hidravličnega rezervoarja in ustrezno načrtovanje njegove zunanosti sta bistvenega pomena za neoporečno delovanje celotnega hidravličnega sistema. Rezervoar predstavlja mesto v hidravlični napravi, kjer si lahko hidravlična tekočina »za trenutek oddahne in si nabere novih moči za ponovno delo«. Trdni delci, voda in smolnati produkti težijo k dnu rezervoarja, medtem ko se zračni mehurčki dvigujejo in izločajo na površini hidravlične tekočine. Kontaminacijo hidravlične tekočine z zrakom (kot tudi s trdnimi

delci) lahko dokaj uspešno preprečimo že z ustrežno obliko rezervoarja, še posebej pa z zasnovo njegove notranjosti. Ta naj bi bila oblikovana in zasnovana tako, da stabilizira in usmerja tok hidravlične tekočine in ji s tem omogoči dovolj časa, da izloči zračne mehurčke.

Zrak se kot eden od večjih kontaminantov v hidravlični tekočini lahko pojavi zaradi nepravilnega vzdrževanja ali pa zaradi nepravilne zasnove in dimenzioniranja hidravličnega sistema: od pomanjkljivega odzračnega sistema, dimenzioniranja ocevja in ostalih gradnikov, netesnosti priključkov (t. i. aeracija) pa vse do neprimerne zasnove rezervoarja [1]. Poleg nepravilnega delovanja hidravličnega sistema zaradi vpliva spremenjene stisljivosti tekočine [2] lahko zrak v hidravličnem sistemu povzroči kavitacijo, dieselefekt, spremenjeno togost aktuatorjev (npr. hidravličnih

valjev) [3] kot tudi hrup in pospešeno degradacijo olja [4]. Nenazadnje pa lahko zrak v olju močno vpliva tudi na rezultate on-line meritev (npr. na meritev stopnje čistosti, dielektrične konstante, električne prevodnosti in viskoznosti), če je hidravlični agregat opremljen s sodobnimi napravami za neprekinjeno on-line spremljanje stanja hidravlične tekočine.

V nadaljevanju prispevka bo v ospredju obravnave poudarek na mehanizmih nastajanja in problematiki izločanja zračnih mehurčkov že v samem hidravličnem rezervoarju – v povezavi z njegovo primerno zasnovo. Oblika rezervoarja je načeloma omejena oz. določena z vgradnim prostorom, zasnovo hidravlične naprave oz. stroja, namestitvijo opreme itd., njegova notranjost pa razen od zunanje oblike še od namestitve priključne armature, opreme za kondicioniranje teko-

Izr. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., doc. dr. Vito Tič, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

čine in dodatnih konstrukcijskih ukrepov, kot so npr. predelna stena, difuzor (razpršilnik toka tekočine), separacijska mrežica. Dogajanje v tako »razgibani« zasnovi je zato smiselno in edino možno preučiti ob uporabi učinkovite programske opreme in računalniške simulacije ter šele na podlagi teh izsledkov zasnovati notranjost rezervoarja ob upoštevanju učinkovitosti dodatnih ukrepov.

## ■ 2 Pristop k simulaciji dogajanja v hidravličnem rezervoarju

Uporaba virtualnega inženiringa in računalniške simulacije je že skoraj nepogrešljiva v procesih načrtovanja in razvoja novih izdelkov ter študij dogajanja v njihovi notranjosti. Tovrsten pristop k snovanju izdelkov ni zgolj trend, temveč potreba v visokotehnoloških panogah, kot so letalska, vesoljska in avtomobilska tehnika, kjer je v ospredju ocena robustnosti gradnikov in zanesljivosti delovanja sistema. Poseben izziv za uporabo metod in postopkov virtualnega inženiringa so vse bolj različni in spremenljivi obratovalni pogoji hidravličnih in tudi pnevmatičnih sistemov. To ne velja zgolj za ventile in aktuatorje kot »pomembnejše« gradnike hidravličnega sistema, temveč tudi za ostale, ki jih (neupravičeno) štejemo med »manj pomembne« oz. pribor, npr. za hidravlične rezervoarje. [5]

In prav slednji zaradi številnih nelinearnih učinkov v povezavi z dogajanjem v notranjosti rezervoarja predstavljajo ne samo velik izziv, temveč potrebo po uporabi metod virtualnega inženiringa in simulacije dogajanja. Vzrok za takšen pristop je v njegovi zasnovi, vplivih obratovalnih stanj, spremembah stanj kot posledicah različnih napak (tudi npr. prisotnosti zračnih mehurčkov ali ostalih vrst kontaminantov) in vpliva spremenljivih se materialnih lastnosti medija ...

### ■ 2.1 Model hidravličnega rezervoarja

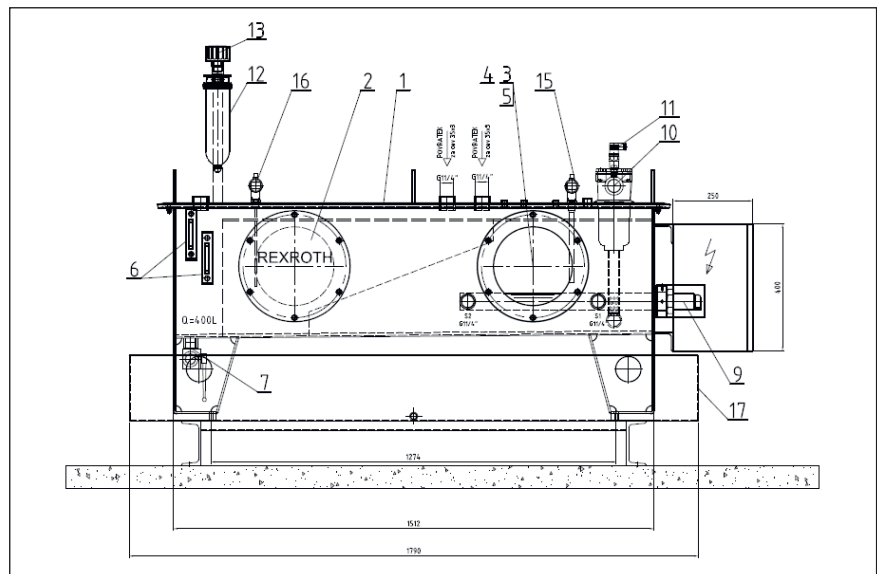
Simulacija tokov hidravlične tekočine, ki je vsebovala tudi zrač-

ne mehurčke, je bila izvedena na podlagi modela industrijskega 400-litrskega rezervoarja, zasnovanega in kasneje izdelanega po normah AB Normen Rexroth (DN 400), z notranjimi merami 1492 x 712 x 390 mm, kot to prikazuje *slika 1*. Rezervoar je namenjen uporabi dveh pogonskih sklopov elektromotor-črpalka (dva sesalna priključka in en skupen povratni vod) s priključkoma za by-pass filtrirno-hladilno enoto in vgrajenimi cevnicami povezavami za on-line spremljanje stanja fizikalno-kemijskih lastnosti vgrajene hidravlične tekočine. Zaradi kompleksnejše zasnove notranjosti predstavlja rezervoar poseben izziv za izvedbo simulacije dogajanja v njegovi notranjosti.

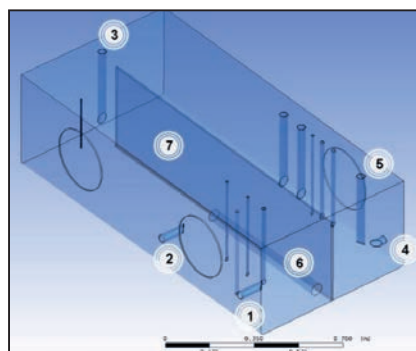
Tridimenzionalni model hidravlične tekočine v notranjosti rezervoarja je bil zasnovan s programsko opremo Catia V5, enim od najmočnejših in široko uporabljenih programskih

orodij CAD. Kot je prikazano na *sliki 2*, smo za namene študije vpliva različne notranjosti rezervoarja preučili in primerjali tri variante oz. modele:

- model-1 z običajno povratno cevjo, postavljeno diagonalno glede na sesalni cevi, na nasprotni, daljši strani rezervoarja;
- model-2 je imel v notranjosti vzdolžno nameščeno pregradno steno ter običajno povratno cev, pomaknjeno na drugo stran rezervoarja (podaljšanje poti obtoka olja);
- model-3 se je razlikoval od variante model-2 po obliki konca povratne cevi: klasično povratno cev je zamenjal difuzor, ki stabilizira in usmerja tok olja [5]. Poleg tega je bila prilagojena oblika vzdolžne pregradne stene, ki je dovoljevala pretok olja le ob dnu rezervoarja, kot to z ostalimi podrobnosti prikazuje *slika 2*.

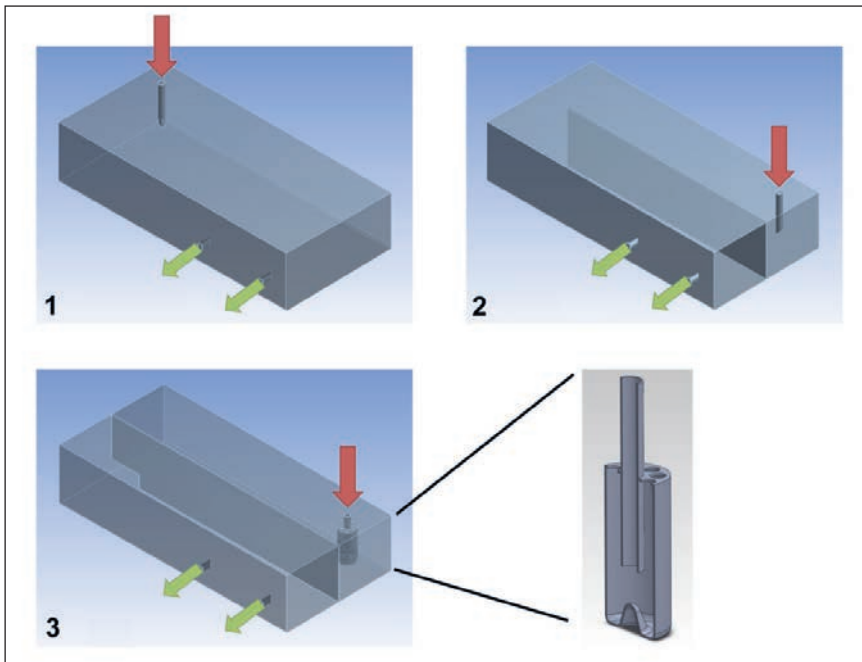


**Slika 1.** Videz in oblika 400-litrskega industrijskega rezervoarja



- sesalni priključek črpalke 1: 1
- sesalni priključek črpalke 2: 2
- povratna cev filtrirno-hladilne enote: 3
- sesalna cev filtrirno-hladilne enote: 4
- glavna povratna cev: 5
- grelnik: 6
- vzdolžna predelna stena: 7
- ostale cevi in ovire (neoznačeno)

**Slika 2.** Gradniki v notranjosti hidravličnega rezervoarja – model-2 *slika*



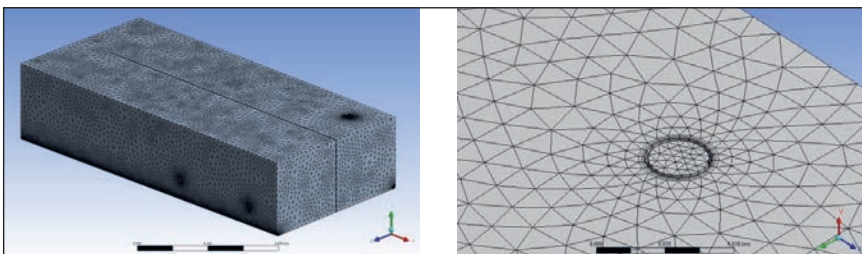
**Slika 3.** Vsi trije simulacijski modeli – povratne cevi (rdeče) in sesalne cevi (zeleno)

Vse aktivne povratne in sesalne cevi, upoštevane na vseh modelih in pri simulaciji dogajanja, so bile prirezane pod kotom 45°, kot je to praksa v industriji. Prav tako so bili modeli v prvi fazi raziskav delno poenostavljeni, saj smo iz njih izločili vse neaktivne hidravlične cevi, ki sicer obstajajo v rezervoarju in predstavljajo ovire toku tekočine. Predhodne izhodiščne raziskave [6] so namreč pokazale, da omenjene neaktivne cevi nimajo omembe vrednega vpliva na dobljene rezultate. Prav tako je bilo tudi ugotovljeno, da se lahko pri obravnavanih pretočnih razmerah gladina hidravlične tekočine šteje kot popolnoma

vodoravna. Zato smo lahko simulacijo poenostavili tudi tako, da smo zgornji površini predpisali pogoj izhodne odzračevalne površine (namesto prosto gibljive površine).

### ■ 2.2 Mreženje rezervoarja

Površinska in volumnska mreža sta bili samodejno ustvarjeni z uporabo Ansys CFX-Mesh z določenimi dodatnimi nastavitvami. Da bi pridobili čim realnejše simulacijske rezultate, je bila mreža zgoščena v področjih povratnih in sesalnih cevi. Zaradi pojava hitrostnih gradientov in vpliva trdnih sten je bilo v njihovo



**Slika 4.** Generirana mreža za rezervoarja variante model-2 in podrobnosti okoli cevi

**Tabela 1.** Rezultati generiranja mrež za posamezne modele

	Vozlišča	Elementi
model-1	210.498	630.869
model-2	254.029	766.012
model-3	275.710	821.144

vi bližini kreiranih pet inflacijskih mejnih plasti. Rezultati mreženja so prikazani na *sliki 4* in predstavljeni v *tabeli 1*.

### ■ 2.3 Teoretično ozadje simulacije

Osnovo za nadaljnje simulacije je predstavljal homogeni dvofazni tokovni model, temelječ na enačbah, povzetih in navedenih v nadaljevanju [7], [8], [9] in [10]. Kontinuitetna enačba izhaja iz temeljnega zakona ohranitve mase. V integralni obliki jo lahko zapišemo kot:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV + \int_S \rho v_j n_j dS = 0 \quad (1)$$

Rezultirajoča sila na delec tekočine volumna  $V$  je enaka časovni spremembi gibalne količine v volumnu in toku gibalne količine čez kontrolno površino. Gibalno enačbo (2) lahko v integralni obliki zapišemo kot:

$$\int_V \frac{\partial \rho v_i}{\partial t} dV + \int_S v_i \rho v_j n_j dS = \int_V \rho f_i dV + \int_S (-p \delta_{ij} + \tau_{ij}) n_j dS \quad (2)$$

kjer so  $v_i$  hitrost,  $f_i$  volumnske sile,  $p$  tlak in  $\tau_{ij}$  strižne napetosti.

Dvoenačbni model za turbulentno kinetično energijo  $k$  in disipacijo turbulentne kinetične energije  $\epsilon$  oziroma model  $k-\epsilon$  je najbolj splošen model, temelječ na principu turbulentne viskoznosti. Reynoldsove oz. turbulentne napetosti izrazimo z Boussinesqovo aproksimacijo:

$$(-\rho_0 \overline{v'_i v'_j}) = \rho_0 \nu_T \left( \frac{\partial \overline{v'_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{v'_j}}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} \rho_0 k \quad (3)$$

kjer je  $k$  povprečna turbulentna kinetična energija turbulentnih fluktuacij in  $\nu_T = (\eta_T / \rho)$  turbulentna viskoznost. Člen  $2\delta_{ij} k/3$  predstavlja razširitev Boussinesqove hipoteze in ga lahko prištejemo k statičnemu tlaku.

Karakteristično hitrost definiramo z enačbo:

$$\hat{u} = \sqrt{k} \quad (4)$$

in disipacijsko hitrost turbulentne kinetične energije  $\varepsilon$  kot:

$$\varepsilon = \nu_0 \frac{\partial \overline{v'_i} \partial \overline{v'_i}}{\partial x_j \partial x_j} \quad (5)$$

ki podaja spremembo turbulentne energije toka v toploto. Obe veličini  $k$  in  $\varepsilon$  določimo iz dodatnih individualnih parcialnih diferencialnih enačb (6) in (7), ki vsebujejo nove empirične konstante in funkcije. Za  $k$  velja enačba:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \overline{v'_i} \frac{\partial k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \nu_0 + \frac{\nu_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + P - \varepsilon \quad (6)$$

in podobno za  $\varepsilon$ :

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \overline{v'_i} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \nu_0 + \frac{\nu_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} P - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (7)$$

medtem ko so konstante modela:  $\sigma_k=1.0$ ,  $\sigma_\varepsilon=1.3$ ,  $C_{1\varepsilon}=1.44$  and  $C_{2\varepsilon}=1.92$ .

Volumski delež izračunamo z uporabo dodatnih izrazov, ki jih dodamo sistemu enačb. Predpostavimo, da sta obe fazi (zrak in olje) vedno ločeni s prosto površino, nad katero je atmosferski tlak. Tako lahko zapišemo:

$$p_{st} = p_{atm} + \rho gh \quad (8)$$

Enačba (8) je Pascalov zakon in je dodana matematičnemu modelu za inicializacijo razmer v domeni za višino olja v rezervoarju  $h = 340$  mm.

### ■ 3 Simulacija dogajanja v rezervoarju

Izvedena večfazna simulacija je sicer vključevala tri homogene snovi: mineralno hidravlično olje specifikacije ISO VG 46, zrak v obliki disperziranih zračnih mehurčkov ter trdne delce. Slednje bomo v okviru te obravnave v nadaljevanju opustili. Simulacija je bila izvedena pri konstantni temperaturi, tj. običajni delovni temperaturi hidravličnih sistemov  $50$  °C. Spremembe lastnosti snovi zaradi spremembe temperature so bile zanemarljive.

Da bi dosegli ustrezno konvergenco simulacijskega modela, je bila sprva opravljena simulacija dinamičnega ravnovesja (angl. steady state simulation), ki ji je sledila simulacija prehodnega pojava, tj. časovno odvisna simulacija (angl. transient simulation). Celotni simulacijski čas je tako znašal 60 sekund, razdeljen v časovne intervale po 0,1 sekunde.

Glavno tekočo fazo je predstavljalo mineralno hidravlično olje specifikacije ISO VG 46 z ocenjeno molsko maso  $380$  kg/kmol. [11] Ker simulacija ne vključuje pojava spremembe temperature, je bila gostota olja določena kot konstantna vrednost  $850$  kg/m<sup>3</sup>. Tudi viskoznost pri dani temperaturi in skoraj nespremenljivem tlaku je konstanta. Ocenjena je bila na  $30$  cSt, kar je ekvivalent viskoznosti olja ISO VG 46 pri  $50$  °C.

Eden izmed pomembnih parametrov pri simuliranju prehoda zračnih mehurčkov iz tekoče faze je koeficient površinske napetosti, ki za hidravlična mineralna olja znaša okoli  $23 \cdot 10^{-3}$  N/m. [12] Zrak, kot naslednja simulacijska faza, je bil simuliran kot disperzirana tekočina s predpisanimi tremi različnimi srednjimi premeri, tj.  $20$ ,  $100$  in  $500$   $\mu$ m. Predvidevali smo, da se bodo večji zračni mehurčki v viskoznih tekočinah dvigali hitreje, saj je njihova vzgonska sila večja v primerjavi z manjšimi mehurčki.

Robne pogoje simulacije smo določili izhajajoč iz podatkov črpalk, ki imata vsaka pretok  $42$  L/min. Zato smo na posameznem preseku dveh sesalnih cevi določili skupni masni pretok  $0,60$  kg/s, ki izhaja iz volumskega pretoka in gostote olja. Navedeni skupni pretok hidravličnega olja se vrača po povratni cevi, zato je bil na preseku te cevi predpisan skupni masni pretok  $1,20$  kg/s, sestavljen iz:

- 94 volumskih procentov tekočinske faze mineralnega hidravličnega olja,
- 2 volumskih procentov zračne faze – mehurčkov s srednjim premerom  $500$   $\mu$ m,
- 2 volumskih procentov zračne faze – mehurčkov s srednjim

premerom  $100$   $\mu$ m,

- 2 volumskih procentov zračne faze – mehurčkov s srednjim premerom  $20$   $\mu$ m,

Za simulacijo prehoda disperziranih zračnih mehurčkov iz tekoče faze na površje je bil na površju tekoče faze (hidravlično olje) predpisan robni pogoj odplinjevanja (angl. degassing outlet).

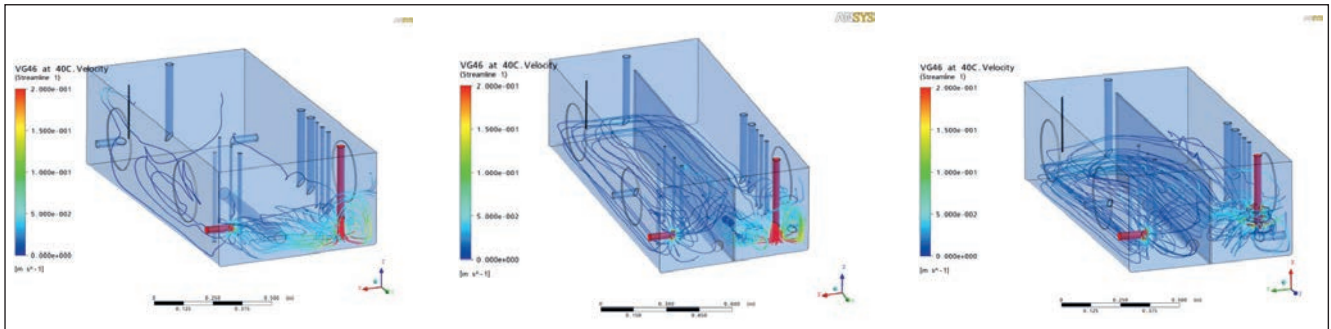
Pretok glavne tekoče faze (olja) in disperzirane ali razpršene faze (zračni mehurčki) je bil izračunan s pomočjo Euler-Euler in turbulenčnega modela SST. Medfazni upor med oljem in in disperziranimi zračnimi mehurčki pa je bil obravnavan po Grace drag modelu. Več in podrobnejše informacije o navedeni simulaciji in ustreznih simulacijskih modelih lahko najdemo v literaturi. [13], [14]

## ■ 4 Rezultati na podlagi simulacij

V sklopu raziskav je bilo preučeni veliko rezultatov simulacij dinamičnega ravnovesja (angl. steady state simulation) ter simulacij prehodnega pojava (angl. transient simulation). Vse preučene rezultate 3D-simulacij je težko predstaviti v strnjeni obliki 2D-slike, kljub temu pa prikazujemo nekaj zgornjih rezultatov.

### ■ 4.1 Potek tokov v notranjosti rezervoarja

Rezultati simulacij so prikazani kot 3D-tokovnice na slikah 5 in 6. Pri prvem in drugem primeru (slika 5 levo in sredina: model-2) je tok oz. curek tekočine iz povratnega voda usmerjen direktno na dno rezervoarja, kjer se odbije. Velik delež tega toka neposredno poseja črpalka, pri čemer najslabši možni primer predstavlja namestitve povratne cevi v (neposredni) bližini in nasproti sesalni cevi (slika 5 levo). Pri tem t. i. hidravličnem kratkem stiku je posledično aktiven samo del celotnega volumna tekočine, ki ne povzroča samo termičnega obremenjevanja (pregrevanja) hidravličnega sistema, temveč



**Slika 5.** 3D-prikaz tokovnic v notranjosti rezervoarja glede na njegovo zasnovo: »kratki stik« (levo), zasnova model-2 (v sredini) in zasnova model-3 (desno)

tudi takojšnje sesanje (morebitnih) zračnih mehurčkov (in tudi trdnih delcev), saj se niso utegnili izločiti.

Glede slednjega je neprimerno boljše varianta zasnove notranjosti rezervoarja z uporabo pregradne stene (model-2), saj usmerja tok vračajoče se tekočine vzdolž stranskih sten, s čimer imajo zračni mehurčki dovolj časa, da se izločijo (kot tudi trdni delci), pa tudi ohlajanje tekočine je učinkovitejše.

Glede učinkovitosti izločanja zračnih mehurčkov je še boljše varianta

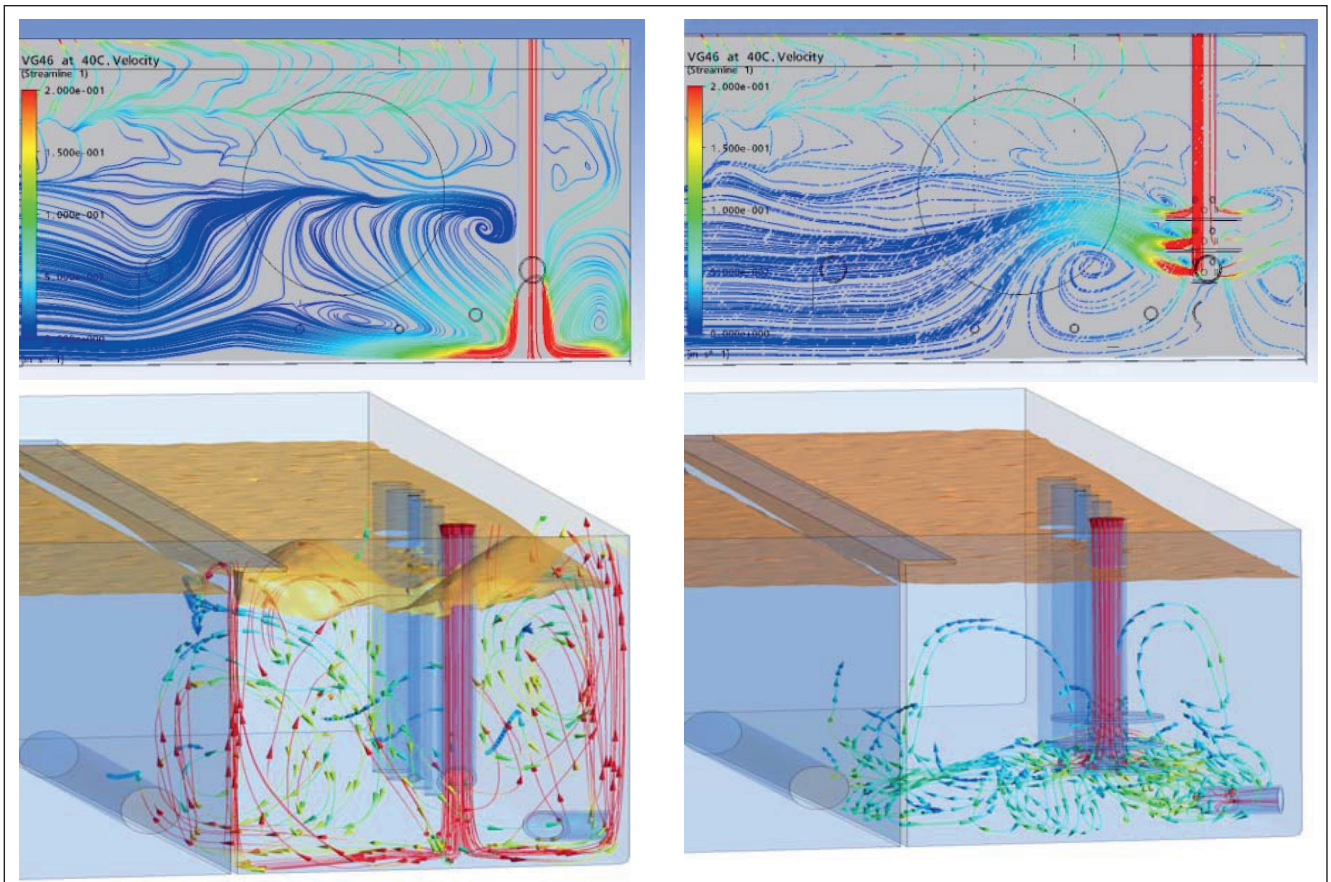
model-3, kjer je na koncu povratnega voda nameščen difuzor. Ta hitrost povratnega toka tekočine še bolj zmanjša, zato je vpliv »gravitacije« na izločanje mehurčkov (in tudi trdnih delcev) še učinkovitejši.

Neposredni učinek curka tekočine iz povratnega voda lahko posledično pripelje tudi do bolj ali manj intenzivnega vzvalovljenja tekočine na gladini, kar prav tako lahko pripelje do dodatnega zajemanja zraka. V primeru uporabe difuzorja

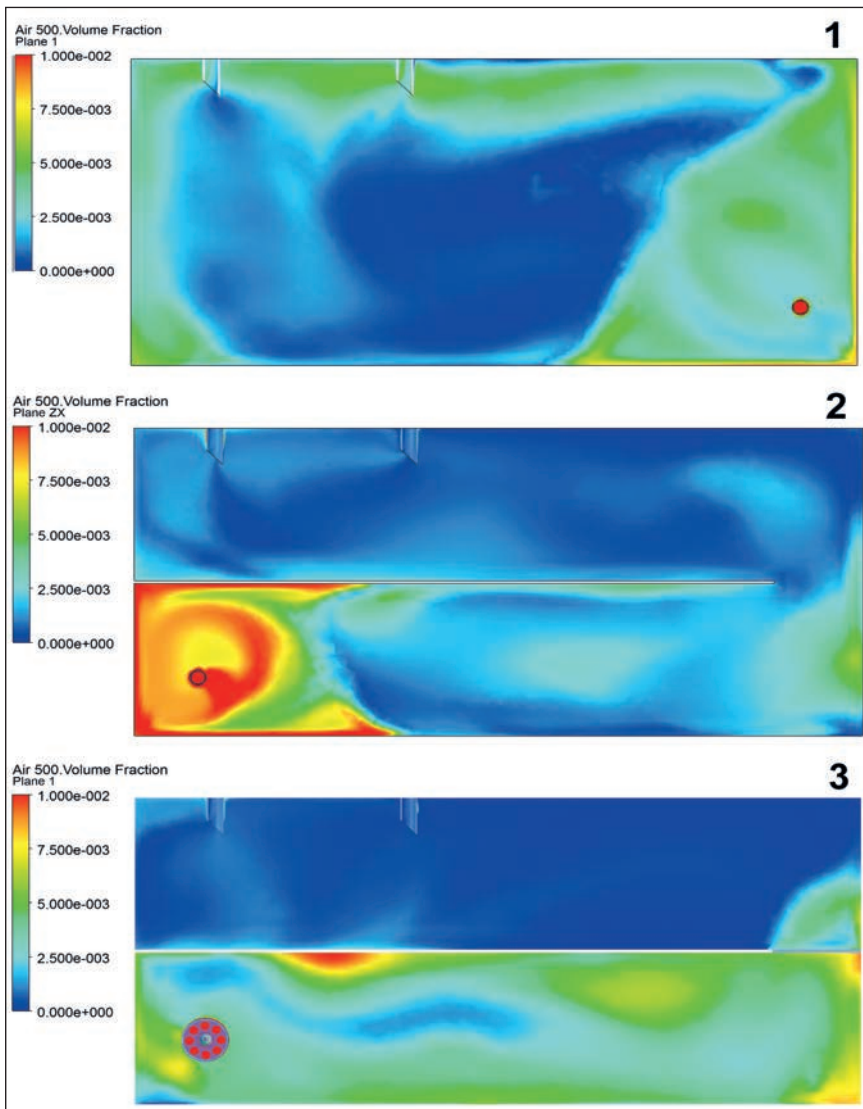
je dogajanje na gladini olja v rezervoarju občutno manjše – slika 6.

#### 4.2 Vpliv zasnove rezervoarja na izločanje zračnih mehurčkov

Slika 7 prikazuje vpliv zasnove notranjosti rezervoarja na učinkovitost izločanja zračnih mehurčkov v ravnini na višini sesalnih cevi (cca 100 mm, merjeno od dna rezervoarja), obarvano glede na vrednost volumskega deleža zračnih mehurčkov velikosti 500  $\mu\text{m}$  – od 0 (modro) do 1,0 % (rdeče).



**Slika 6.** 2D-tokovnice na mestu povratnega voda: zgoraj levo brez difuzorja, zgoraj desno z difuzorjem, ter učinek na dogajanje na gladini olja: spodaj levo brez difuzorja in spodaj desno ob uporabi difuzorja



**Slika 7.** Volumski delež zračnih mehurčkov srednje velikosti – 500  $\mu\text{m}$  – na vodoravni ravnini v višini sesalnih cevi ( $h = 100\text{ mm}$ )

S slike 7 je jasno razvidno, da se v rezervoarju zasnove model-1 (brez pregradne stene in brez difuzorja, zgolj z diagonalno nameščenima povratno in sesalno cevjo) izloči najmanj zračnih mehurčkov in predstavlja najslabšo od obravna-

vanih možnosti (brez hidravličnega kratkega stika). Rezervoar zasnove model-2 z običajno povratno cevjo in vzdolžno predelno steno je veliko boljša rešitev, saj v drugi predel rezervoarja zaide veliko manj zračnih mehurčkov. Najboljši rezultat

**Tabela 2.** Povprečni volumski delež zraka v okolici sesalnih cevi

	20 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$
model-1	1,85 %	1,71 %	0,31 %
model-2	1,75 %	1,61 %	0,08 %
model-3	1,75 %	1,58 %	0,05 %

**Tabela 3.** Odstotek zraka, ki se izloči iz olja pri prehodu skozi rezervoar

	20 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$
model-1	7,50 %	14,50 %	84,30 %
model-2	12,50 %	19,50 %	95,90 %
model-3	12,50 %	21,00 %	97,70 %

pa dosežemo z zasnovo rezervoarja vrste model-3 z difuzorjem na povratnem vodu in s spremenjeno obliko pregradne stene, ki dopušča tok olja le ob dnu rezervoarja.

Zgovorni so tudi rezultati, vezani na učinkovitost izločanja zračnih mehurčkov, prikazani v številski obliki. Ti so za vse obravnavane velikosti predstavljeni v tabelah 2 in 3.

Do največjih razlik prihaja pri večjih zračnih mehurčkih, pri katerih je pri drugi varianti (model-2) na vstopu sesalne cevi v primerjavi s prvo varianto (model-1) kar 4-krat manj zračnih mehurčkov velikosti 500  $\mu\text{m}$ . Pri tretji varianti (model-3) pa je teh mehurčkov še za polovico manj. Za odtonek slabši rezultati so bili pridobljeni pri velikosti zračnih mehurčkov 100 in 20  $\mu\text{m}$ . Simulacija je namreč potrdila dejstvo, da so manjši zračni mehurčki podvrženi veliko manjšim silam vzgona, zato se tudi dvigajo počasneje. Poleg tega pa je njihova relativna sila zaradi gibanja viskozne tekočine večja kot pri večjih mehurčkih. Zato se manjši mehurčki gibljejo zelo skladno s samim tokom hidravlične tekočine in se dvigujejo (ter izločajo) zelo počasi.

## ■ 5 Zaključek

Snovanje hidravličnega rezervoarja, podprto s sodobnimi in učinkovitimi metodami virtualnega inženiringa, omogoča podroben vpogled v dogajanje v notranjosti rezervoarja in na osnovi tega uvedbo različnih konstrukcijskih ukrepov, ki pripomorejo k učinkovitejšemu »opravljanju« osnovnih nalog rezervoarja.

Z dobljenimi rezultati takšnega pristopa k snovanju rezervoarja smo pokazali, da je dogajanje v notranjosti hidravličnega rezervoarja, pri čemer je bila v ospredju učinkovitost izločanja zračnih mehurčkov, zelo odvisno od same oblike rezervoarja, še posebej pa njegove notranjosti in dodatnih, v glavnem zelo preprostih in cenениh konstrukcijskih ukrepov.

Razen za iskano informacijo, vezano na učinkovito izločanje zračnih

mehurčkov že v samem rezervoarju, je enak pristop možno uporabiti še za analize izločanja različno velikih trdnih delcev različnega izvora kot tudi za izbiro najprimernejšega mesta za zajemanje tekočine za nadaljnje laboratorijske analize njenega fizikalno-kemijskega stanja ali pa za avtomatično zajemanje vzorca tekočine v primeru uporabe on-line sistema spremljanja stanja hidravlične tekočine. S primerno izbranim mestom za vzorčenje tekočine na kar najboljši način povečamo natančnost in verodostojnost podatkov, saj lahko zračni mehurčki (in tudi trdni kontaminanti) močno vplivajo na rezultate naših meritev.

## Literatura

- [1] Lovrec, D.: Vzroki za prisotnost zraka v hidravličnem sistemu; *Ventil*, ISSN 1318-7279, avg. 2016, letn. 22, št. 4, str. 310–317, ilustr. [COBISS.SI-ID 14831899].
- [2] Lovrec, D., Tič, V.: Stisljivost hidravličnega olja in vpliv zraka. *Ventil*, ISSN 1318-7279, dec. 2016, letn. 22, št. 6, str. 492–497, ilustr. [COBISS.SI-ID 15169563].
- [3] Lovrec, D., Tič, V.: Vpliv zraka in večje stisljivosti na delovanje hidravličnih gradnikov. *Ventil*, ISSN 1318-7279, feb. 2017, letn. 23, št. 1, str. 40–46, ilustr. [COBISS.SI-ID 15331867].
- [4] Lovrec, D.: Zakaj hidravlično olje potemni? *Proizvodnja - Vzdrževanje; Vzdrževalec*, ISSN 1318-2625, 2016, št. 173; Ljubljana: Društvo vzdrževalcev Slovenije, 2016, št. 173, str. 52–56, ilustr. [COBISS.SI-ID 19937814].
- [5] Tič, V., Lovrec, D.: Design of modern hydraulic tank using fluid flow simulation. *International journal of simulation modelling*, ISSN 1726-4529, 2012, vol. 11, iss. 2, str. 77–88, doi: 10.2507/IJ-SIMM11(2)2.202. [COBISS.SI-ID 16087574].
- [6] Tič, V.: Snovanje sodobnega hidravličnega agregata : diplomsko delo. Maribor: 2008. XIII, 88 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 12894998].
- [7] Biluš, I., Škerget, L., Predin, A., Hriberšek, M.: Experimental and numerical analyses of the cavitation flows around a hydrofoil, *Journal of Mechanical Engineering* 51(2005)2, 103–118.
- [8] Banaszek, A., Petrović, R.: Calculations of the unloading operation in liquid cargo service with high density on modern product and chemical tankers equipped with hydraulic submerged cargo pumps, *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, vol. 56, št. 3, 186–194, 2010.
- [9] Škerget, L.: *Mehanika tekočin*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 1994.
- [10] Ansys CFX Help, Release 11.0, Ansys.
- [11] Neale, M. J.: *Tribology Handbook*, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, 1995.
- [12] Totten, G. E. *Handbook of Hydraulic Fluid Technology*, Union Carbide Corporation, 2000, Tarrytown, New York.
- [13] Tič, V., Lovrec, D.: Trajectories of solid and gaseous particles in a hydraulic reservoir. V: 8th International fluid power conference (8. IFK), March 26–28, 2012, in Dresden : 8. IFK : [conference proceedings = Tagungsunterlagen]. Vol. 1, Symposium: Monday, March 26, 8th International Fluid Power Conference, March 26–28, 2012, Dresden. Dresden: Technische Universität, Institut für Fluidtechnik, 2012, str. 261–272, ilustr. [COBISS.SI-ID 15924758].
- [14] Tič, V., Lovrec, D.: Air-release and solid particles sedimentation process within a hydraulic reservoir. *Tehnički vjesnik*, ISSN 1330-3651, 2013, vol. 20, št. 3, str. 407–412. [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=153000](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=153000) [COBISS.SI-ID 16974870].

## Impact of the hydraulic reservoir design on the air bubbles elimination

**Abstract:** Contaminants of hydraulic fluid are any substances that have a negative effect on the proper operation of hydraulic components and the system as a whole, as well as the used hydraulic fluid. Hydraulic fluid can be contaminated by solid particles, water, foreign fluids and air resp. air bubbles. Air as a contamination can cause numerous problems including component damage due to cavitation, increased noise, poor component response due to the increased compressibility of the media and consequently reduces stiffness of actuators ... and accelerated fluid degradation. The paper is focused on the air exsolution which should be considered at the stage of designing a hydraulic reservoir.

An already proper reservoir design can prevent the occurrence of air bubbles and reduce the above mentioned negative effects. The hydraulic reservoir should be designed in such a way to stabilize and direct the oil flow inside the reservoir, so that the fluid has enough time to release air bubbles. Visualisation of the flow patterns and thus an understanding of what is happening inside the reservoir, all the advantages of using the simulation techniques within the field of the reservoir design will be shown. The paper investigates trajectories of fluid and the gaseous particles inside a hydraulic reservoir, based on simulation using CFD software. The results obtained focus on the elimination of gaseous particles in regard to hydraulic reservoir interior design form and simple design measures.

**Keywords:** hydraulic reservoir, deaeration, simulation, design measures



**Robotics**

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

**INTRONIKA**

**13.-15.02.2018**

**Ljubljana, Slovenija**

Gospodarsko razstavišče, [www.icm.si](http://www.icm.si)



Mednarodni sejmi za avtomatizacijo, mehatroniko, robotiko, industrijsko in profesionalno  
elektroniko ter elektrotehniko  
International Trade fairs for automation, mechatronic, robotics, professional & industrial  
electronics, electrotechnics

# Nadzor vibracij na hidravličnih pogonskih sistemih

Samo ULAGA

**Izvleček:** Če naj služba vzdrževanja tvorno prispeva k rasti dodane vrednosti v podjetju, mora pri svojem delu upoštevati sodobne strategije preventivnega vzdrževanja in uporabljati metode za nadzor stanja opreme. Ena najbolj uveljavljenih in preizkušenih metod za ugotavljanje stanja opreme je nadzor vibracij.

Spremljanje dinamičnega odziva komponent hidravličnih sistemov, še posebej komponent pogonskega sklopa elektromotor-sklopka-črpalka, omogoča zgodnje ugotavljanje nepravilnosti (npr. ugotavljanje napak ob montaži oz. takoj po njej: neuravnoteženost vrtečih se komponent, zvitost gredi, nesoosnost, toplotno rast komponent, rahle spoje, poškodbe komponent ...) in kasneje med samim obratovanjem (npr. notranje poškodbe črpalk, poškodbe ležajev ...).

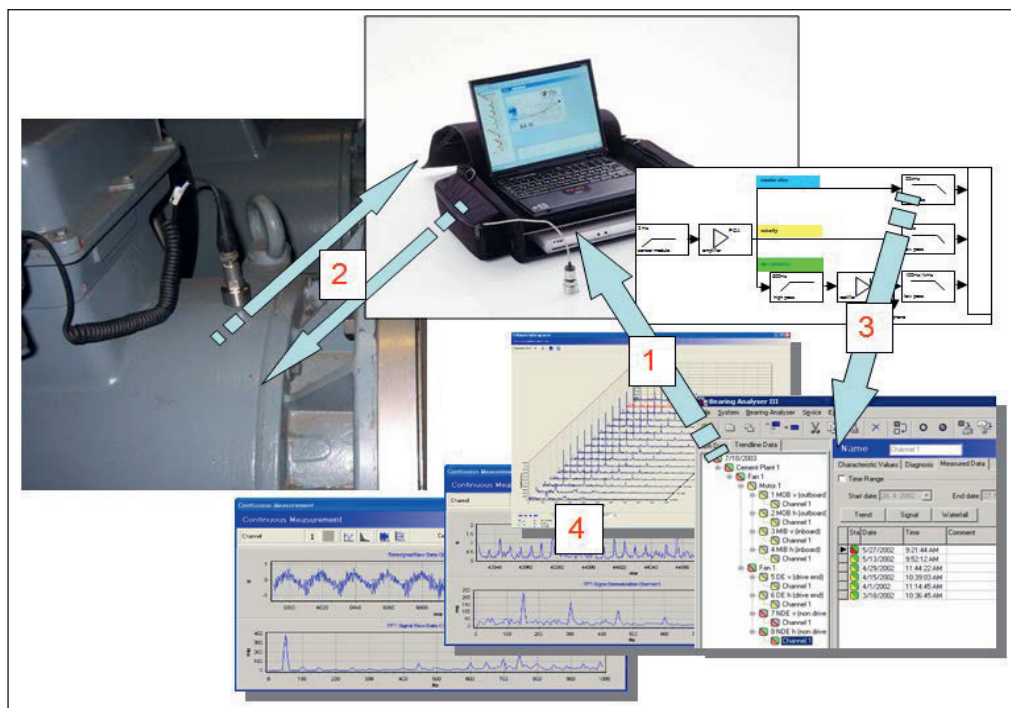
V prispevku so navedeni osnovni principi uporabe metode v okviru programa preventivnega vzdrževanja s poudarkom na analizi vibracij hidravličnih pogonskih sklopov.

**Ključne besede:** analiza vibracij, hidravlika, pogonski sistem, analiza

## 1 Uvod

Nihanje-vibracije so periodično gibanje okoli ravnovesne lege in so posledica neke oblike vzbujanja, brez katerega sistem (v našem primeru stroj ali del stroja) ne bi vibriral. In ravno izvor vzbujanja je tisto, kar nas zanima, ko izvajamo merjenje in analizo vibracij z namenom ugotavljanja stanja strojev.

Merilna mesta so običajno v neposredni bližini ležajev, kot prijemališču sil. Na ohišje namestimo senzorje - pospeškometre (kot to prikazujeta *sliki 1 in 2*). Senzorji zaznajo časovno spreminjanje pospeškov, ki se zabeleži

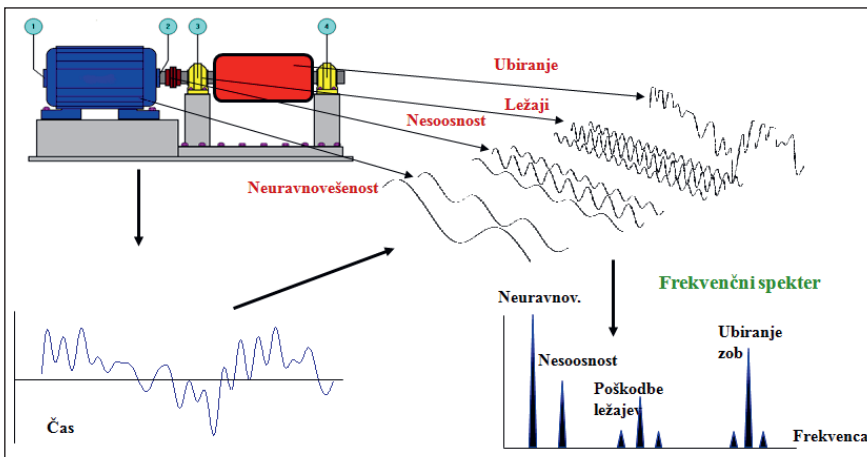


Slika 1. Merilna veriga

v obliki spreminjanja napetosti ali toka. Električni signali se nato s pomočjo naprav za kondicioniranje in uporabniških vmesnikov pretvorijo v takšno obliko, da je mogoča natančna analiza stanja naprave – slika 1.

Posamezen udarec, na primer prehod kotalnega elementa preko poškodovanega mesta na zunanjem obroču ležaja, je že lahko vzrok za pojav takšnih vibracij. Nihanje teles je mogoče izmeriti s pomočjo različ-

Dr. Samo Ulaga, univ. dipl. inž.,  
Univerza v Mariboru, Fakulteta  
za strojništvo



**Slika 2.** Iz časovnega signala v frekvenčni spekter

nih senzorjev, ki mehansko nihanje pretvorijo v električni signal. Poenostavljeno opisano, je oblika časovnega signala odvisna od frekvence in amplitude nihanja. Frekvenca nihanja pove, kako pogosto se nekaj zgodi in nudi informacijo o izvoru vibracij. Amplituda nihanja kaže na obseg vzbujaanja in s tem na resnost pojava (slika 3).

Časovni signal, zabeležen na izbranem merilnem mestu, je skupek prispevkov delnih signalov, ki jih tvorijo različni elementi analiziranega sistema. Njegova oblika je kompleksna in od analitika zahteva dobršno mero znanja in izkušenj. Le na ta način bo iz oblike krivulje mogoče razbrati, če gre za naključne ali običajne periodične pojave. Na podlagi spreminjanja signala v odvisnosti od časa je tako mogoče

sklepati o vplivih spreminjajočih se parametrov procesa na frekvenčni odziv obravnavanega sistema.

Drug način obravnave nihanja analiziranega sistema je uporaba frekvenčnega spektra. Časovni signal je s pomočjo matematičnih transformacij pretvorjen v frekvenčni spekter (slika 3). S pomočjo frekvenčnega spektra je mogoče ugotavljati:

- periodične pojave,
- natančno frekvenco in amplitudo pojavov,
- relativno primerjavo amplitud posameznih komponent frekvenc,
- harmonične vzorce,
- opazovati trende ...

Frekvenčni spekter je priznано najbolj poučen parameter meritve,

vendar pa je za njegovo pravilno interpretacijo potrebna dobršna mera znanja in izkušenj.

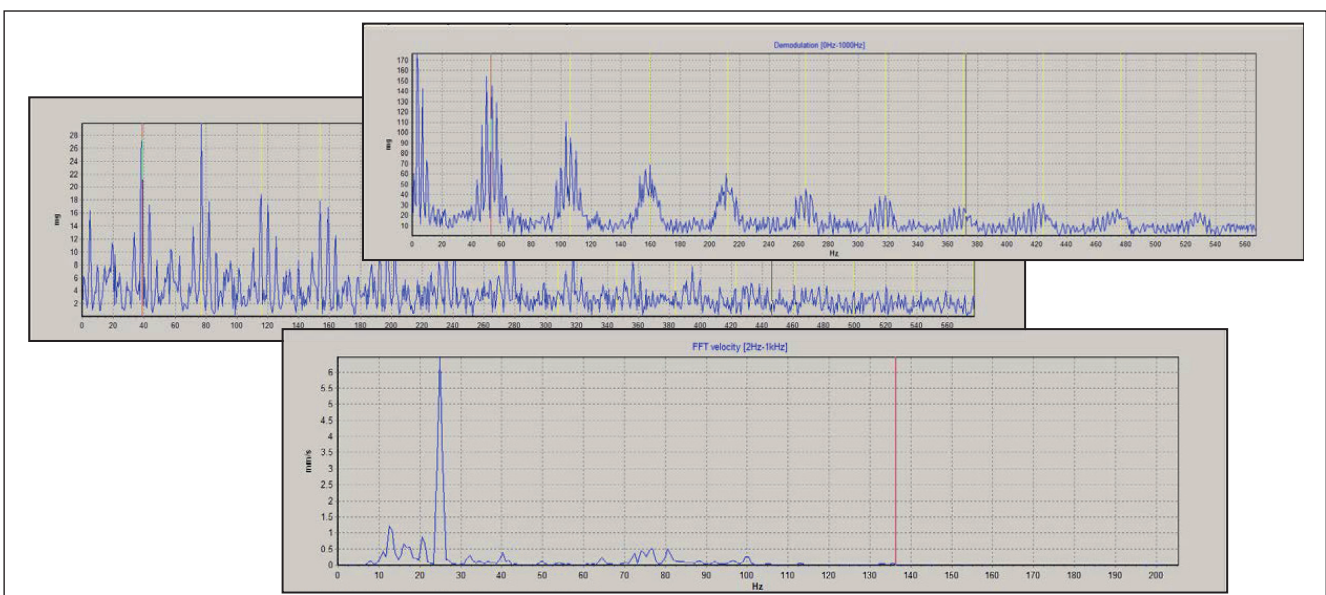
## ■ 2 Uporaba analize vibracij na področju hidravličnih pogonov

Uporaba analize vibracij na področju hidravličnih pogonskih sistemov še ni našla vidnejše uporabe v vsakodnevni praksi. Šele zgodnja dela s tega področja (npr. [3], [4]) in danes izboljšana, uporabniku prijaznejša oprema omogočata uporabo te tehnike na področju vzdrževanja hidravličnih naprav ali njihovih gradnikov.

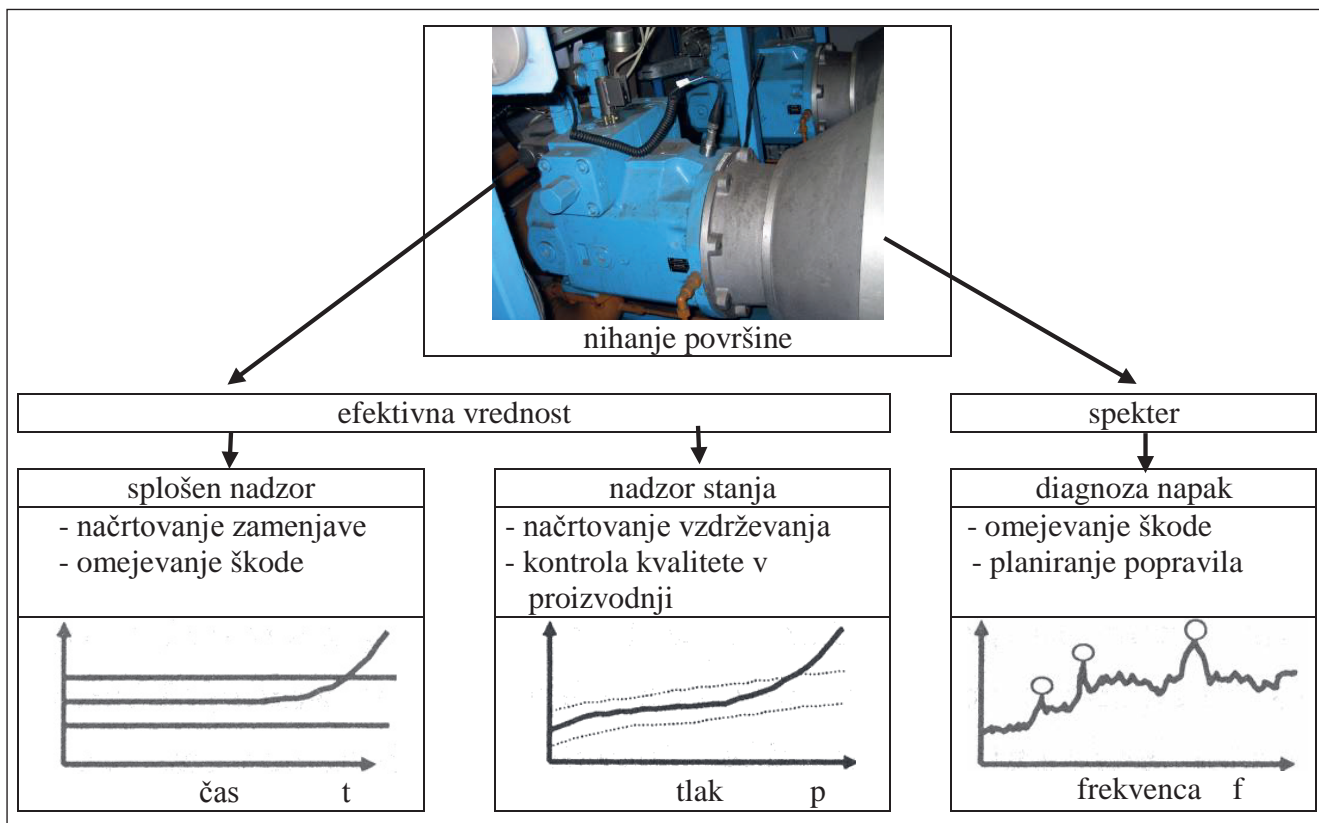
Analize na osnovi signala vibracij telesa enega hidravličnega gradnika omogoča izvedbo potrebnih vzdrževalnih ukrepov. Možne analize so prikazane na *sliki 4*.

Na podlagi učinkovite vrednosti signala nihanja strukture ohišja je možno izvajati *nadzor* npr. katerekoli vrste hidravlične komponente, npr. črpalke. Ob pravočasni zaznavi nastale okvare je možno smiselno načrtovati njeno zamenjavo ali popravilo in tako preprečiti nadaljnje širjenje škode ali posledic.

Snemanje učinkovite vrednosti v odvisnosti od enega obratovalnega parametra omogoča *nadzor stanja* iztislinske enote v poljubni časovni



**Slika 3.** Primeri spektrov za različne napake



Slika 4. Možnosti analize nihanja površine - strukture telesa hidravlične komponente

točki. Takšen nadzor stanja lahko služi za preverjanje neke enote v okviru načrta vzdrževanja ali pa za kontrolo kvalitete izdelka v proizvodnji [3]. Namesto dolgotrajnega, 8-urnega utekanja črpalke ob merjenju pretoka je po ogrevanju enote možno uporabiti merjenje vibracij preko celotnega področja delovnih tlakov. Na osnovi velikosti izmerjenih vrednosti izbranih merilnih točk z ozirom na mejno krivuljo, izmerjeno na referenčni črpalci, se lahko opredeli kvaliteta merjene enote.

Uporaba takšne metode v praksi tudi kaže, da samo na osnovi črno-belega razlikovanja med »dobro – slabo« stanje črpalke, ne zadošča. Kar hitro se pojavi potreba po dodatni *diagnozi*, ki bi omogočila bolj natančno, ciljno prepoznavanja defekta. Samo ovrednotenje širokopasovnih vrednosti nihanja v ta namen ne zadošča. Popolno oz. zanesljivo diagnosticiranje poškodb je možno izvesti šele na osnovi ovrednotenja frekvenčnega spektra signala nihanja, zajemati pa mora sledeče tri točke:

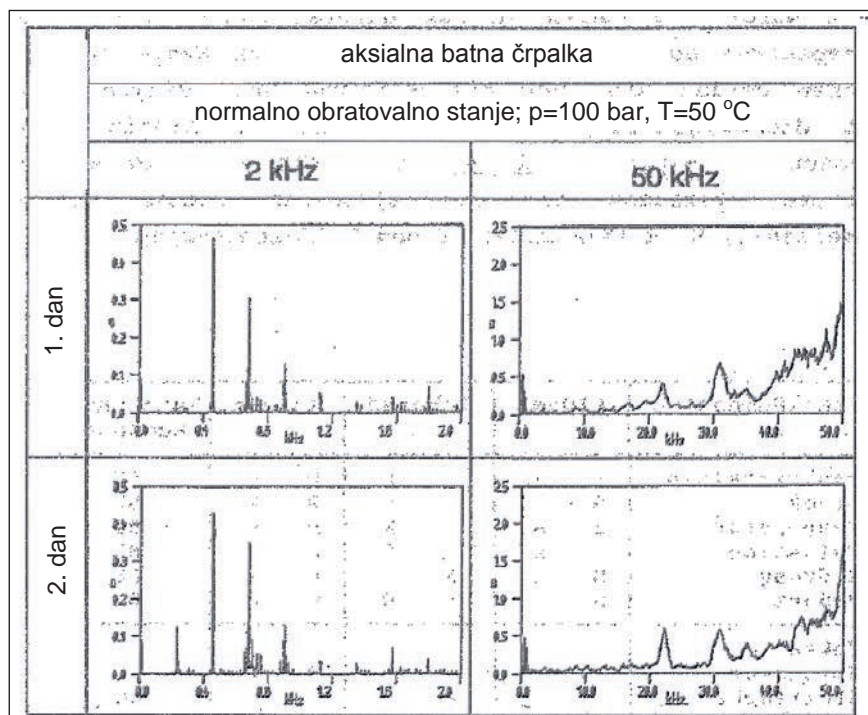
- zanesljivo zaznavanje poškodbe,
- izjavo o vrsti defekta in
- izjavo o razsežnosti defekta.

## 2.1 Diagnostika hidravličnih črpalk ob uporabi analize vibracij

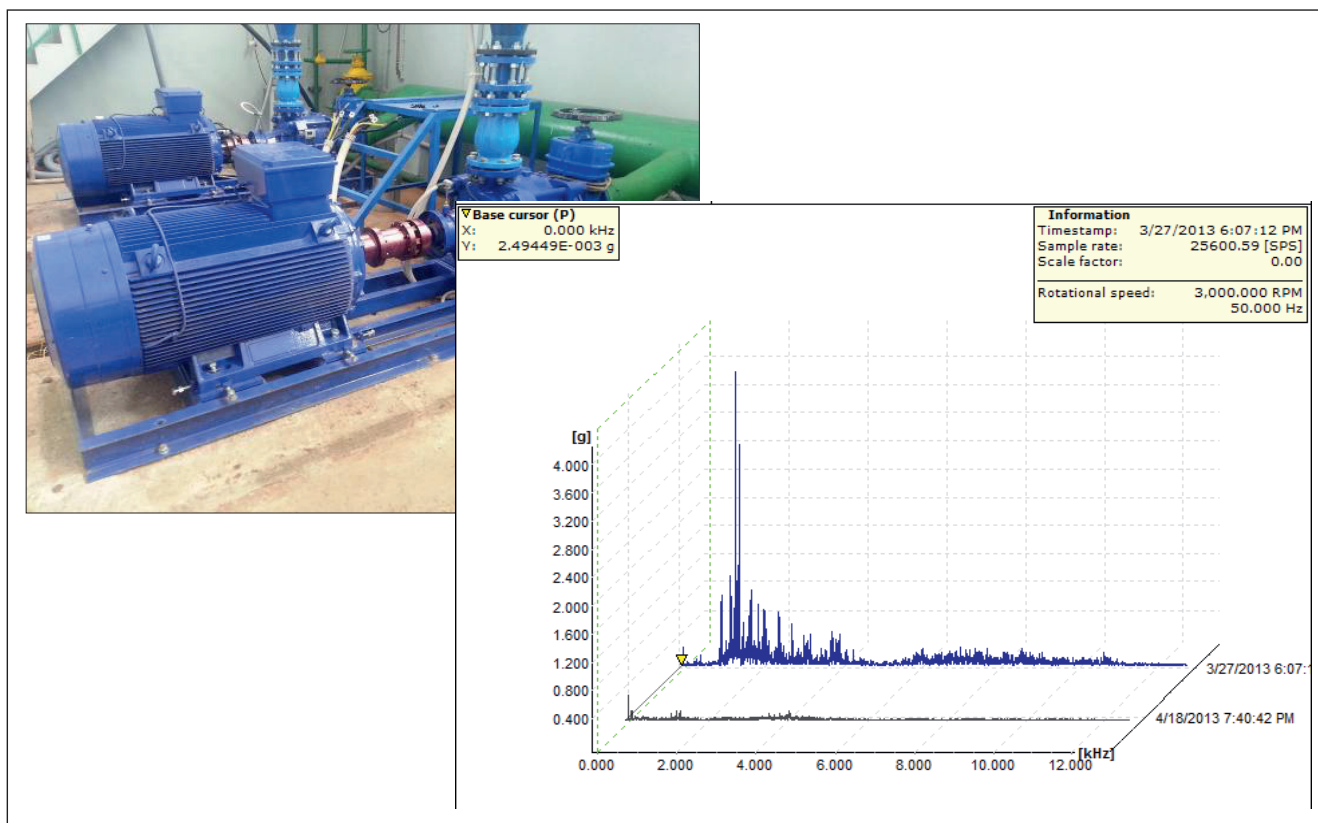
Analiza vibracij je zelo občutljiv postopek za opredelitev stanja črpalke. Še posebej zaradi številnih mo-

tilnih vplivov iz okolice črpalke, kot tudi zaradi lastnih efektov pogojenih z obratovanjem črpalke.

Glavni problem pri uporabi analize vibracij je v številnih, raznolikih informacijah, ki lahko zakrijejo bistvene podatke potrebne za diagnozo.



Slika 5. Reprodukcijske meritve [3]



**Slika 6.** Vpliv pritrditve na vibracijski odziv

Pri tem so na razpolago različne možnosti ovrednotenja signala, ki pa omogočijo, da se prisotna napaka natančno pokaže.

Predpostavka za pravilno in učinkovito prepoznavanje napak črpalke na osnovi uporabe metode merjenja vibracij je poznavanje vibracijskega zapisa naprave pri normalnih obratovalnih stanjih in sprememb, ki se pojavijo v primeru napake. Pri tem se pojavlja vprašanje po ponovljivosti meritve vibracij na hidravličnih črpalkah. *Slika 5* kot primer prikazuje frekvenčne spektre aksialne batne črpalke v izvedbi s poševno osjo izmerjene ob različnih časih pri enakih obratovalnih pogojih in stanju okolice.

Že na prvi pogled lahko ocenimo, da si spektri prikazani na *sliki 5* med seboj niso popolnoma podobni, imajo pa dokaj podoben načelni potek. Za izjavo o podobnosti rezultatov bi vsekakor bilo potrebno uporabiti statistično zasledovanje in ovrednotenje izmerjenih vrednosti čez daljše obdobje, npr. 6 mesecev. Na ta način lahko izločimo različne motilne vplive, podrobneje predstavljene v nadaljevanju.

### 2.1.1 Motilni vpliv okolice črpalke

Signal vsebuje informacije o stanju vsakega sestavnega dela enote. Ob predpostavki, da so vsi mehanski deli med seboj tega povezani in da glede na to dobro prenašajo vibracije, je potrebno upoštevati, da so izvor vibracij tudi drugi deli hidravlične naprave npr.:

- *mehanske motnje*, ki jih povzročajo pogonski elektromotorji ali pa prisotni hidromotorji na napravi, ki razen pulziranja tlaka povzročajo vibracije, ki se preko temeljev oz. cevnega omrežja prenašajo na vse ostale dele naprave. *Slika 6* prikazuje vpliv pritrditve črpalke v procesni industriji na podlago in njen vibracijski odziv. Prva meritev je bila izvedena ob namestitvi črpalke, druga meritev pa po sanaciji neprimerne pritrditve na podlago.
- *pulzacija tlaka v tlačnem vodu* je razen omenjenih mehanskih motenj, ki povzročajo vzbujanje ohišja črpalke preko temeljev, nadaljnji vplivni faktor. Zaradi določenega

števila komor v črpalcki (število vzele med zobmi, prostori med krilci ali število valjev na bobnu batne črpalke), pri katerem vsaka takšna komora povzroči določen pulz iztisnjene tekočine, se pojavi nihanje, ne samo pretoka črpalke temveč tudi tlaka v cevnem omrežju. Zaradi različne impedance cevnega omrežja (predvsem zaradi kapacitivnosti in induktivnosti: količine tekočine v cevi in dolžine ter preseka cevi) ima ob refleksiji s konca cevnega omrežja to nihanje različen povratni učinek. Sprememba na cevem omrežju ima vpliv na pulzacijo tlaka in s tem na vibracije ohišja črpalke.

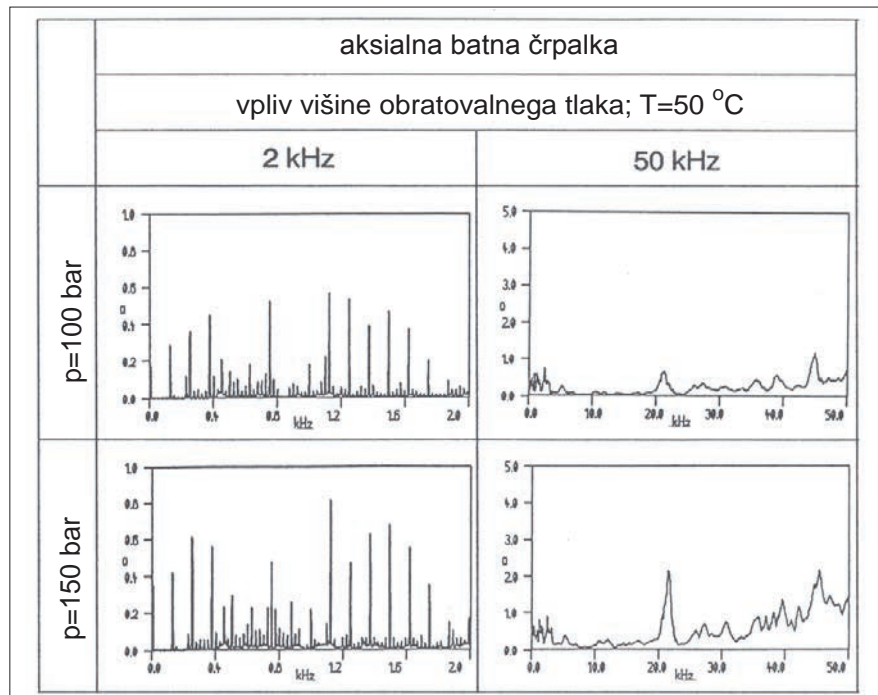
- *električne motnje* zaradi vpliva ostalih električnih naprav in vodnikov, ki se nahajajo v istem prostoru kot objekt merjenja. Vsaki tokovodnik zaradi elektromagnetnega polja, ki ga obdaja inducira napetost, ki ima za posledico nek tok, ki se prekriva z merjenim signalom.
- tudi *izbira merilnega mesta* za namestitvev senzorja pospeškov

igra pomembno vlogo. Odločilnega pomena je potek notranjih sil, pogojenih s porazdelitvijo tlaka v sami črpalki in s točkami prenašanja teh sil preko ležajev na ohišje črpalke. Npr. v primeru zobniške črpalke z zunanjim ozobjem se zaradi spremembe tlaka ob stenah ohišja vedno pojavlja rezultanta sil, ki teži k sesalni strani. Sila se opira na drsnih ležajih kjer je tudi najprimernejše mesto za namestitev senzora.

**2.1.2 Vpliv obratovalnih parametrov**

Na vibracije ohišja črpalke imajo velik vpliv tudi obratovalni parametri kot tlak, temperatura, število vrtljajev in pretok. Pri konstantnih črpalkah gnanih s konstantnim številom vrtljajev sta seveda v ospredju samo še tlak in temperatura kot vplivna faktorja. V primeru frekvenčno reguliranih konstantnih črpalk pride do izraza tudi število vrtljajev in posledično različni pretok.

- obratovalni tlak je pri večini hidravličnih naprav spremenljiv obratovalni parameter. Vsled tega je potrebno dobro poznavanje odvisnosti med frekvenčnim spektrom in njegovim spreminjanjem v odvisnosti



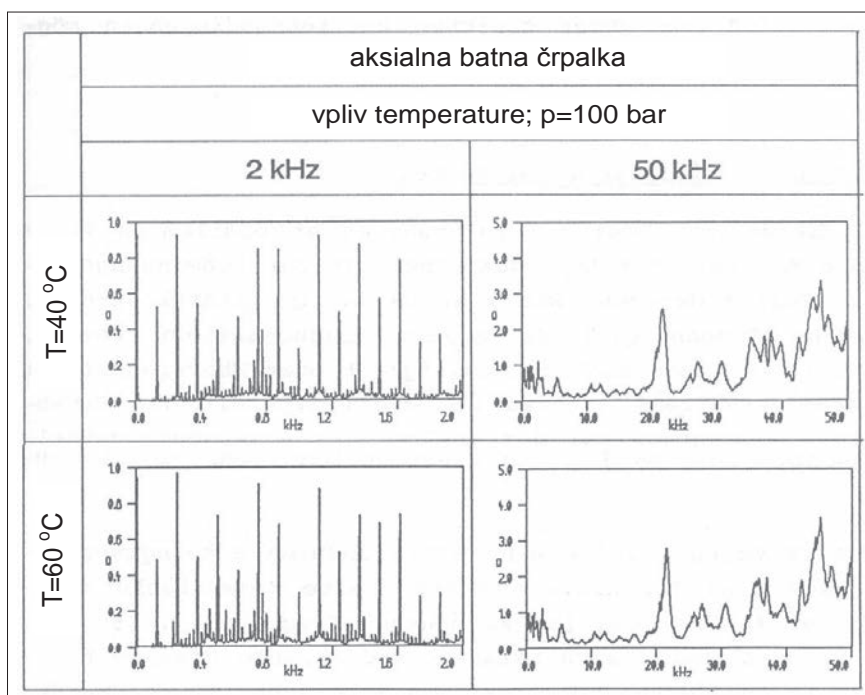
Slika 7. Vpliv višine obratovalnega tlaka [3]

od višine obratovalnega tlaka. Odvisnost oblike frekvenčnega spektra od velikosti obratovalnega tlaka za primer aksialne batne črpalke prikazuje slika 7.

Značilen je širokopasovni porast amplitude iznad 20 kHz, ki se pojavlja kot posledica zaradi višjega tlaka vedno večjega notranjega puščanja (posamezne dokaj široke konice). V nizko frekvenčnem

področju, do 2 kHz, je možno zaslediti posamezne vrhove frekvenc, ki se z rastočim tlakom in s tem ustrezno večjimi notranjimi silami sorazmerno višajo.

- obratovalna temperatura se med obratovanjem redkokdaj spreminja v večji meri. Spremembe temperature se pojavljajo le ob zagonu črpalke oz. ob večji spremembi temperature v okolici. Majhne spremembe temperature imajo za posledico le neznamenit vpliv na spremembo frekvenčnega spektra – slika 8.



Slika 8. Vpliv temperature [3]

Ob upoštevanju opisanih posameznih vplivov, tako okolice kot obratovalnih stanj, lahko rečemo, da imamo ob poznanih spektrih pri teh različnih stanjih kot izhodišču, dobro osnovo za nadaljnjo diagnozo pojava napak.

**2.2 Vpliv napak na potek frekvenčnega spektra**

Za pravilno sklepanje o vrsti napake na osnovi izmerjenega frekvenčnega spektra, je vsekakor potrebno poznati, kako se posamezna napaka pri posamezni vrsti črpalke odraža v spremembi spektra. Vsekakor je pri tem potrebno premisliti katere možne napake se lahko pojavljajo pri posamezni vrsti črpalke. Osnovne

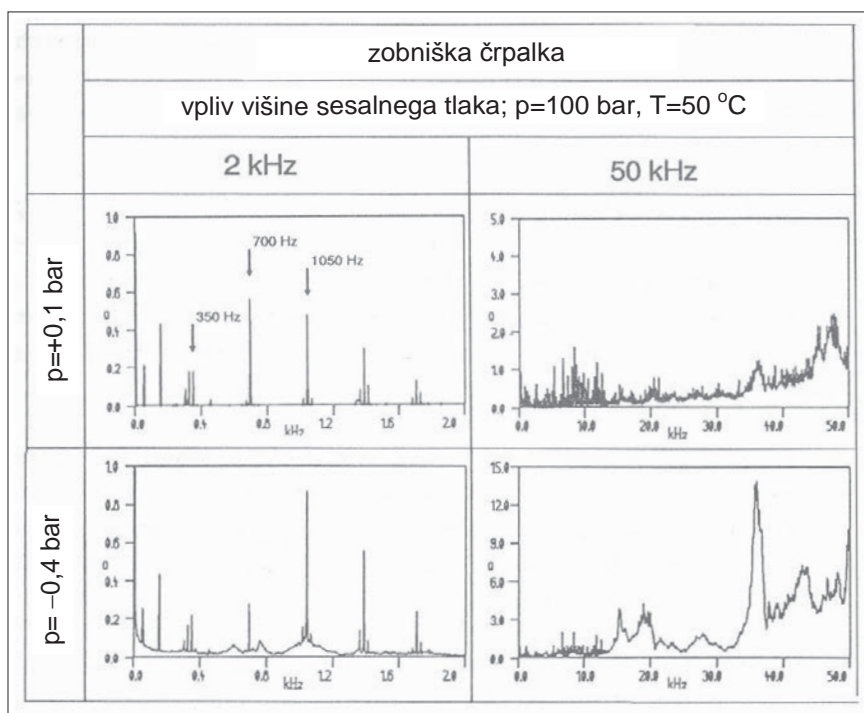
napake je pri tem možno razvrstiti v posamezne skupine: napake, ki jih povzroči potek spreminjanja tlaka v črpalci, napake na kotalnih ležajih in tornih parih, ali npr. napake nastale zaradi pomanjkljive montaže.

### 2.2.1 Vpliv tlaka sesanja

Glavna razlika med analizo vibracij na mehanskih prenosnikih (zobniški pogoni), turbinah in ležajih na eni strani in na hidravličnih napravah na drugi je v tem, da se pri transportu tekočine pojavlja neprestano iztiskanje tekočine iz posameznih komor črpalke, odvisno od oblike komore (izvedba črpalke), števila elementov, ki vrši iztiskanje ..., kar povzroča različne učinke, ki vplivajo na vibracije ohišja črpalke.

Vpliv spremembe velikosti pretoka je npr. zanemarljivo majhen v primerjavi z vplivom pulzacije pretoka in pojavom kavitacije. Npr. sprememba sesalnega tlaka z +0,1 bar na -0,4 bar ima za posledico povečanje hitrosti porasta tlaka v komori črpalke za faktor 1,5, kar se pozna tudi na prikazanem poteku spektra zobniške črpalke na *sliki 9*.

Zmanjšanje sesalnega tlaka odgovarja npr. stanju, ki se pojavi ob spremembi razmer na sesalni cevi npr. njeni zamašitvi oz. zamašitvi sesalnega filtra. Takšna zamašitev povzroči upad tlaka, kar povzroči izločanje,



**Slika 9.** Sprememba sesalnega tlaka in posledično frekvenčnega spektra [3]

izstopanje raztopljenih plinov iz tekočine in posledično pojav kavitacije.

### 2.2.2 Vpliv poškodovanih elementov črpalke

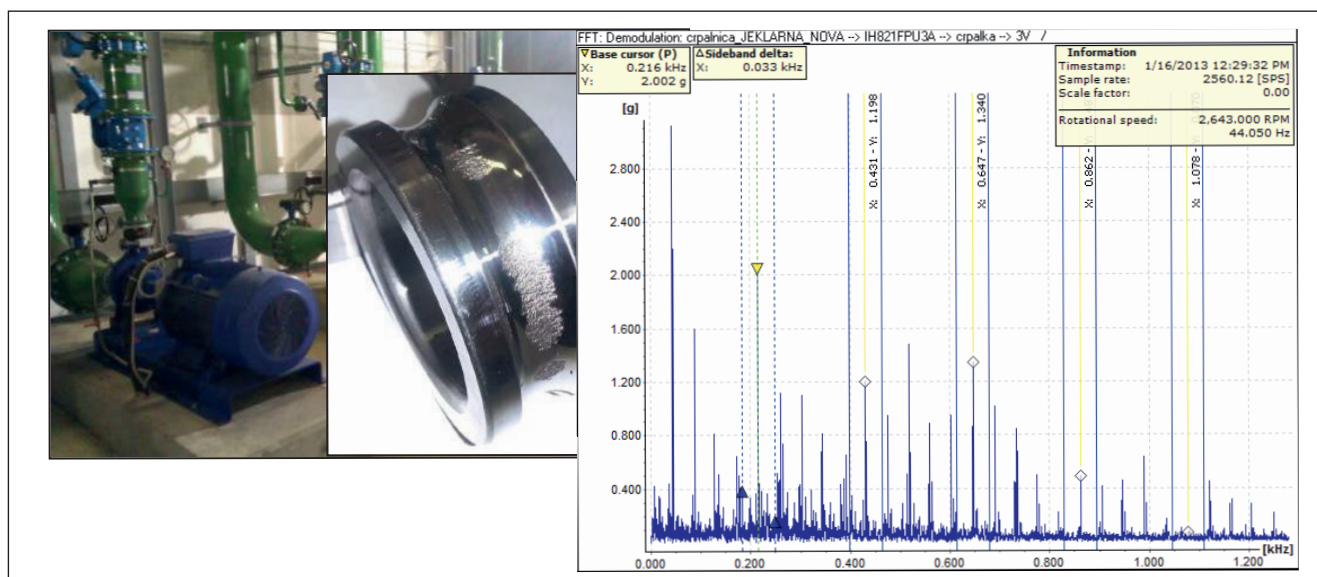
Na vibracijski odziv črpalke lahko bistveno vpliva na primer poškodba enega od kotalnih ležajev. *Slika 10* prikazuje primer črpalke s takšno poškodbo.

### 2.2.3 Ostale vrste napak

Na črpalakah se pojavlja še cela vrsta drugih posebnosti in napak, ki vpli-

vajo na spremembo spektra. Nekatere od teh so splošne, npr. napake montaže, druge pa specifične, vezane na vrsto črpalke.

Npr. različni tujki v olju – delci nečistoče, delujejo erozijsko in med obratovanjem spreminjajo geometrijo na posameznih elementih komponente, npr. geometrijo dušilne zarezne na ventilski plošči aksialne batne črpalke s poševno ploščo. Napaka se kaže kot neka vrsta lekaže med sesalno in visokotlačno stranjo črpalke, kar ima za posledico spremembo spektra.



**Slika 10.** Vibracijski odziv obtočne črpalke s poškodbo ležaja

Podoben vpliv imajo nečistoče na splošno obrabo elementov. Kritična mesta obrabe se pojavljajo tam, kjer dva elementa izvajata periodično relativno gibanje in v primeru preobremenitev, ki ima lahko za posledico pretrganje mazalnega filma. Na črpalkah se obraba najprej opazi npr. na stranskih tesnilnih ploščah (t.i. očala) zobniških črpalk, nastanek utorov na drsnem obroču krilne črpalke in/ali na stranskih ploščah, pri batnih črpalkah pa med bobnom in batom, bobnom in ventilsko ploščo, drsnim čevljem in poševno ploščo ter ležajih.

Vsaka od teh obrab na posameznih črpalkah ima za posledico določeno, obrabi značilno obliko spremembe spektra. Na njega prav tako vpliv tudi sprememba obratovalnega stanja ali pa pojav napake, npr. vdor zraka v hidravlični sistem.

Pomembni konstrukcijski elementi v črpalkah so tudi ležaji, pa naj gre za drsne ležaje v zobniških ali krilnih črpalkah ali pa za kotalne ležaje v batnih črpalkah. V vseh primerih služijo vleženju pogonske gredi črpalke. Pri določenih izvedbah črpalk (npr. krilnih) so ležaji zelo malo obremenjeni in zaradi tega tudi niso kritični glede obrabe. Podobno velja za ležaje zobniških črpalk. Pri aksialnih batnih črpalkah mo-

rajo kotalni ležaji prenašati periodične radialne sile, ki se pojavljajo zaradi nagiba osi bobna ali plošče črpalke. Običajno so ti ležaji dovolj dobro dimenzionirani, oz. predimenzionirani z namenom upirati se morebitnim poškodbam zaradi obrabe. Zaradi tega običajno ti ležaji ne predstavljajo kritičnega elementa črpalke. V primeru kakšne napake, npr. izpad enega kotalnega elementa ležaja, pa se to vsekakor pozna na spremenjenem frekvenčnem spektru.

Ležaji na črpalkah običajno niso kritični elementi za opravljanje analize vibracij, lahko pa preko njih, oz. mesta v njihovi bližini zaznavamo vse ostale spremembe, ki smo jih že

omenjali (npr. pravočasna ugotovitev kavitacije).

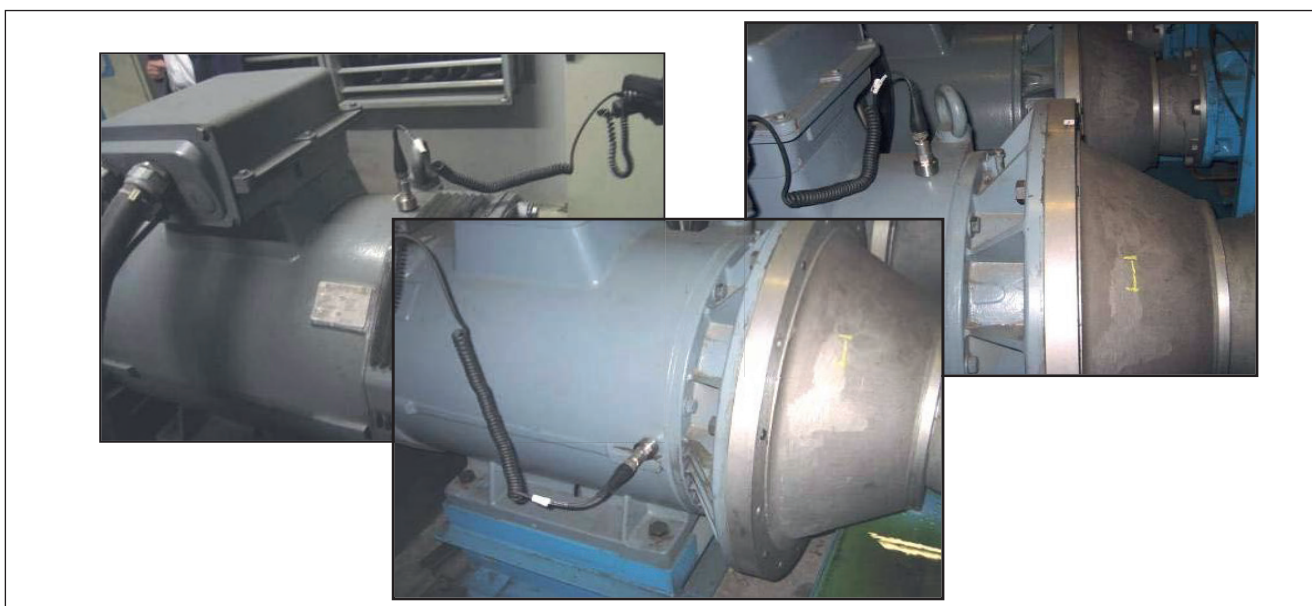
Omeniti moramo tudi še napake, ki so posledica montaže. Te se pojavljajo zaradi nestrokovnega sestavljanja komponent, zgodi se celo, da se kakšen element pozabi. Vzroki za to so lahko nenatančna navodila za montažo ali nepozornost monterja. V takšnih primerih se analiza vibracij izkaže kot zelo učinkovito sredstvo kontrole kvalitete izdelka – agregata.

### ■ 3 Analiza vibracij črpalk večjega industrijskega agregata

Že v prejšnjem poglavju je poudarjena zahtevnost analize stanja

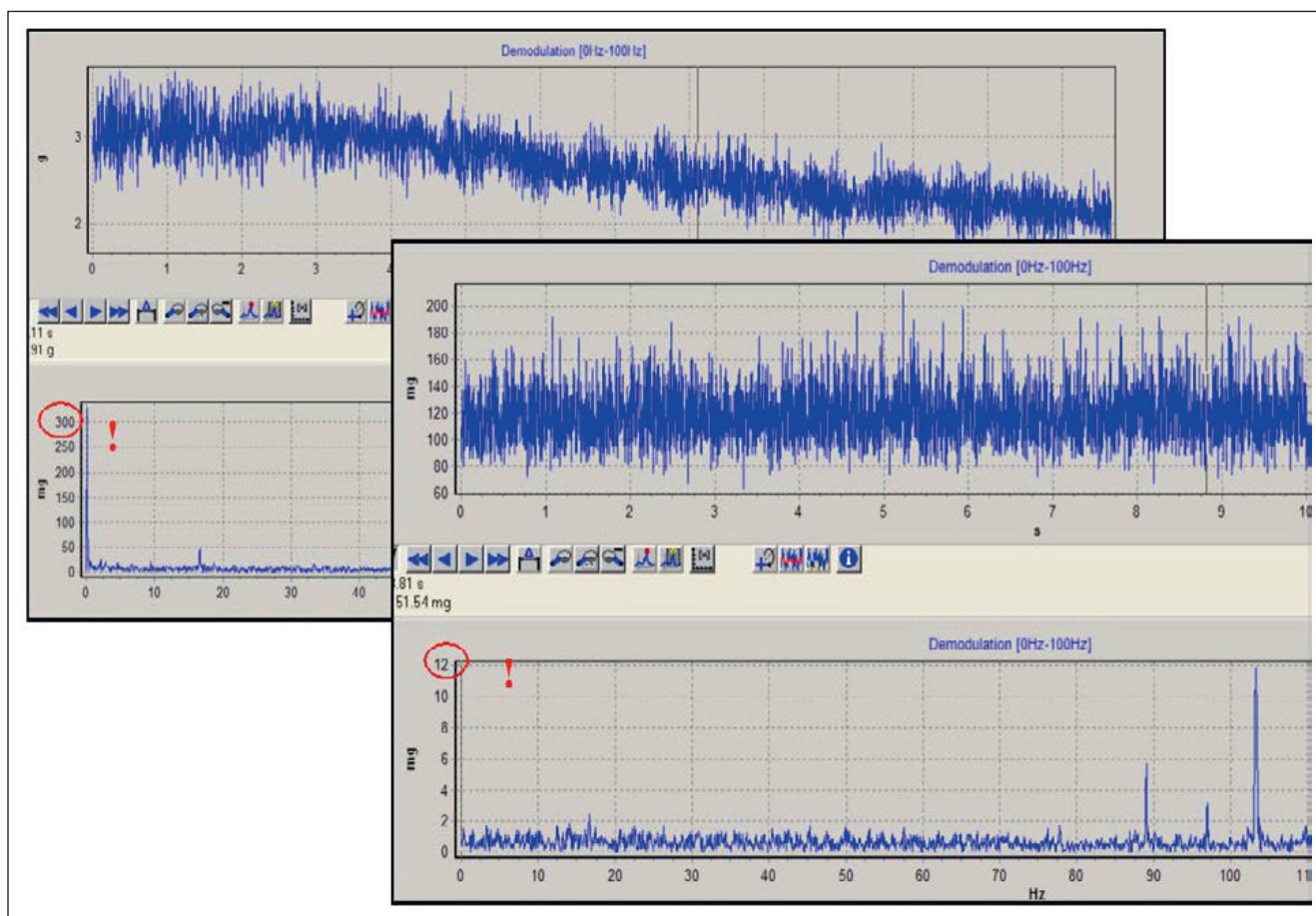


Slika 11. Objekt analize vibracij



Slika 12. Izbira merilnih mest





**Slika 13.** Vpliv obratovalnih pogojev

hidravličnih agregatov s pomočjo nadzora vibracij. Če naj takšen nadzor stanja omogoči zanesljivo diagnosticiranje napak, je zelo pomemben sistematičen pristop. Analize stanja naprav ni mogoče izvesti na osnovi posameznih meritev, ampak je potrebno izhajati iz referenčnih vrednosti, dobljenih na podlagi meritev, izvedenih pod kontroliranimi pogoji in ob dobrem stanju obravnavanih naprav.

V nadaljevanju je predstavljen nekaj rezultatov meritev, ki so bile izvedene na pogonskem sklopu z aksialnimi batnimi črpalkami (slika 11) stroja za iztiskanje aluminijastih profilov.

Ker meritev ni bilo mogoče izvesti že na novih črpalkah in si tako zagotoviti referenčno stanje, smo izhajali iz primerjave vrednosti, izmerjenih na treh enakih črpalkah, ob čim bolj primerljivih pogojih obratovanja. Na vsaki od črpalk je bilo izbranih po 10 merilnih mest:

- Na elektromotorju: v bližini ležajev dvakrat radialno (V in H) na strani ventilatorja in odgona ter enkrat v osni smeri, na strani odgona.
- Na črpalki: v bližini ležajev dvakrat radialno (V in H) na obeh straneh ter enkrat v osni smeri na strani motorja.

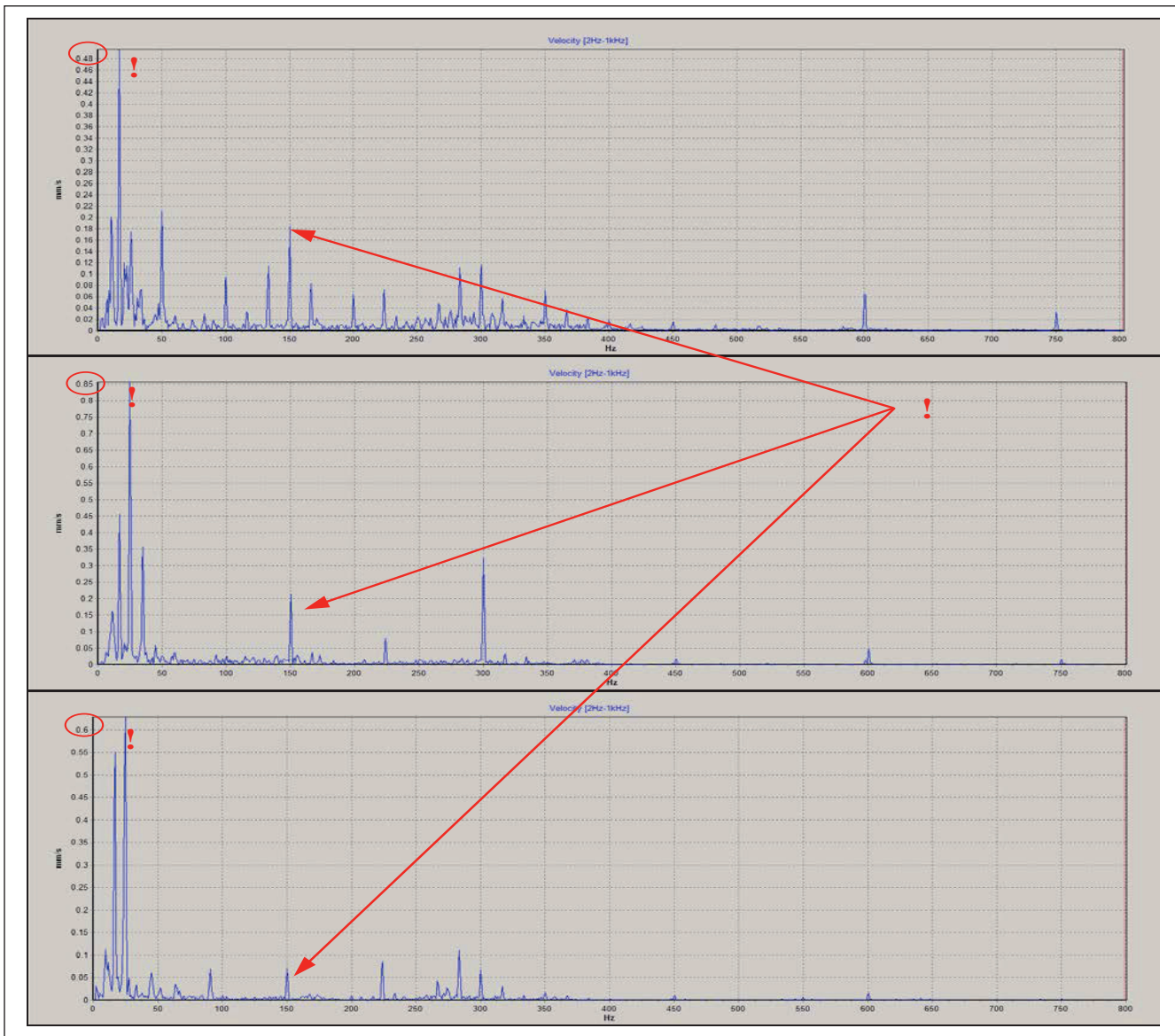
Prve meritve so bile izvedene med normalnim obratovanjem stroja. Izkazalo se je, da zaradi izmeničnega vključevanja posameznih črpalk, glede na zahteve delovnega cikla stroja, rezultati meritev niso primerljivi. Spreminjanje obratovalnih pogojev močno vpliva na časovni signal, kot tudi na frekvenčni spekter – slika 13.

Če želimo torej o stanju obravnavanih objektov sklepati na osnovi analize vibracij, je bilo potrebno v času merjenja zagotoviti primerljive obratovalne pogoje. V nadaljevanju je prikazanih nekaj začetnih rezultatov meritev, ki so bile izvedene na treh črpalkah, ki so obratovale v prostem teku.

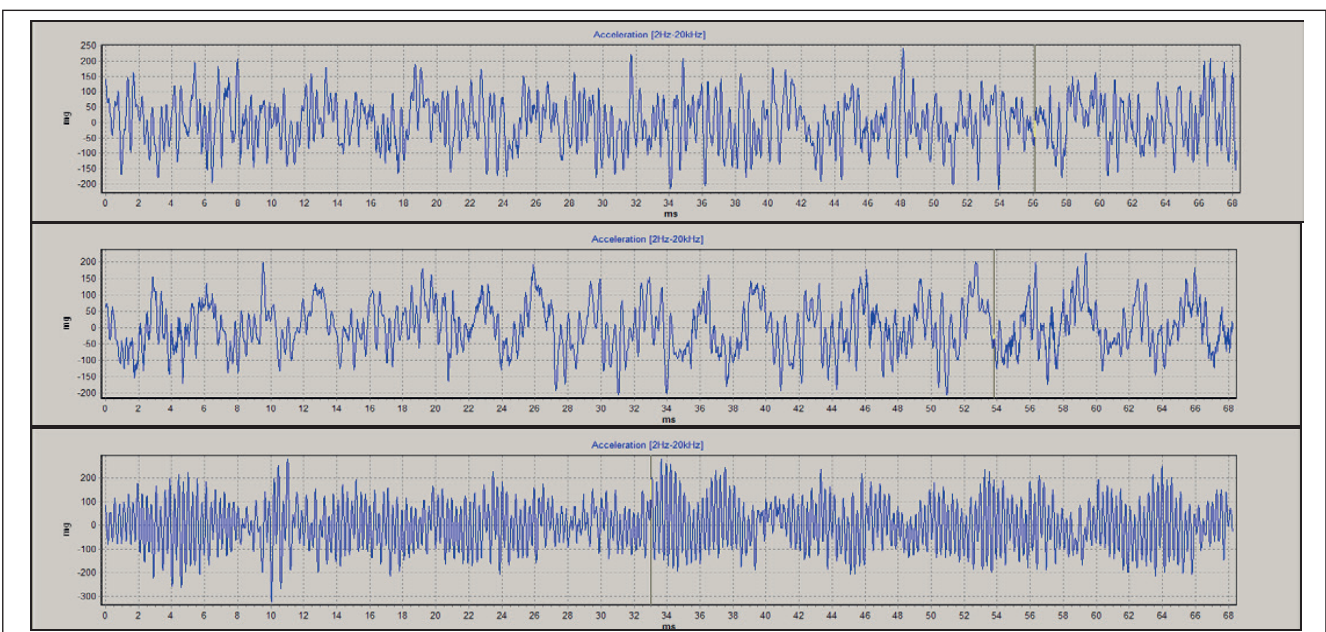
Časovne signale in frekvenčne spektre, pridobljene pri enakih pogojih obratovanja, pa je mogoče primerjati in iskati morebitna odstopanja, ter analizirati vzroke zanje. Prikazanih je le nekaj primerov – slika 14. Že bežna primerjava frekvenčnega spektra hitrosti, dobljenega pri meritvi v vertikalni smeri na črpalki odkrije velike razlike v frekvencah in tudi amplitudah.

Razlike je mogoče opaziti tudi v obliki časovnih signalov pospeškov prikazanih na sliki 15.

Če želimo na osnovi analize vibracij izvesti natančno diagnosticiranje stanja obravnavanih črpalk, je potrebno najprej poiskati vse možne izvore vibracij (poškodbe ležajev, gibajoči deli črpalk, neustrezne zračnosti ...) in izračunati njihove frekvence. S temi podatki je potem mogoče iskati zvezo med obliko signalov in morebitnimi nepravilnostmi na črpalkah.



Slika 14. Primerjava spektrov



Slika 15. Primerjava časovnih signalov pospeškov

## ■ 4 Zaključek

Analiza vibracij je metoda, ki se običajno uporablja za nadzor stanja rotirajočih strojev in njihovih, pretežno mehanskih gradnikov. Metoda pa je lahko zelo uporabna tudi na področju hidravličnih naprav, kjer se razen spreminjanja obratovalnih stanj (tlaki, pretoki) pojavljajo številni drugi pojavi, ki so posledica spreminjanja snovnih lastnosti uporabljane hidravlične tekočine. Metoda tako ne samo omogoča le nek splošen nadzor stanja komponent pogonskega sklopa hidravličnega agregata, omogoča namreč tudi odkrivanje in diagnozo porajajočih se napak.

### Literatura

- [1] ISO/7919: Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurement on rotating shafts and evaluation criteria
- [2] Langen, H. J.: Einsatz der Körperschallmeßmethode zur Schadenfrühdagnose an hydraulischen Verdrängereinheiten, Dissertation, RWTH Aachen, 1986
- [3] Schwarz, T.: Schallanalyse zur Diagnose von Schäden an Hydraulikpumpen, Dissertation, RWTH Aachen, 1990
- [4] N.N.: Early Warning Hydraulic Pump Diagnostic System for Predicting and Preventing Pump Failures, University of Illinois at Urbana-Champaign, <http://www.otm.uiuc.edu>
- [5] Eschmann, et al: Ball and Roller Bearings: Theory, Design & Application, John Wiley & Sons, 1985

### Vibration monitoring as a tool in preventive maintenance of hydraulic machinery

**Abstract:** Hydraulic systems are, due to their high concentration of power, compact design and flexibility, one of the most popular means of power transmission in modern industry. Because of their indispensability for the continuous operation of different machines, they often get a status of critical machinery which requires special attention of maintenance departments. Vibration monitoring of hydraulic systems, particularly of the driving train motor-coupling-pump, enables the detection of failures due to the mounting or operation (imbalance, bent shaft, misalignment, thermal growth, loose connections, damaged components, internal damage of pumps, damaged bearing ...).

*The basic principles of the practical application of vibration monitoring within the scope of preventive maintenance of hydraulic systems are presented in the work.*

**Keywords:** Hydraulic systems, vibration monitoring, preventive maintenance

## Vaša sigurna pot do tržišča v Srbiji



Promovišite svoj posao i predstavite  
Vašu kompaniju.

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

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

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

Pokličite nas:

ČASOPIS INDUSTRIJA  
Lazara Kujundžića 88,  
11030 Beograd, Srbija

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

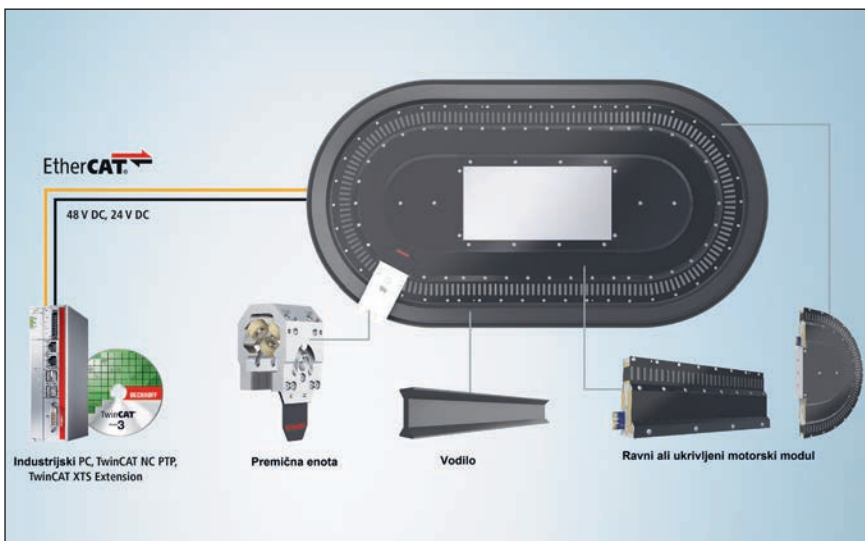
# XTS – linearni motor s krožno potjo

Simon GORŠE, Jernej TAVČAR

**Izvideček:** Novi linearni transportni sistem XTS (eXtended Transport System) podjetja Beckhoff združuje prednosti preizkušenih tehnologij vrtečih se in linearnih pogonskih sistemov ter odpravlja nekatere omejitve obeh. Gre za napreden modularni mehatronski sistem, sestavljen iz fiksnih motorskih modulov, premičnih motorskih delov, vodila in računalnika. Posamezen motorski modul je kompletno integriran skupaj s pogonsko elektroniko in merjenjem pozicije. XTS ima enega ali več pasivnih premičnih delov oziroma enot (angl. mover), ki se premikajo po vodilu z veliko dinamiko. Sistem, ki ga krmili industrijski računalnik s programom TwinCAT, ne potrebuje zapletenega ožičenja in kabelskih verig, temveč le napajalni kabel in kabel EtherCAT. Mehansko robusten dajalnik posreduje položaj premične enote motorskemu modulu.

Rešitve s sistemom XTS so primerne za različne aplikacije, kot so transport materiala, ločevanje proizvodnega toka, podajanje in združevanje izdelkov, prav tako pa lahko v isti aplikaciji sodeluje več sistemov XTS. Inovativna zgradba sistema XTS ponuja številne prednosti, predvsem večjo storilnost, manjše prostorske zahteve v aplikaciji ter manj vzdrževanja, posledično pa so manjši tudi stroški.

**Ključne besede:** XTS, transportni sistem, napredni transport, transport majhnih objektov, pasivne premične enote



Slika 1. Nov način uporabe linearnih motorjev ponuja nove možnosti pogonov

## 1 Uvod

XTS (eXtended Transport System) je pogonski sistem, ki ga je razvilo nemško podjetje Beckhoff. Novi sistem (slika 1) združuje prednosti preizkušenih tehnologij vrtečih se in linearnih pogonskih sistemov in odpravlja nekatere omejitve tako enih kot drugih.

Simon Gorše, dipl. inž., Jernej Tavčar, univ. dipl. inž., oba Beckhoff Avtomatizacija, d. o. o., Medvode

Sistem XTS ponuja mnoge možnosti za nove in inovativne rešitve na področju transporta in pozicioniranja izdelkov oziroma obdelovancev v proizvodnji.

## 2 XTS – transportni sistem nove generacije

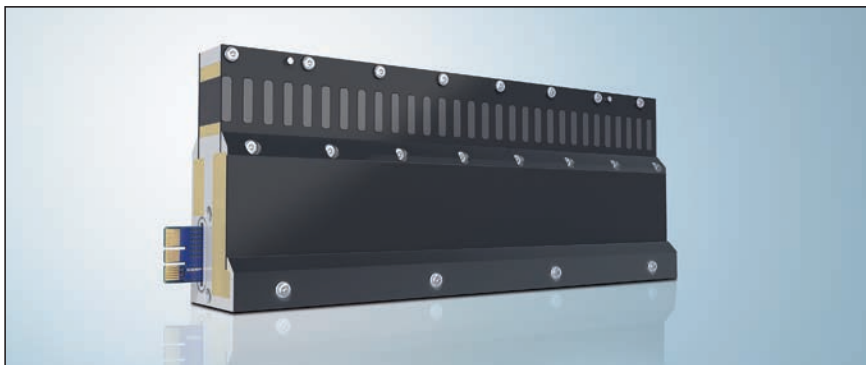
Transportni sistem XTS je napreden modularni mehatronski sistem, sestavljen iz fiksnih motorskih modulov (slika 2), premičnih motorskih delov (slika 3), vodil in računalnika. Posamezen motorski modul je po-

polnoma integriran skupaj s pogonsko elektroniko in merjenjem pozicije. Na motorske module so pritrjena vodila, ki so po obliki prilagojena za montažo nanje. Sistem je poleg tega sestavljen iz pasivnih premičnih enot (angl. mover), ki so brez kablov in se gibajo po vodilih z veliko dinamiko. Premična enota je narejena iz lahke aluminijeve zlitine, na katero so pritrjeni dve magnetni plošči, valjčki za gibanje po vodilu in t. i. enkoderska zastavica za določanje pozicije. Sistem, ki ga krmili industrijski računalnik s programom TwinCAT, ne potrebuje zapletenega ožičenja in kabelskih verig, temveč le dva kabla za vsake tri metre dolžine: napajalni kabel in kabel EtherCAT za povezavo z računalnikom.

XTS lahko uporabimo v številnih aplikacijah. Rešitev je primerna predvsem za hitro ravnanje z materialom, ko je treba:

- predmet potiskati naprej, prilagoditi razdaljo med predmeti, zmanjšati ali povečati hitrost predmetov,
- predmet vpeti in premakniti,
- predmet prenesti in odložiti ali dvigniti, obrniti, zapreti itd.

Transportni sistem XTS lahko uporabimo tudi za ureditev materiala v



**Slika 2.** Motorski modul ima vgrajeno pogonsko elektroniko in merjenje pozicije premičnih enot



**Slika 3.** Posebnost sistema XTS je tudi pasivna premična enota, ki ne potrebuje kablov

neenakomernem toku, ki ga prenese z enakomerno hitrostjo in v enakomernem razmiku na naslednjo delovno postajo. Poleg tega lahko sistem pobira izdelke in jih prenaša z ene delovne postaje na drugo.

Rešitve s sistemom XTS so primerne za različne aplikacije. Za transport materiala lahko uporabimo celotno potovanje premične enote, vključno s povratno progo in ovinki, s čimer se lahko učinkovito izkoristi razpoložljivi prostor in prihrani strojna oprema. Dolžina in izvedbe krivulj sistema so opredeljeni s številom in tipom motorskih modulov. Uporaba sistema XTS omogoča številne možnosti: premične enote pospešujejo, zavirajo, se ustavijo na

določenem mestu in se med seboj usklajujejo (sinhronizirajo). Lahko se premikajo v skupini in ustavljajo druga za drugo, med potjo tvorijo prijemalno silo, pri zaviranju pa vračajo energijo nazaj v sistem.

### ■ 2.1 Lastnosti sistema XTS

**Tabela 1.** Lastnosti sistema XTS

Lastnosti sistema	Beckhoff XTS
Maks. sila	do 100 N v mirovanju
Nazivna sila	do 30 N (pri temperaturni razliki ~30 °C med motorjem in ogrodjem)
Hitrost	4 m/s pri napajalni napetosti 48 V DC
Pospešek	> 100 m/s <sup>2</sup> (brez bremena)
Maksimalna dolžina sistema	> 10 m (odvisna od procesne moči)
Zaščita	IP 65

**Tabela 2.** Električne karakteristike

Električne karakteristike	Beckhoff XTS
Napajalna napetost	krmilna napetost 24 V DC, napajanje do 50 V DC
Poraba motornih modulov	19 W/m (komunikacija, elektronika, zaznavanje pozicije)
Razdalja med dovodnimi priključki	do 3 m (napajanje, EtherCAT), odvisna od obremenitve
Poraba posamezne premične enote	pribl. 12 W pri 4 m/s (brez bremena)
Električni/mehanski izkoristek pri 30 N	$\eta = 66\%$ pri 1 m/s, $90\%$ pri 4 m/s

## ■ 3 Osnovne funkcije XTS

### ■ 3.1 Prosto gibanje ene premične enote

Posamezen premični del se lahko prosto premika po celotni progi, tj. lahko zavira, pospešuje, se

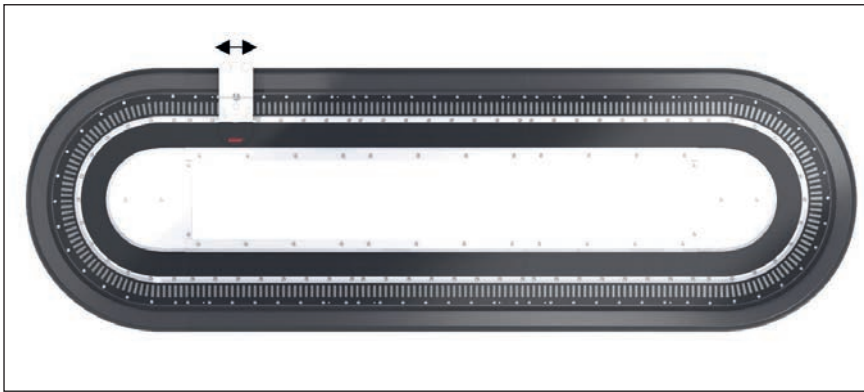
ustavi na določenem mestu ali tvori konstantno silo v mirovanju in gibanju. Tako kot linearni motor lahko premična enota izvaja poljubno gibanje, vendar pri tem ne potrebuje kablskih verig in tako ponuja največjo fleksibilnost. Pri sklenjeni krožni poti gibanje premične enote ni omejeno, zato lahko neskončno sledi toku izdelkov in ni potrebe po premikanju nazaj proti toku.

### ■ 3.2 Prosto gibanje več premičnih enot

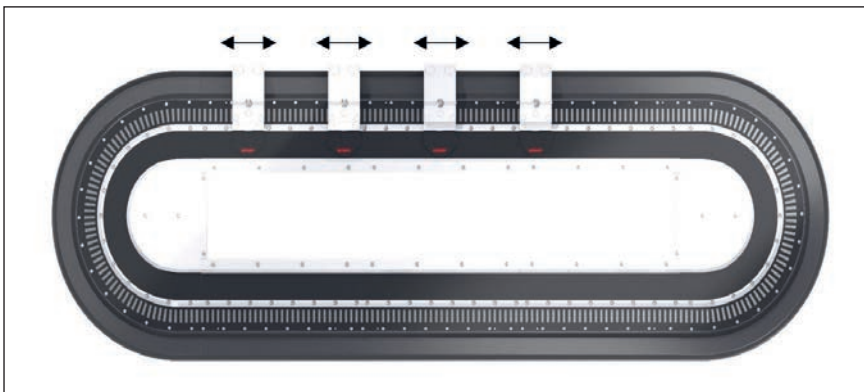
Vse premične enote se lahko premikajo neodvisno druga od druge in se ustavijo na absolutnem položaju vzdolž celotne proge (slika 4). Poleg tega se lahko pomikajo tudi relativno glede na ostale enote, s čimer se izognemo trkom.

### ■ 3.3 Sinhrono gibanje skupine premičnih enot

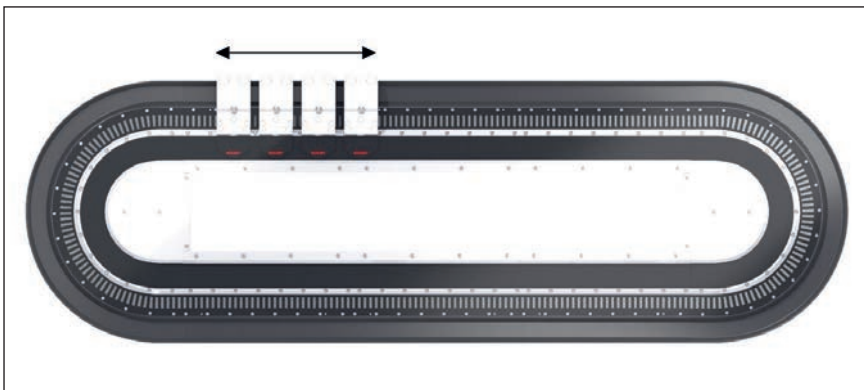
Med gibanjem lahko premične enote tvorijo eno ali več skupin, ki se sočasno ustavijo ali pa premikajo mimo delovnih postaj z določenim hitrostnim profilom (slika 5).



Slika 4. Prosto gibanje ene ali več premičnih enot



Slika 5. Sinhrono gibanje skupine premičnih enot



Slika 6. Premikanje s stalno silo

Lastnosti skupine (število enot in razdaljo med njimi) je možno dinamično spreminjati.

### ■ 3.4 Stalna sila

Premične enote sledijo druga drugi z določeno silo (slika 6). Med sledenjem tvorijo t. i. prijemalno silo, zaradi katere lahko npr. nosijo izdelek. Pri določenih aplikacijah lahko silo posamične enote omejimo, da izdelka ne obremenjujemo po nepotrebnem. Omejimo lahko tudi pospeševanje in centrifugalno silo,

kar omogoča transport tekočin v odprtih posodah.

### ■ 4 Tipični primeri uporabe

Če je v klasičnih mehanskih in montažnih sistemih potrebno veliko strojnega inženiringa, je pri sistemu XTS poudarek na programskih rešitvah, kar ponuja večjo fleksibilnost strojev in obratov.

Premične enote lahko pobirajo in prenašajo izdelke, prilagodijo raz-

daljo med njimi ter spreminjajo hitrost njihovega gibanja. Enote lahko celo sodelujejo druga z drugo in predmet oz. izdelek vpnejo z določeno silo in ga na ta način premikajo. Dodatne gibe omogoča montaža dodatnih manipulatorjev, npr. kombinacija dveh premičnih enot lahko ustvari rotacijsko silo, ki porine izdelek v stran ali pa odvijne pokrov.

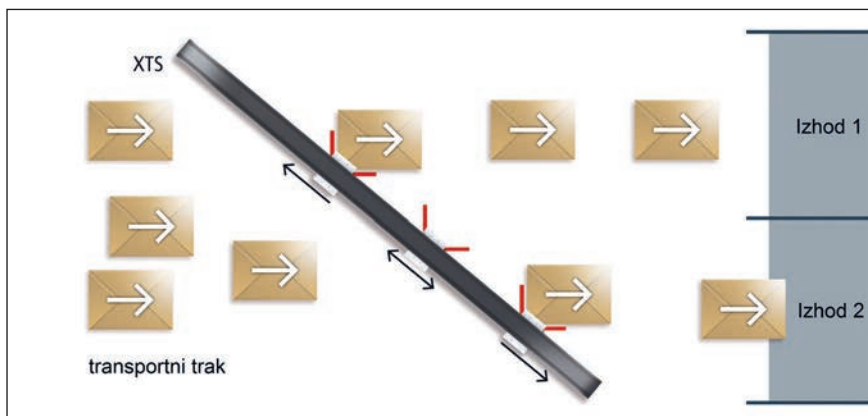
Veliko mehanskih funkcij je zamenjala programska rešitev, kar ponuja mnoge prednosti, kot so na primer nižji stroški, enostavnejša menjava izdelka na proizvodni liniji ter prilagoditve procesa. Ena od prednosti za uporabnika so tudi kratki odzivni časi, npr. pri napaki podajalnika na vhodu proizvodne linije, saj lahko programska oprema v tem primeru avtomatsko ali ročno preusmeri proizvodni tok. Zaradi izjemne funkcionalnosti in stroškovne učinkovitosti sistema XTS lahko sedaj vpeljemo postopke dela, ki so bili morda v preteklosti predragi in/ali preveč zahtevni.

V nadaljevanju je predstavljenih šest tipičnih primerov uporabe sistema XTS, ki kažejo, kako lahko omenjene prednosti izkoristimo v proizvodnji.

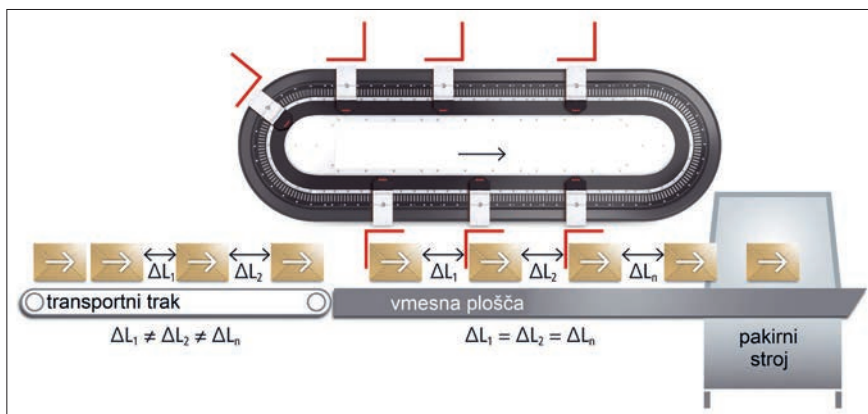
### ■ 4.1 Ločevanje proizvodnega toka

Sistem XTS lahko opravlja nalogo sortirnika, ki ločuje tok manjših škatel (slika 7). XTS je postavljen pokončno, diagonalno nad transportnim trakom. Na osnovi informacij iz sistema za prepoznavanje izdelkov se premična enota pomakne proti bližajoči se škatli in jo s pomočjo prijemala pomakne navzgor ali navzdol po transportnem traku. Ko je škatla na zeleni poziciji, prijemalo popusti, škatla pa nadaljuje pot po transportnem traku v smeri določenega izhoda.

Ta enostavna, a hkrati izredno učinkovita funkcija sistema XTS omogoča bistveno večjo fleksibilnost v primerjavi s klasičnimi mehanskimi sistemi, saj programska oprema



**Slika 7.** Primer ločevanja proizvodnega toka: XTS skrbi za ločevanje vhodnega toka izdelkov v dva izhodna tokova



**Slika 8.** XTS prilagaja razdaljo med izdelki

omogoča prosto razvrščanje škatel med dvema izhodoma ali po določenem vzorcu/zaporedju, pa tudi nastavitve želene razdalje med škatlami. Funkcija ne zahteva menjave mehanskih komponent ali orodij, kar zagotavlja bistveno boljše razpoložljivost stroja, rešitev pa je tudi izredno hitra – v obstoječi aplikaciji se transportni trak giblje s hitrostmi do 3,5 m/s, kar za XTS ne predstavlja nikakršne težave. Poleg tega se lahko krmilna elektronika zelo hitro prilagodi morebitnim spremembam hitrosti, npr. ob zagonu stroja, kar pomeni, da je XTS vedno popolnoma usklajen s transportnim trakom.

#### ■ 4.2 Podajalnik z nastavitvijo razmaka

Zasnova s sistemom XTS je lahko idealna rešitev za usklajevanje neenakomernega toka izdelkov za nadaljnjo obdelavo – v našem primeru pakiranje manjših škatel (slika 8). Veliko sistemov, kot so na primer stroji za pakiranje v pretisne omote ali sestav-

ljanje izdelkov, ni mogoče poljubno ustavljati in zaganjati, zato potrebujejo točno definirano ter enakomerno razdaljo med izdelki. Za delovanje take aplikacije mora biti vhodni tok izdelkov usklajen z zmogljivostjo obdelovalnih naprav. Premični del sistema XTS z nameščenim potiskačem ali prijemalom premakne škatlo s transportnega traku na vmesno območje in ustrezno prilagodi hitrost tako, da



**Slika 9.** Krožni sistem XTS je idealen za sistem polnjenja steklenic, kjer se posamično obdeluje neprekinjen tok izdelkov

razdalja med trenutno in sosednjo škatlo ustreza nastavljeni razdalji.

Čeprav se zastavljena naloga s sistemom XTS sliši dokaj enostavna, je bila v preteklosti taka aplikacija zelo težko izvedljiva in ni bila vedno ekonomsko upravičena. V klasičnih sistemih se škatle najprej nabirajo pred pregrado, transportni trak pa se premika (in drsi) pod mirujočimi škatlami. V pravem trenutku se pregrada odpre za toliko časa, da spusti mimo eno škatlo. Tipičen primer takega sistema je transport steklenic v pivovarni.

Pri bolj občutljivih izdelkih, kot so kartonske škatle s težko vsebino, pa se lahko ti med transportom poškodujejo. Problem so tudi lepljivi izdelki, ki se lahko zaradi premočnega trenja transportnega traku sprimejo skupaj. Za občutljive izdelke se običajno uporabita dva transportna trakova, pri čemer se drugi trak premika hitreje. Razdalja se tako prilagaja mehansko z dolžino traku. To zahteva kompliciran dodatni vmesni trak, ki ga je težko čistiti. Rešitev s sistemom XTS je veliko bolj enostavna in cenejša.

#### ■ 4.3 Krožni sistem za asinhroni transport s sinhronim dovajanjem izdelkov

Linija za polnjenje pijač je odlični primer aplikacije z XTS za asinhroni transport s sinhronim dovodom izdelkov (slika 9). Ker so premični deli neodvisni, lahko neprekinjeno

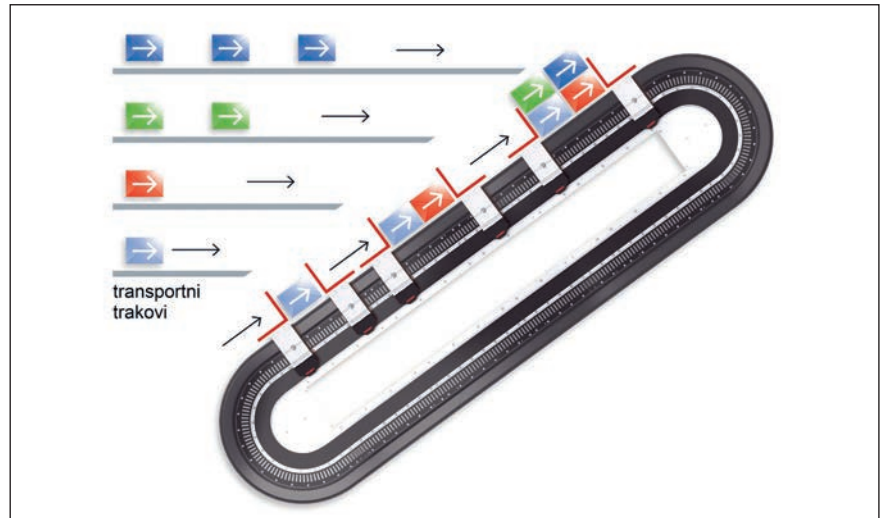
prijemajo steklenice, ki prihajajo v enakomernem intervalu, ter jih čim hitreje premaknejo do polnilne postaje, kjer se steklenice zadržijo dlje. Flexibilnost sistema XTS omogoča več istočasnih počasnih operacij, npr. več polnilnih postaj z neprekinjeno oskrbo steklenic. Tako lahko polnilna linija obratuje bolj učinkovito.

Brez sistema XTS bi bil tak način transporta zahteven in drag. V najslabšem primeru je potrebno pri klasičnem sistemu ustaviti celoten tok izdelkov, kar pomeni da je hitrost celotne linije enaka hitrosti najpočasnejše enote. Medtem pa ostale postaje stojijo, kar pomeni njihov slabši izkoristek.

#### ■ 4.4 Združevanje izdelkov v skupine

Prednosti sistema XTS pridejo najbolj do izraza pri sistemih, ki zahtevajo združevanje izdelkov (slika 10). Škatle različnih barv se na štirih transportnih trakovih premikajo proti XTS-u. Dve premični enoti primeta po en izdelek iz vsake skupine in ga odpeljeta na naslednjo postajo (npr. pakiranje). pri čemer se lahko določi tudi razdalja med posameznimi skupinami izdelkov.

V tej aplikaciji še posebej izstopajo



**Slika 10.** V primeru na sliki je naloga sistema XTS združevanje izdelkov, ki prihajajo po več transportnih trakovih, v naprej določene skupine in njihov premik do naslednje postaje

prednosti programskih rešitev namesto mehanskih. Definiranje novih skupin izdelkov je zelo enostavno: če želimo spremeniti količino določenih izdelkov, moramo spremeniti le vrstni red ukazov za par premičnih enot. Prav tako lahko enostavno spremenimo število izdelkov v skupini. V primeru odpovedi enega od transportnih trakov se lahko v programu določi, da se izdelki pobirajo z drugih trakov.

#### ■ 4.5 Sodelovanje dveh sistemov XTS

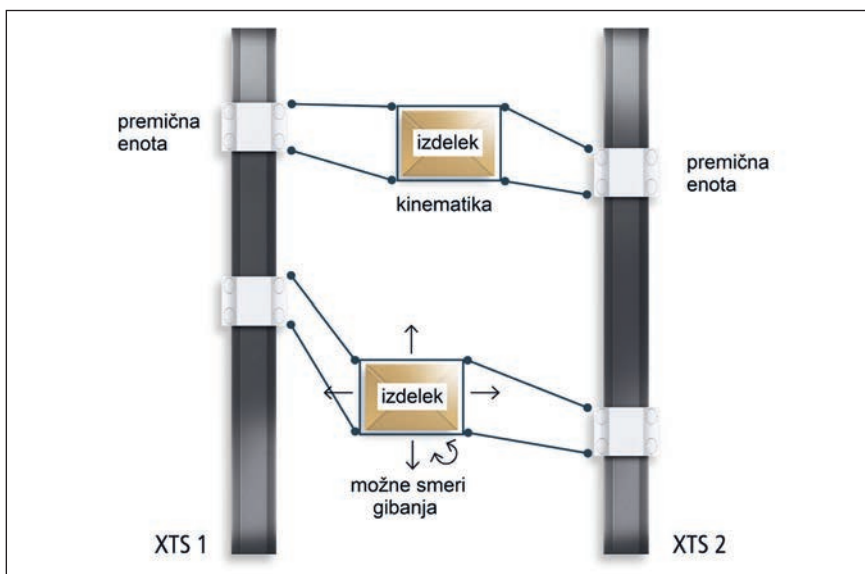
Prednosti večjega števila neodvisnih premičnih enot se kažejo tudi v apli-

kacijah, kjer je XTS uporabljen kot t. i. gantry sistem z dvema ločenima progama (slika 11). Dve premični enoti lahko sinhroniziramo ne samo znotraj enega sistema XTS, temveč tudi med dvema XTS-oma, ki sta v našem primeru nameščena vzporedno. V kombinaciji z ustreznimi kinematičnimi komponentami (npr. ročice na tečajih) ta sistem omogoča dodatne načine transporta izdelkov poleg ravne proge. Te možnosti so dobrodošle, če so potrebni premiki po robu izdelka ali krožni premiki, kot je npr. privijanje pokrovčka.

Še en zanimiv primer uporabe je prepljenje škatel. S sistemom XTS premične enote z ročicami prenesejo škatlo pod šobo z lepilom in jo nato natančno vodijo pod curkom lepila. Šoba, ki je običajno težka, tako ne potrebuje več dragega robota, ki bi jo premikal nad škatlo, ampak je fiksna, medtem ko so izdelki tisti, ki potujejo po transportnem sistemu.

#### ■ 4.6 Sortiranje glede na definirane in spremenljive vzorce

Na spodnji sliki prikazan demo sistem XTS, ki sortira žogice po barvi, je kombinacija krožnega vodoravnega sistema, na katerem so razporejene žogice, ter dveh vertikalnih sistemov XTS, ki žogice pobirajo, jih zlagajo v vrsto in odlagajo po določenem sistemu (slika 12).



**Slika 11.** Z uporabo dveh sinhroniziranih premičnih enot, nameščenih vzporedno, ter enostavnih kinematskih komponent lahko izdelke vodimo po predhodno programirani poti





**Slika 12.** Kombinacija horizontalnega sistema XTS in vertikalnih sistemov – na sliki je prikazan demo sistem s sejma IFAM 2015 – je odličen način za izločanje določenih elementov iz proizvodnega toka in njihovo razvrščanje glede na izbrane kriterije

To je učinkovita metoda za izločanje neustreznih izdelkov iz proizvodnega toka ali – kot je to prikazano na demo sistemu – za ločevanje izdelkov glede na določene lastnosti. Tudi tu vidimo očitne prednosti v primerjavi s klasičnimi mehanskimi sistemi s programsko opremo, saj lahko proces zelo hitro prilagodimo novim parametrom sortiranja oz. izločanja.

## ■ 5 Zaključek

Predstavljeni sistem XTS nudi veliko prednosti v mnogih aplikacijah:

- večja hitrost in posledično storilnost,
- prihranek pri prostoru,
- manj vzdrževanja,
- manjša poraba energije,
- tišje delovanje.

Ker je XTS zasnovan na PC-krmilni tehnologiji in je posledično velik del funkcij implementiran kot programska rešitev, je velika prednost tudi hitro in enostavno prilagajanje aplikacije trenutnim zahtevam, brez prekinitev in mehanskih sprememb.

## Viri

- [1] Prübmeier, U.: The dynamic linear motor that drives in a circle, PC Control 02 (2012), str. 24–31.
- [2] Software replaces mechanical components while adding functionality and flexibility, PC Control 02 (2014), str. 10–13.

### XTS – Linear motor with a circular path

**Abstract:** The new eXtended Transport System (XTS) by Beckhoff combines the advantages of two well-known drive principles, linear and rotary, in a single system, compensating for certain downsides of both. The XTS is a modular mechatronic system comprising a fixed motor module, movable carrier modules, a mechanical guide rail, and a computer. Each motor module is fully integrated with power electronics and position measurement. The XTS may have one or more movable carrier units called movers that can be moved highly dynamically on the guide rail. The system, controlled by means of Industrial PC with TwinCAT control software, does not require any complex wiring or cable chains but merely power supply and an EtherCAT cable. A mechanically robust encoder flag conveys the mover position to the motor module.

The solutions based on the XTS can be used in a variety of applications, such as transport of material, distribution of production stream, conveying and grouping products, whereby an application may even combine several XTS systems. The innovative design of the XTS offers many advantages, in particular increased productivity, reduced space requirements, less maintenance and in turn lower expenses.

**Keywords:** XTS, transport system, advanced transport system, small object transport, passive moving units (movers)

# Pregledovanje vozil za prevoz nevarnega blaga

Joaquín LÓPEZ LÓPEZ, Domen SENICA, Andrej GLIŠIČ, Zoran GLIŠIČ, David KOLAR, Rok GERMŠEK, Andrej LEŠNJAK

**Izvleček:** Članek opisuje zahteve za pregled vozil za prevoz nevarnega blaga v skladu z veljavno zakonodajo in zahtevami mednarodnega sporazuma o prevozu nevarnega blaga – ADR [1]. Posebej se osredotoča na prevoz nevarnega blaga (fluidov) v cisternah, kot jih ADR opredeljuje v poglavju 6.8, ter prikazuje najpogostejše pomanjkljivosti, ki se odkrijejo pri pregledih.

**Ključne besede:** prevoz nevarnega blaga, ADR, cisterne, periodični pregledi

## ■ 1 Uvod

Prevoz nevarnega blaga po cestah, železnicah, zraku in vodi (morja in reke) je v svetu močno reguliran. Ne samo, da gre za prevoz znotraj posamezne države; nevarno blago namreč velikokrat prečka meje držav. Iz tega razloga so v okviru Združenih narodov nastali sporazumi, ki urejajo prevoz tovrstnega blaga.

V naši državi je ta prevoz krovno urejen z Zakonom o prevozu nevarnega blaga [2]. Ta se v odvisnosti od vrste transporta sklicuje na omenjene mednarodne sporazume. V cestnem prometu je to Evropski sporazum o mednarodnem prevozu nevarnih snovi po cestah oz. t. i. ADR.

**Nevarno blago** so snovi, materiali in predmeti, ki so razvrščeni po razredih na: eksplozivne snovi, pline, vnetljive tekočine, vnetljive trdne snovi, samovnetljive snovi, snovi, ki v stiku z vodo sproščajo vnetljive

pline, perokside, organske perokside, strupe, kužne snovi, radioaktivne snovi, jedke snovi in drugo. Nevarno blago so tudi odpadki, pripravki in jedrski material, če izpolnjujejo pogoje za uvrstitev med nevarno blago.

**Embalaža** je vsaka embalažna enota za polnjenje z nevarnim blagom (sodi, vreče, ročke, mešana in sestavljena embalaža, vsebniki IBC, cisterne, zabojniki ali druge embalažne enote).

Zakonodaja zahteva, da je nevarno blago pakirano skladno z mednarodnimi pravili in da se v skladu z njimi tudi prevaža. Ta pravila jasno postavljajo zahteve za izdelavo embalaže, določajo način uporabe in označevanje, zahteve za stalno kontrolo in transport. Pomembno je, da se vsi sodelujoči zavedajo nevarnosti, ki pretijo pri prevozu nevarnega blaga, in da so storjeni vsi ukrepi, s katerimi se zagotavlja varnost ljudi, živali in okolja.

Periodični pregledi so vitalnega pomena, da cisterne, na katerih je poudarek v tem članku, izpolnjujejo predpisane zahteve v celotni življenjski dobi. Čeprav je na prvem mestu, da lastnik kot dober gospodar skrbi za ustrezno stanje vozila in njegove opreme, pa je mehanizem kontrole pooblaščenega kontrol-

nega organa vitalnega pomena za ohranjanje zaupanja v stanje embalaže za prevoz nevarnega blaga.

ADR natančno določa način pregledovanja in roke v odvisnosti od vrste cistern. V osnovi predvideva pregled cistern pred prvo uporabo (začetni ali prvi pregled), zatem pa periodično vmesne in redne preglede. Izredni pregledi pa se vedno opravljajo po izrednih dogodkih.

Ta članek se osredotoča na redne in vmesne preglede, ki so obveznost uporabnika/lastnika cistern.

## ■ 2 Periodični pregledi cistern

### ■ 2.1 Redni pregled

Opis zahtev za redne preglede, kot jih navaja ADR6.8.2.4.2, bolj podrobno pa jih opisuje SIST EN 12972 [3], se nanaša na sledeči skupini:

- pritrjene cisterne (vozila cisterne), zamenljive cisterne in baterijska vozila,
- cisterne zabojnike, zamenljiva telesa cisterne in MEGC.

Predpisani rok za preglede prve skupine je šest (6) let, za drugo skupino pa pet (5) let. Pregled mora vključevati vsaj sledeče aktivnosti:

- pregled dokumentacije in identifikacije posode,

Joaquín López López, univ. dipl. fiz., Domen Senica, univ. dipl. inž., Andrej Glišič, univ. dipl. biol., Zoran Glišič, univ. dipl. inž., mag. David Kolar, univ. dipl. inž., Rok Germšek, inž., dr. Andrej Lešnjak, univ. dipl. inž., vsi Q Techna d. o. o., Ljubljana

- zunanji pregled,
- notranji pregled,
- preskus tesnosti cisterne in njene opreme,
- kontrolo brezhibnosti delovna vse opreme,
- preskus s hidravličnim tlakom,
- kontrolo šasije oz. podvozja cisterne.

Pred začetkom pregledov mora biti posoda očiščena – tako znotraj kot zunaj. To je pomembno tako za vse vizualne preglede kot tudi za tesnostne in tlačne.

### ■ 2.1.1 Pregled dokumentacije in identifikacija cisterne

Pred začetkom pregleda je potrebno preveriti, ali je na voljo vsa potrebna tehnična dokumentacija, in jo v ustreznem obsegu preučiti. V ta okvir sodi:

- certifikat o prvem pregledu, če gre za prvi periodični pregled,
- certifikat o zadnjem rednem pregledu,
- certifikat o zadnjem vmesnem pregledu, če še ni bilo rednega pregleda,
- dokumentacija o cisterni.

Na osnovi teh dokumentov je potrebno preveriti skladnost dokumentacije in cisterne, vključno z vsemi podatki, navedenimi na napisni tablici.

Preveriti je potrebno osnovne dimenzije in geometrijo. Vse dimenzije se morajo skladati z risbo posode. Identificirati je potrebno tudi oznake o vrsti vgrajenega materiala.

Veliko pozornost je potrebno nameniti morebitnim popravilom. Če je do tega prišlo, mora biti na voljo vsa potrebna dokumentacija o vrsti in tehnologiji popravila ter postopku preverjanja skladnosti. Popravila, ki niso bila izvedena na kontrolirano, so zelo problematična, saj lahko na cisterni povzročijo veliko škodo.

### ■ 2.1.2 Zunanji pregled

Zunanji pregled nam da prve in zelo pomembne informacije o cisterni in

njenem stanju. Pri tem se osredotočamo na stanje materiala, geometrijo, morebitne poškodbe in popravila.

Na začetku po potrebi odstranimo prevleko za izolacijo obloge, vendar zgolj v minimalno potrebnem obsegu.

Zatem je potrebno pregledati:

- stanje površine cisterne,
- geometrijo cisterne,
- obloge, prevleke, antikorozijsko zaščito in izolacijo,
- pritrnitev cisterne na podvozje,
- oznake.

Večina pregledov je vizualnih, pri čemer si je potrebno pomagati z ustrežno dokumentacijo. Po potrebi se naredijo meritve ozemljitvenega priključka.

Najpogostejše odkrite nepravilnosti so posledica mehanskih poškodb, in sicer gre za poškodbe/plastično deformacijo na plašču in podnici ter za poškodbe izolacije. Primer je viden na *sliki 1*.

### ■ 2.1.3 Notranji pregled

Cilj notranjega pregleda je preveritev stanja notranje površine cisterne. Še posebej se posvetimo naslednjim detajlom:

- koroziji,
- razpokam,
- napakam v zvarnih spojih,
- stanju morebitnih zaščitnih oblog.

Vizualni pregled izvedemo tako, da vstopimo v cisterno. Če konstrukcija to onemogoča, je potrebno ta pregled opraviti indirektno – z daljinsko vodeno optično opremo. Ta način mora omogočati odkrivanje istih nepravilnosti kot direktni pregled.

Cisterne so pri uporabi podvržene različnim medijem, ki lahko poško-



**Slika 1.** Plastična deformacija na dnu cisterne

dujejo njeno površino. Z merjenjem je potrebno ugotoviti, če je debelina stene še vedno večja od minimalno predpisane, ki je podana v dokumentaciji oz. na tablici posode. Pri merjenju je potrebno posvetiti posebno pozornost kritičnim mestom, ki so praviloma na spodnjem delu posode, ok. 30° od najnižjega dela.

Če obstaja sum, da so lahko v zvarih ali na osnovnem materialu, je potrebno uporabiti ustrezne metode neporušitvene kontrole, kot so: kontrola s penetranti ali magnetnimi delci oz. ultrazvočna in radiografska kontrola.

Pri notranjem pregledu naletimo na vrsto tipičnih poškodb, ki so posledica različnih dejavnikov. Razpoke na valobranih nastanejo v večini zaradi napačne uporabe cisterne, lahko pa je tudi konstrukcijska napaka. Za pojav jamičaste ali pitting korozije (*slika 2*) je lahko vzrok v tem, da material cisterne ni primeren za medije, ki se prevažajo, da cisterna ni bila pravilno čiščena itd. Poškodbe tesnil na pokrovih (*slika 3*) so lahko povezane z vrsto tesnila ali medija, iztrošenostjo ali pa tudi z neprimernim rokovanjem.

Pri pregledih opažamo, da imajo že nekatere nove cisterne minimalno dovoljeno debelino plašča, včasih pa tudi nižjo od dovoljene.



Slika 2. Jamičasta ali pitting korozija na plašču cisterne



Slika 3. Poškodba tesnila na pokrovu cisterne

#### ■ 2.1.4 Preskus s hidravličnim tlakom – tlačni/trdnostni preskus

Preskus s hidravličnim tlakom nam da osnovno informacijo o integriteti cisterne in pripadajoče opreme. Kot že samo ime pove, ga opravljamo s tekočino, samo izjemoma s plinom, vendar z upoštevanjem vrste dodatnih varnostnih pogojev.

Preskusni medij mora biti izbran tako, da ne poškoduje materiala posode oz. armatur in hkrati tudi kompatibilen z mediji, ki se prevajajo v cisternah. Preskusni medij ne sme biti vnetljiv ali strupen. Če preskušamo s tekočino, mora biti prostor napolnjen do minimalno 99 % volumna.

Preskus z vodo je potrebno opraviti pri temperaturah, višjih od 7 °C. V

nasprotnem primeru je potrebno zagotoviti način, ki preprečuje zmrzovanje, npr. z dodajanjem aditivov. Tako je treba biti pozoren, da se ne pojavi nevarnost krhkega loma.

Celotno posodo najprej preskusimo s tlakom, ki je naveden kot preskusni tlak na posodi. Pri večpreklatnih posodah preskusimo še vsak prekat posebej, pri čemer morajo biti med preskušanjem drugi prekati prazni in brez tlaka. Preskusni tlak posameznega prekata je 1,3-kratnik delovnega tlaka. V preskušanje morata biti zajeti vsa oprema in armatura z izjemo varnostne opreme. Tlak vedno merimo na najvišji točki cisterne.

Čas preskušanja – držanja na tlaku – je minimalno 15 minut pri neizoliranih in 30 minut pri izoliranih cisternah. Pogoji za uspešen preskus so:

- ni puščanja,
- ni trajne deformacije cisterne,
- ni padca tlaka – v praksi to pomeni, da ni višji od 0,01 bar/min.

Pri tlačnem preskusu se lahko pokažejo napake, ki so posledica dolgotrajne uporabe, korozije ali mehanskih poškodb. Ena od teh – odtrgano uho na pokrovu – kot posledica korozije je prikazana na sliki 4.

#### ■ 2.1.5 Preskus tesnosti cisterne in njene opreme

Zahteve za tesnostni preskus so podobne kot za hidravlični preskus, pri čemer je največja razlika v preskusnem tlaku.

Tlak preskušanja je odvisen od vrste posode in je načeloma enak delovnemu tlaku cisterne. V primeru uporabe plina kot preskusnega medija mora biti vsaj 25 % delovnega tlaka oz. minimalno 0,2 bar. Sistem preskušanja mora biti opremljen z varnostno opremo proti prekoračitvi tlaka, ki je nastavljena na 105 % preskusnega tlaka.

Vsak prostor mora biti vsaj 15 min pod tlakom (v primeru da gre za cisterno brez izolacije, sicer 30 min). Pri uporabi plinastega medija si pri evalvaciji pomagamo z milnico, pri čemer ne sme biti nobenih indikacij puščanja. Pri preskušanju s tekočino je kriterij padec tlaka, ki mora biti skladen z zahtevami SIST EN 12266, vrednost A.



Slika 4. Odtrgano uho na pokrovu pri tlačnem preskusu

V primeru, da smo izvedli hidravlični preskus, tesnostnega preskusa ne opravljamo ločeno.

### ■ 2.1.6 Pregled opreme cisterne

V ta okvir spada preverjanje delovanja armatur, nastavitve varnostnega ventila, stanja razpočnih diskov, delovanja oddušnega ventila, pregleda se stanje prirobnic in tesnil, fleksibilnih cevi ipd.

Največkrat se srečamo s poškodbami in nedelovanjem zapornih ventilov. Vzroki so različni – od nevestne uporabe do obrabe opreme.

### ■ 2.1.7 Kontrola šasije oz. podvozja cisterne

To je eno od področij, kjer so večkrat opazne pomanjkljivosti, ki se nanašajo na podpore in ojačitve cisterne, na pritrditve na šasijo oz. podvozje oz. morebitne zaščitne elemente. Vse naštete elemente je potrebno vizualno pregledati, preveriti zvarne spoje in vijačne zveze. Za preverjanje stanja konstrukcije je potrebno po potrebi odstraniti del antikorozijske zaščite.

Najpogostejše nepravilnosti pri tem pregledu so: plastične deformacije podvozja ter popuščeni in poškodovani pritrtilni vijaki med cisterno in šasijo. Te poškodbe so posledica mehanskih udarcev ali/in korozije. Primer poškodovanih vijakov je prikazan na *sliki 5*.

### ■ 2.2 Vmesni pregled

To je prvi pregled, ki ga je potrebno opraviti po začetku uporabe cisterne in je manj obsežen od rednega pregleda, ki sledi kasneje.



Slika 5. Poškodovani vijaki za pritrnitev cisterne na podvozje

Zahteve za pregled so podane v ADR 6.8.2.4.3.

Pri vmesnem pregledu se izvede samo del aktivnosti oz. pregledov, kot se zahtevajo pri rednem pregledu. Tako je potrebno opraviti:

- pregled dokumentacije in identifikacijo posode,
- zunanji pregled,
- preskus tesnosti cisterne in njene opreme,
- kontrolo brezhibnosti delovanja vse opreme,
- kontrolo šasije oz. podvozja cisterne.

Pri vmesnem pregledu se ne izvede notranjega pregleda cisterne kot tudi ne tlačnega/hidravličnega preskusa.

Na napisni tablici cisterne se po uspešno opravljenem pregledu označijo mesec in leto pregleda ter žig pooblaščenca, ki je opravil pregled.

Rezultati pregleda morajo biti dokumentirani s certifikatom oz. potrdilom, ki ga izda pooblaščenec za ADR.

### ■ 3 Zaključek

Dobro vzdrževanje cistern je zelo pomembno za varen transport nevarnih snovi. Zelo pomembno vlogo pri tem imajo izvajalci periodičnih pregledov – t. i. izvedenci ADR. Tega se najbolj zavemo, ko pride do nezaželenih izpustov, ki pa so na srečo v zadnjem času dokaj redki.

### LITERATURA

- [1] Evropski sporazum o mednarodnem prevozu nevarnih snovi po cesti (*European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*) – ADR.
- [2] Zakon o prevozu nevarnega blaga (Uradni list RS, št. 33/06 – uradno prečiščeno besedilo, 41/09, 97/10 in 56/15).
- [3] SIST EN 12972:2015 Cisterne za prevoz nevarnega blaga – Prekušanje, pregled in označevanje kovinskih cistern.

## Inspection of vehicles for the transport of dangerous goods

**Abstract:** Inspections of vehicles for the transport of dangerous goods according to the requirements of the European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road – ADR [1] are presented in this article. The main focus of the article is on the tanks for the transport of dangerous goods, periodic inspections and the most common deficiencies.

**Keywords:** Transport of dangerous goods, ADR, Tanks, Periodic inspections

# Ljudska sodba na TV– Kdo odloča o sestrelitvi potniškega letala

Aleksander ČIČEROV

**Izvleček:** Zračni terorizem ogroža življenja letalskih potnikov, letalskih posadk, povzroča škodo na tleh in med civilnim prebivalstvom, na infrastrukturi in okolju. Kako ga omejiti in kakšne prepovedi pozna mednarodno letalsko pravo? Je sestrelitev civilnega letala med letom edina rešitev?

**Ključne besede:** sestrelitev letala med letom, izvršitev povelja, mednarodno letalsko pravo, nacionalna zakonodaja

## ■ 1 Uvod

Ste se kdaj vprašali, kdo lahko sestreliti potniško letalo, v katerem pravkar letite? Kaj imajo napad na trgovinska dvojčka, sestrelitev letala nad ozemljem Sovjetske zveze, padec letala Inex Adria na praškem letališču in drama Teror avtorja Ferdinanda von Schiracha skupnega? Nič, terorizem ali še kaj drugega? Moralna dilema, ki jo odpira drama Teror, je grozljiva. Pilot vojaškega letala se mora odločiti, ali naj sestreliti ugrabljeno potniško letalo s 164 potniki in člani posadke, ki so ga teroristi usmerili v Münchenski stadion Allianz Arena, na katerem je 70.000 gledalcev nogometne tekme. V vsakem od teh primerov imamo letalske potnike in posadko, ki se smrtni obsodbi ne morejo upreti oz. se braniti pred tako grožnjo.

## ■ 2 Pogostost sestrelitve civilnega letala v letu

Spletne strani nam pokažejo, da je sestrelitev civilnih letal med letom zelo veliko. Kar milijon in 400 tisoč enot najdemo na spletu. Analiza teh primerov pokaže nekatere vzroke

za taka dejanja:

- **odstranitev politične osebnosti** (Kwellin incident, 24. avgust 1938 – prvi primer uničenja civilnega letala; ta in vsi naslednji primeri so povzeti po [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_ airliner\\_shoot-down\\_incidents](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ airliner_shoot-down_incidents), <29.1.2017>),
- **prestrezanje tujega letala** (14. junij 1940 – Kaleva OH-ALL),
- **materialne koristi** (KNILM PK-AFV, 3. marec 1942, prevoz diamantov v vrednosti 7–13 milijonov funtov),
- **sovražnosti med vojno** (BOAC Flight 777, 1. junij 1943, med potniki angleški igralec Leslie Howard),
- **vstop v tuji zračni prostor** (El Al Flight 402, 27. julij 1955),
- **kombinacija slabega vremena in odpovedi instrumentov** (Libyan Arab Airlines Flight 114, 2. februar 1973),
- **vstop v sovjetski zračni prostor in nekomuniciranje z ruskimi oblastmi** (20. april 1978),
- **dejanje odporniškega gibanja** (3. september 1978, Air Rhodesia Flight 827, uporaba rakete Strela 2),
- **sprememba smeri leta** (1. september 1983, KAL007),
- **neznana projektil in storilec** (Zi-

nex Aviation Lockheed L-100, 14. oktober 1987),

- **zamenjava za sovražno letalo** (Iran Air Flight 655, 3. julij 1988).

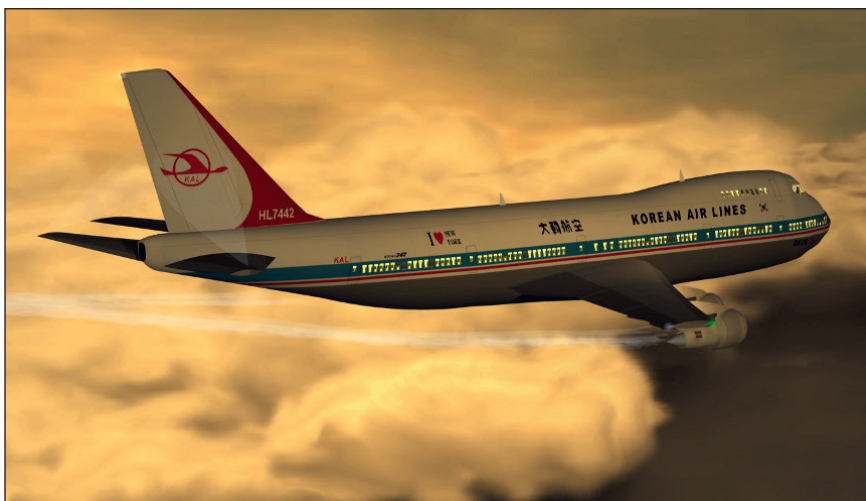
Navedli smo samo vzroke za sestrelitev civilnih letal v letu ali pred pristankom oziroma po njem. Za vsak tak vzrok pa je v navedenem viru več primerov. Ozrmo se torej po pravilu mednarodnega prava, ki se nanaša na prepoved uporabe sile (orožja) zoper civilna letala v letu.

## ■ 3 Zakaj je nastal 3. bis člen Čikaške konvencije?

Pojdimo kar v srčiko stvari/problema, *in medias res*, kot radi pravijo pravniki. Sestrelitev civilnega letala v letu je primer zračnega terorizma.<sup>1</sup> V problem so vpleteni ICAO s svojimi pravili (konvencije, resolucije, aneksi in podobno), druge mednarodne organizacije (Organizacija združenih narodov), IATA – združenje letalskih prevoznikov, Evropska unija, EASA, nacionalne zakonodaje itd. Ker nas zanima predvsem pravna podlaga za sestrelitev civilnega letala v letu, si pogledjmo najprej mednarodna pravila/zakonodajo.

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. prav., UL, Fakulteta za strojništvo – uredništvo revije Ventil

- 1 Glej naš prispevek: Aleksander Čičerov, Sestrelitev civilnega letala v letu in zračni terorizem, Ventil, junij 16/2010/3, str. 280–283., isti avtor; Žrtvovanje ni dovoljeno, Delo, komentar, 6. 3. 2006. O nacionalni zakonodaji bomo spregovorili na ustreznem mestu.
- 2 Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu, zbral, uredil in posodobil mag. Aleksander Čičerov, izdala Fakulteta za strojništvo UL, Ljubljana 2011, 3. bis člen, str. 13. Slovenija je z uredbo Vlade RS ratificirala Protokol leta 2000 – glej Ur. l. RS, št. 17/00 – Mednarodne pogodbe št. 3/00.



KAL007

### ■ 3.1 3. bis člen – člen brez naslova

Maja 1984 je skupščina ICAO dopolnila Čikaško konvencijo s sprejemom protokola, ki je uvedel 3. bis člen. Amandma je v skladu s 94. (b) členom Čikaške konvencije začel veljati 1. oktobra 1998 za tiste države članice ICAO, ki so ratificirale protokol. Ker ta člen zasluži vso našo nadaljnjo pozornost, ga navajamo:

»a) Države pogodbenice priznavajo, da se mora vsaka država vzdržati uporabe orožja proti civilnim zrakoplovom med letom in da se ob prestreznju ne smejo ogrožati življenja oseb v zrakoplovu in njihova varnost. Ta določba se ne sme razlagati tako, da kakor koli spreminja pravice in obveznosti držav, ki so zapisane v Ustanovni listini Združenih narodov.«<sup>2</sup>

Naj na začetku opozorimo na nekaj dejstev. 3. bis člen velja za vse države članice ICAO (in ne nasploh za vse države), ki so ta člen ratificirale (dejansko so ratificirale protokol, ki je uvedel ta člen v Čikaško konvencijo). Te države se morajo vzdržati uporabe orožja zoper civilna letala med letom. Ta člen določa tudi prestreznje civilnih letal med letom, pri čemer ne smejo s takim dejanjem ogrožati življenja oseb v zrakoplovu. V tem členu pa nastopa še en pogoj: 3. bis člena se ne sme razlagati tako, da kakor koli spreminja pravice in obveznosti držav, ki so zapisane v Ustanovni listini

Združenih narodov. Gre za zelo široko določbo, ki jo bomo upoštevali pri nadaljnji obravnavi. Seveda se nam takoj postavi vprašanje, zakaj manjka imenovanje tega člena. Bi bil podnaslov: »Prepoved uporabe orožja proti civilnim letalom med letom« preozek, morda preširok ali vsaj nenatančen?

### ■ 3.2 Zaščita suverenosti zračnega prostora

Za začetek ponovimo načelo: »Države imajo legitimno pravico zaščititi svoje teritorije, kamor spada tudi zračni prostor.« Zaščita zračnega prostora je torej integralni del zaščite nacionalnega/državnega prostora.<sup>3</sup> V tem prostoru države varujejo varnost (ang.: safety and security) letov, spoštovanje letalske zakonodaje ter življenja in lastnine na zemlji. Kot smo videli iz navedenih primerov, pa ne gre vedno za zaščito državnega prostora (zračnega prostora), ampak za kriminalna dejanja posameznikov, uporniških gibanj, kriminalnih združb in verskih gibanj.

Kot lahko ugotovimo iz prakse posameznih držav, je zaščita zračnega prostora posamezne države prepuščena nacionalnim policijskim silam ali nacionalni vojski. Zanimivo pri tem je, da oboji uporabljajo letala,

ki pa so izključena iz uporabe Čikaške konvencije (3. čl. določa: »Ta konvencija velja samo za civilne zrakoplove, ne velja pa za državne zrakoplove« [carinska, policijska in vojaška letala]). Rešitev tega vprašanja je v členu 3d Čikaške konvencije, ki se glasi:

»d) Vsaka država pogodbenica izvaja ustrezne ukrepe za prepoved uporabe civilnih zrakoplovov, registriranih v tej državi ali jih upravlja letalski prevoznik z glavnim poslovnim sedežem ali prebivališčem v tej državi v kateri koli namen, ki ni v skladu s cilji te konvencije. Ta določba ne vpliva na točko a) in ne odstopa od točk b) in c) tega člena.«

Prestreznje (ang.: interception) je temeljni način za to, da se letalo, ki ne upošteva mednarodno sprejetih pravil, prisili k ustreznemu ravnanju. Samo prestreznje je izredno nevaren zračni manever, ki zahteva točno določen protokol (glej opomnik k t. 3.8.1. Aneksa 2 Čikaške konvencije). Kaj se zgodi, če prestreznje ni uspešno, civilno letalo pa nadaljuje svojo pot? Je to trenutek, ko pristojne oblasti lahko izrečejo pove-lje: »Uniči tarčo!« Lahko rečemo, da so se stvari spremenile s sestrelitvijo korejskega Air R 747 (polet 007) in po 10. maju 1984, ko je bil sprejet 3. bis člen Čikaške konvencije.

Lahko si predstavljamo, da je pred sprejemom ustreznega pravila v diplomatskih krogih potekala ostra borba o tem, kaj je dovoljeno in kaj ne, čeprav je za vse obstoječe države veljalo pravilo Organizacije združenih narodov, ki določa, »da se vsi člani (ZN) v svojih mednarodnih odnosih vzdržujejo grožnje s silo ali uporabe sile, ki bi bila naperjena proti teritorialni nedotakljivosti ali politični neodvisnosti katerekoli države, ali pa kako drugače nezdržljiva s cilji Združenih narodov.«<sup>4</sup> Danes je to splošno (pravno) pravilo mednarodnega javnega prava!

3 Michael Milde, International air law and ICAO, Eleven international publishing, 2008, str. 45 in naprej.  
4 Četrty odstavek 2. člena Ustanovne listine ZN.

6. marca 1984 je Svet ICAO sprejel resolucijo, ki je unikatna v njegovi zgodovini, saj brez diplomatskih olupšav direktno in v strogem jeziku obsoja in postavlja določena pravila v smislu, da je uporaba sile kršitev mednarodnega prava, ki potegne za seboj določene posledice.<sup>5</sup> Resolucija se ni ustavila pri tem. Taka uporaba sile je resna grožnja za varnost mednarodnega civilnega letalstva in je nezdružljiva z normami, ki urejajo mednarodno obnašanje, je v nasprotju z mednarodnimi standardi in priporočeno prakso, zaobseženih v Čikaški konvenciji in njenih aneksih, in z elementarnimi načeli humanosti.

Svet ICAO je bil prepričan, da prevladuje med članicami ICAO *opinio iuris* (lat.: pravno prepričanje), da obstoječe mednarodno pravo prepoveduje uporabo orožja zoper civilno letalo med letom. Še več: zavedal se je, da je treba to načelo zapisati v Čikaško konvencijo. Preden pa se posvetimo nadaljnji analizi samega 3. bis člena, spregovorimo na kratko še o nekaj drugih dokumentih, ki po svoje ilustrirajo naš problem.

### ■ 3.3 Kubanska vojska sestrelila dve civilni letali

24. februarja 1996 je kubanska vojska sestrelila dve ameriški zasebni letali, ki sta kršili kubanski zračni prostor. Tako Kuba kot Združene države Amerike so izrekle pripravljenost, da se incident razišče. Svet ICAO je v resoluciji (PIO 6/96 z dne 27. junija 1996) opozoril na zahtevo Varnostnega sveta ZN, da incident preišče ICAO, pri čemer se je skliceval na resolucijo Varnostnega sveta Združenih narodov, ki je 6. marca 1996 ostro obsodil sestrelitev dveh civilnih letal. Pri tem je poudaril načelo popolne in izključne suverenosti v zračnem prostoru nad ozemljem posamezne države. Ponovno je poudaril načelo, da se mora država vzdržati uporabe sile zoper civilno letalo med letom, pri prestrezanju pa morajo biti življenja in varnost letala zaščitena. Svet ICAO je v resoluciji ponovno obso-



Iran Air Flight 655

dil uporabo orožja zoper civilna letala med letom, ker je to v nasprotju z običajnim mednarodnim pravom, kodificiranim v 3. bis členu Čikaške konvencije, z mednarodnimi standardi in priporočeno prakso, določeno v aneksih k Čikaški konvenciji (ICAO News Release PIO 6/96).

V tej zvezi velja omeniti tudi primer, ki ga je obravnavalo Mednarodno sodišče pravice v Haagu v sporu med Islamsko republiko Iran in Združenimi državami Amerike (sestrelitev iranskega civilnega letala v Hormoški ožini 3. julija 1988).<sup>6</sup>

### ■ 3.4 Sprejem 3. bis člena Čikaške konvencije

Omenjeni člen je sprejela generalna skupščina ICAO na izrednem zasedanju (25.) 10. maja 1984. Predvsem odstavek a) je temelj za nadaljnjo obravnavo. Odstavki b), c) in d) so bili vneseni v besedilo 3. bis člena na vztrajanje ruske delegacije in njenih zaveznic, da se ublaži veljava odstavka a) tega člena. Zagovorniki in nasprotniki tega člena si niso povsem enotni o tem, ali 3. bis člen

pomeni »progresivni razvoj« mednarodnega (letalskega) prava ali samo zaokrožuje obstoječe običajno mednarodno (letalsko) pravo v kodificirani obliki.<sup>7</sup> Michael Milde, ki je bil neposredni sodelavec pri pripravi 25. izrednega zasedanja skupščine ICAO, pravi: »Mednarodno pravo izključuje (ang.: rule out) uporabo sile zoper civilno letalo med letom, besedilo 3. bis člena pa dobesedno ponavlja uvodne besede 1. člena Čikaške konvencije, ki ne ustvarja koncepta suverenosti v nacionalnem zračnem prostoru, ampak ga potrjuje kot splošno pravilo običajnega mednarodnega prava.«<sup>8</sup> Zavedati se moramo, da mednarodna praksa in pravna načela ne izključujejo uporabe sile in general, ampak zahtevajo, da se ta uporabi proporcionalno, glede na nivo nevarnosti dejanja, zoper katero je treba uporabiti silo. Povedano drugače: zoper civilno letalo med letom, ki je bilo ugrabljeno ali je kako drugače kršilo pravila mednarodnega letalskega prava, je treba ukrepati in uporabiti ukrep, ki bo sorazmeren z nivojem ogrožanja, ki ga predstavlja tako letalo. Tudi v

5 Milde, navedeno delo, str. 54.

6 Glej podrobnosti v [https://en.wikipedia.org/wiki/Iran\\_Air\\_Flight\\_655](https://en.wikipedia.org/wiki/Iran_Air_Flight_655), <6. 2. 2017>. Zanimiv je tudi primer KAL007, [https://en.wikipedia.org/wiki/Korean\\_Air\\_Lines\\_Flight\\_007](https://en.wikipedia.org/wiki/Korean_Air_Lines_Flight_007), <7. 2. 2017>. Obstaja tudi seznam sestreljenih civilnih letal, [https://en.wikipedia.org/wiki/Category:20th-century\\_aircraft\\_shootdown\\_incidents](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:20th-century_aircraft_shootdown_incidents), <7. 2. 2017>.

7 Glej Milde, navedeno delo, str. 55.

8 Milde, nav. delo, op. cit., str. 56.



nacionalnem pravu je tako. Lastnik sadnega vrta, ki mu sosedovi otroci krajejo češnje, nanje ne bo streljal. Tak je tudi primer, ko so sovjetske obrambne sile streljale na KE007, potem ko je letalo že zapustilo sovjetski zračni prostor. Vstop v sovjetski zračni prostor (nenapovedan) je bil kršitev in o tem se strinjamo, toda sestrelitev letala in uboj 269 nedolžnih potnikov sta bili dejanji daleč od proporcionalne uporabe sile.<sup>9</sup> Milde upravičeno trdi, da 3. bis člen ne postavlja novega načela mednarodnega prava, ampak odseva načela obstoječega običajnega mednarodnega prava, zato ni toliko pomembno, ali je neka država ratificirala amandmirano Čikaško konvencijo (natančneje nov protokol, ki uvaja 3. bis člen) ali ne, ker gre za pravilo – vzdržati se uporabe sile zoper civilno letalo med letom –, ki je uveljavljeno že vse od konca hladne vojne leta 1990.

S tem pa še nismo na varni strani problema. Dvomi še vedno obstajajo. Ali obstaja absolutna prepoved uporabe sile zoper civilno letalo med letom? Zapleta se že pri posameznih pojmi: **kaj je orožje** (ang.: weapon), pojem ni natančno določen, v praksi pa to pomeni: puške, strojnice, topove, rakete, drone ali katere koli druge predmete ali substance, ki lahko uničijo ali poškodujejo letalo med letom. Naslednji pojem je **civilno letalo** (ang.: civil aircraft). Nikjer ne najdemo definicije tega pojma. 3. bis člen govori o tujem letalu (ang.: foreign aircraft) oziroma snovalci tega člena so mislili na tuje civilno letalo. Ali pa si lahko predstavljamo, da bi mednarodno pravo ščitilo samo tuja letala, ne pa vseh ne glede na njihovo nacionalnost, ter prav tako človeška življenja ne glede na njihovo nacionalnost.

Pojem **v letu** prav tako zasluži našo pozornost (ang.: in flight). Spet je potrebno poseči po analogiji, tokrat Rimske konvencije iz leta 1952.<sup>10</sup>

Vprašanje, kdaj uporabiti silo, se pojavlja vedno znova.<sup>11</sup> Prav gotovo pa je najbolj aktualno vprašanje nastalo z napadom na Svetovni trgo-

vinski center 11. septembra 2001, če pustimo ob strani »verjetnost dogodka«. Gre za zlorabo civilnega letala za doseg določenih ciljev. Ga lahko sestrelimo? Na tehtnici imamo nedolžna življenja potnikov in posadke, na drugi strani pa morebitno ogromno škodo (in žrtve), ki bi nastala, če ne bi ukrepali. Zagotovo zelo težka odločitev in ogromna odgovornost za tistega, ki bi kaj takega ukazal, pa se kasneje izkaže, da je bil ukrep (sestrelitev) napačen. Le upamo lahko, da bodo države ukrepale tako, kot jim narekuje mednarodno (letalsko) pravo in ne sebičnost političnih odločitev.

#### ■ 4 Podrobna analiza 3. bis člena

3. bis člen je bil sprejet 10. maja 1984, veljati pa je začel 1. oktobra 1988. Večina držav članic ga je ratificirala. Rekli smo, da je bila vzrok za nastanek tega člena sestrelitev KAL007 leta 1983. Navedeni člen določa dve obveznosti: vzdržati se uporabe orožja proti civilnim zrakoplovom med letom in pri prestreznju civilnega letala med letom ne smejo biti ogrožena življenja oseb v letalu in njegova varnost. Poleg tega ima vsaka država pri uresničevanju svoje suverenosti pravico zahtevati pristanek civilnega letala na določenem letališču, če leti nad njenim ozemljem brez dovoljenja ali če obstajajo upravičeni razlogi za sklepanje, da se uporablja v namene, ki niso v skladu s cilji Čikaške konvencije. Civilno letalo mora ubogati zahtevo po pristanku na določenem letališču, države pa morajo zagotoviti tako uporabo civilnih le-

tal, ki je konsistentna s Čikaško konvencijo. Do tu je še vse v redu. Vprašanje je, ali je sestrelitev letala med letom zakonita ali ne? Mednarodno pogodbeno pravo (Čikaška konvencija) tega ne pove izrecno. Gre torej za deklaratorno normo ali ius cogens? Deklaratorna norma le potrjuje neko pravilo mednarodnega prava, ki že obstaja, ne prinaša pa nič novega. Povsem nekaj drugega pa je kogentno pravo, ki brezpogojno zapoveduje ali prepoveduje določeno vedenje ali ravnanje. V teoriji se lahko sklicujemo na dejstvo, da je norma 3. bis člena sprejeta soglasno in od tega pravila ni mogoč odstop! Ali pa je to morda pravilo običajnega mednarodnega prava? Odgovor na to vprašanje temelji na dejstvu, da je običaj postal s pretekom časa pravno obvezen, kar kažeta pravna praksa in pravna zavest držav (lat.: opinio iuris). Če že govorimo o običaju (ang.: custom), smo pred dilemo: ali storiti nič (torej (ne)običaj ali izvesti vojaško akcijo, s katero bi zavarovali civilno prebivalstvo oziroma zagotovili nacionalno varnost. Vse več je razmišljanj, da mednarodna skupnost ni tolerantna do vojaških posegov zoper civilna letala med letom. Ni primerov, pravi Tanja Masson-Zwaan, z univerze v Leidnu (Nizozemska),<sup>12</sup> da bi bilo streljanje na letalo sprejeto kot primerna odločitev! Vprašanje pa je, ali je 3. bis člen postal norma mednarodnega prava? Nekaj elementov je, ki nas v to prepričujejo. Najprej enoglasen sprejem in ex gratia plačilo (ko država, ki je sestrelila civilno letalo v letu, ne da bi priznala krivdo, sorodnikom žrtev izplača odškodnino).<sup>13</sup> Toda nekaj primerov, ko so se države vzdržale od sestrelitve, ne kaže

9 Primerjaj tudi The Corfu Channel Case (UK v. Albania), Merits, Judgement of 9 April 1949, 1949 ICJ Rep.

10 »In flight« pomeni: »from the moment when power is applied for the purpose of actual take-off until the moment when the landing run ends.«, Convention on Damage Caused by Foreign Aircraft to Third Parties on the Surface, signed in Rome, on 7 October 1952, ICAO Doc 7364.

11 Glej podrobno Milde, nav. delo, str.58.

12 Tanja Masson-Zwaan, International Institut of Air and Space Law, Universiteit Leiden, The Netherlands, 9. 4. 2015, IIASL Conference on Air Law Beijing, China.

13 »In 1996, the United States and Iran reached a settlement at the International Court of Justice which included the statement ... the United States recognized the aerial incident of 3 July 1988 as a terrible human tragedy and expressed deep regret over the loss of lives caused by the incident. As part of settlement, the United States did not admit legal liability or formally apologize to Iran but agreed to pay on an ex gratia basis US \$ 61.8 million...« [https://en.wikipedia.org/wiki/Iran\\_Air\\_Flight\\_655](https://en.wikipedia.org/wiki/Iran_Air_Flight_655), <6. 2. 2017>.



MH17, ki ga je sestrelila ruska raketa Buk

na to, da bi imele države sestrelitev za nezakonito. Profesor Bin Cheng, velik teoretik in praktik mednarodnega letalskega prava, meni, da 3. bis člen odpira precej vprašanj. Omenili smo že nedorečenost same zapovedi (ali je to deklaratorna norma ali norma mednarodnega letalskega prava), kaj pomeni »vzdržati se«, razlikovanje med »orožjem« in »silo«, natančna definicija »civilnega letala« in ali je dolžnost neogrožanja varnosti letala in življenj v njem absolutna ali ne? Nekatere države razumejo oziroma so prepričane, da je načelo 3. bis člena deklaratorne narave (torej mislijo, da obstaja nekje pravno pravilo mednarodnega prava, ki prepoveduje sestrelitev letala med letom), spet drugi, med njimi profesor Cheng, pa trdijo, da takega pravila ni. Članice ICAO želijo imeti pravno pravilo, ki pa morda ne bo zavezujoče za tiste države, ki niso članice ICAO.

Aneks 2 k Čikaški konvenciji (Pravila v zraku) predpisuje, da se mora prestrezajoče letalo vzdržati pred uporabo orožja v vseh primerih prestrežanja civilnega letala. Žal aneks ni obvezujoč *per se* (torej sam od sebe), medtem ko je obvezujoč 3. bis člen. Da zadevo še malo bolj zapletemo: angleška beseda 'refrain' pomeni ne narediti nekaj prostovoljno (v velikem angleško-slovenskem slovarju najdemo tudi pomen: zadrževati se, brzdati (se), vzdržati (se) od česa in opustiti kaj).<sup>14</sup> Tinja Masson-Zwaan meni, da bi bila ustrežnejša beseda 'abstain' (vzdr-

žati se). Glagol 'abstain' se veže s 'from', torej vzdržati se od, kar bi še jasneje pojasnjevalo nekaj, česar ne smemo storiti. Člen, ki ga obravnavamo, ima še eno težavo: državi, ki je ogrožena, daje skupaj z aneksom 2 diskrecijsko pravico, da se odloči ali se bo sestrelitvi izognila, če je to mogoče, ali pa bo zaščitila svojo zračno suverenost. Pri oblikovanju 3. bis člena so Rusi insistirali, da se namesto besedice 'sila' uporabi 'orožje'. Sila se pri prestrežanju vedno uporabi in kot taka ni prepovedana *per se*.

Zaščita pred sestrelitvijo se nanaša na vsa letala in ne samo na mednarodno letalstvo. Velja seveda samo za civilna letala in izključuje letala na zemlji. Kdaj gre za civilna letala, je včasih težko določiti (še posebej, če gre za letalstvo držav v razvoju, ki jim primanjkuje resursov). Rekli smo že, da življenja ljudi in varnost letala ne smejo biti ogroženi. Ali to velja tudi pri prestrežanju? Vemo, da morata biti za prestrežanje izpolnjena dva pogoja: civilno letalo leti v zračnem prostoru brez dovoljenja in podani morajo biti verjetni razlogi za to, da sklepamo, da

gre za namene, ki niso v skladu s Čikaško konvencijo. Lahko se vprašamo, ali je vse to skupaj preozko ali preširoko postavljeno? V tem trenutku pravega odgovora še nimamo.<sup>15</sup>

## ■ 5 Primera nemške in ruske notranje zakonodaje

Razumevanje in konkretno ravnanje posameznih držav v primerih sestrelitve letal med letom bo s tekom časa pokazalo pravo vrednost 3. bis člena. Dve državi, namreč Zvezna Republika Nemčija in Sovjetska zveza, sta vprašanje sestrelitve uredili v svojih zakonodajah. Ker gre za dve povsem nasprotni rešitvi, o katerih je avtor prispevka že pisal,<sup>16</sup> povzemimo samo najpomembnejše ugotovitve.

Nemško ustavno sodišče je razveljavilo tretji odstavek 14. člena zakona o varnosti zračnega prostora. Pri obravnavi tega zakona je ustavno sodišče odprlo temeljno vprašanje, ali ima država pravico ubiti državljane, da bi obvarovala življenja drugih? Stališče sodišča je bilo, da je absolutno nesprejemljivo naklepno ubijanje oseb, ki se znajdejo v takih brezupnih razmerah, čeprav to določa zakon; domneva, da je nekdo na krovu letala, kot član posadke ali potnik, pristal na lastno sestrelitev, torej na svojo smrt, je nerealistična fikcija. Prav tako ne drži ocena, da je nekdo, ki je v taki situaciji, tako ali tako že odpisan. To ne more opravičiti namernega ubijanja nedolžnih ljudi in kršenja njihovega človeškega dostojanstva.<sup>17</sup>

Ruska Duma je 26. februarja 2006 sprejela Zakon o preprečevanju terorizma. Veljati je začel 6. marca 2006. Sestrelitev letala je določena v 7. členu:

- 14 The Living Webster, Encyclopedic DICTIONARY of the English Language, The English Language Institute of America, Chicago 1971, str. 806 pojasnjuje besedico 'refrain kot: »to keep oneself from saying, doing or feeling something.«
- 15 Glej še Aleksander Čičerov, Mednarodno letalsko pravo, Uradni list 2009, str. 146.
- 16 Aleksander Čičerov, Žrtvovanje ni dovoljeno, DELO, 3. 6. 2006; isti avtor: Sestrelitev civilnega letala v letu in zračni terorizem.
- 17 Glej podrobno Aleksander Čičerov, Žrtvovanje ni dovoljeno, DELO, 3. 6. 2006. O nemškem civilnem letalskem zakonu glej še Markus Geisler and Marius Boewe, The German Civil Aviation Act, eleven international publishing, 2009.

»1. **Oborožene sile Ruske federacije uporabijo svoje orožje in vojaško opremo v postopkih, določenih z zakonskimi predpisi Ruske federacije, da odstranijo grožnjo terorističnih dejanj v zraku zaradi njihovega preprečevanja.**

2. **Če se letalo ne odzove na radijska povelja kontrolnih centrov na zemlji in na radijska povelja in vidne znake letal oboroženih sil Ruske federacije ali ne uboga radijskih povelj ali vidnih znakov in ne pojasni takega ravnanja, oborožene sile Ruske federacije uporabijo svoje orožje in vojaško opremo za preprečitev leta takega letala tako, da ga prisilijo k pristanku.**

Če letalo ne uboga in ne pristane in obstaja resna nevarnost za izgubo življenj ali za začetek ekološke katastrofe, se uporabijo orožje in vojaška oprema za preprečitev leta takega letala tako, da se uniči.

3. **Če obstaja zanesljiva informacija o verjetni uporabi letala za teroristično dejanje ali o zasedbi letala, storjeni pa so bili ukrepi, potrebni za njegov pristanek, obstaja pa resna nevarnost za izgubo življenj ali za začetek ekološke katastrofe, oborožene sile Ruske federacije uporabijo orožje in vojaško opremo za preprečitev leta takega letala tako, da ga uničijo.**<sup>18</sup>

Ruska federacija je s sprejetjem tega zakona uzakonila sestrelitev letala. Ruski generali so tako dobili *carte blanche* za uporabo orožja in vojaške opreme zoper civilno letalo med letom.<sup>19</sup> B. Cheng omenja, da gre za t. i. »trigger-happiness« kar bi lahko prevedli kot »zadovoljstvo sprožilca«.

## ■ 6 Slovenska ureditev

Slovenski zakon o letalstvu ureja vprašanje varnosti zračnega prometa, s se-

strelitvijo pa se ukvarja uredba o načinih izvajanja zračnega nadzora zračnega prostora. Ta v 3. členu določa:

»Pri izvajanju zračnega nadzora zračnega prostora v miru se morajo pristojni vojaški organi in službe vzdržati uporabe orožja proti zrakoplovom, ki kršijo zračni prostor. Orožje se lahko uporabi le v primerih, v katerih zakon določa uporabo orožja vojaškim osebam in če pristojni vojaški organi in službe ne morejo odvrniti na drugačen način neposredno nevarnost, ki jo povzroča letalo, ki krši zračni prostor. Proti letalu, ki krši zračni prostor in izvaja neposreden napad, zaradi katerega je ogroženo življenje večjega števila oseb, vojaški zrakoplov uporabi orožje, da tak napad prepreči, vendar le po predhodnem soglasju ministra, pristojnega za obrambo, oziroma drugega ministra, ki ga s sklepom pooblasti Vlada Republike Slovenije. Ob tem je treba upoštevati še, da slovenska ustava v 17. členu določa, da je človeško življenje nedotakljivo in da v Sloveniji ni smrtne kazni.«<sup>20</sup>

## ■ 7 Sklep

Ni mogoče trditi, da se ICAO ne zaveda tveganj v zvezi s sestrelitvijo letal med letom. Bolj skrbi dejstvo, da organizacija, ki skrbi za varnost civilnega letalstva, ni dorekla ukrepov zoper sestrelitev. Nedvomno je sprejem 3. bis člena Čikaške konvencije napredek v smislu prepoznavanja problema, dejstvo pa ven-

dar je, da se od leta 1998 države še vedno sprašujejo, ali gre za deklarativno normo ali pa za ius cogens. To ni dobro za varnost mednarodnega in nacionalnega civilnega letalstva, še manj za občutek varnosti pri letenju z letali.

Lahko razumemo ogorčenje nad sestrelitvijo civilnega letala med letom. Toda pilot vojaškega letala, ki bi storil tako dejanje, je podrejen vojaški disciplini. Lahko zavrne ukaz, toda še vedno je nekdo, ki zahteva njegovo izpolnitev. Praksa držav in opinio iuris bosta v prihodnje pokazala, ali je sestrelitev civilnega letala med letom ustrezen ukrep ali ne! Avtorja prispevka bolj skrbi, kdo v končni fazi odloča o sprejemu povelja: »Sestreliti!« Morda bi kazalo z novimi dognanji prevetrili tudi slovensko uredbo o načinu izvajanja nadzora zračnega prostora in še posebej drugi odstavek 3. člena. Nemogoče si je predstavljati, da bi država članica ICAO, kar Slovenija je, v svojih predpisih dovolila sestrelitev civilnega zrakoplova, saj bi to pomenilo konec civilnega letalstva. Po tem, ko je Evropska unija sprejela kodeks pravic letalskih potnikov, bi bil to gotovo korak nazaj.

Ne gre prezreti dejstva, da slovenski zračni prostor že od leta 2014 nadzira madžarsko vojno letalstvo skupaj z italijanskimi lovci F-16 in evrofighterji. Tako Italija kot Madžarska in seveda Slovenija so članice ICAO!

18 Aleksander Čičerov, nav. delo, ibid, str. 282.

19 Prepis pogovora med generalom Karnukovim, poveljnikom Letalske baze Sokol na otoku Sahalin, in generalom Kamenskym, poveljnikom vojaškega okrožja Daljnega vzhoda: General Karnukov: »... simply destroy it even if it is over neutral waters? Are the orders to destroy it over neutral waters? Oh, well.« Kamensky: »We must find out, maybe it is some civilian craft or God knows who.« Kornukov: »What civilian? It has flown over Kamchatka. It came from the ocean without indification. I am giving the order to attack if it crosses the state border.« [https://en.wikipedia.org/wiki/Korean\\_Air\\_Lines\\_Flight\\_007](https://en.wikipedia.org/wiki/Korean_Air_Lines_Flight_007), <7.2.2017>.

20 A. Čičerov, nav. članek, ibid. DELO, 3. 6. 2006.

## People's judgement on TV – Who is to decide to bring down a plane

**Abstract:** Air terrorism threatens the lives of air passengers and air crews, causes damage on the ground and among the civilian population, infrastructure and environment. How can it be restricted, what are the inhibitions of the international air law? Is the shooting down of an aircraft the only solution?

**Keywords:** shooting down of an aircraft in flight, to carry out an order, international air law, national legislation

## Sodelujoči roboti – bodoči sodelavci

Podjetje FANUC je proizvajalec vrhunskih CNC-krmilnikov, industrijskih robotov in specialnih CNC-strojov. Sedež podjetja in vsa proizvodnja sta na Japonskem.

Sodelujoči roboti so začeli na široko vstopati v industrijske obrate. Zaradi tega je FANUC že pred dve letoma lansiral robota CR-35iA. Robot se uporablja v aplikacijah, kjer ni možna uporaba varnostne ograje ali svetlobne zavese. Namen



Robot CR-7iA

sodelujočih robotov ni zamenjava klasičnih robotov, ki obratujejo z visokimi hitrostmi, temveč uvesti avtomatizacijo tja, kjer to nekdanj ni bilo mogoče. Robota lahko opcijsko programiramo tudi z vodenjem z roko.

Prav v teh dneh pa prihaja na evropski trg družina manjših robotov nosilnosti 4 do 7 kg in dosega 550 do 911 mm. Roboti CR-4iA, CR-7iA in CR-7iAL so idealni za lažja montažna opravila, za strego strojev, ... Kot vsi roboti FANUC so tudi ti že v osnovi pripravljeni za uporabo najnaprednejših robotskih funkcij, kot so integrirani robotski vid, integrirani senzor sile, ... Obstaja množica dodatnih programskih in strojnih opcij, s katerimi lahko robota popolnoma prilagodimo svojim potrebam.

Končno lahko uresničimo tudi željo uporabnikov, ki želijo istega robota uporabljati na različnih delovnih mestih za različna opravila. Z robotom, ki potrebuje zaščitno ograjo, tega ni storil nihče, ker je bilo preveč zapleteno skupaj z robotom seliti še varnostno ograjo oz. druge varnostne elemente.

Sodelujoči robot ne potrebuje varnostne ograje, torej ga lahko



Robot CR-35iA

izjemno enostavno preselimo na drugo delovno mesto. FANUC razpolaga tudi z vso potrebno opremo in tehnologijo, da se robot lahko sam, povsem samodejno premakne na drugo delovno mesto.

Vir: FANUC Adria, d. o. o., Ipavčeva 21, 3000 Celje, tel.: +386 8 205 64 97, gsm: +386 40 991 133, fax: +386 8 205 64 98, internet: [www.fanuc.si](http://www.fanuc.si), g. Andrej Zidar



NEPOGREŠLJIV  
VIR INFORMACIJ  
ZA STROKO

VSAKA DVA  
MESECA NA VEČ  
KOT 240 STRANEH

UGODNOSTI ZA  
NAROČNIKE REVIE

PROIZVODNJA IN LOGISTIKA · ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA  
NEKOVINE · SPAJANJE, MATERIALI IN TEHNOLOGIJE  
NAPREDNE TEHNOLOGIJE · VZDRŽEVANJE IN TEHNIČNA DIAGNOSTIKA



## Povezovalni kabli NEBU z vrtljivimi priključki

Kabli NEBU z vrtljivimi priključki omogočajo večjo fleksibilnost in tako tesni prostori za vgradnjo niso več problem. Z neskončno vrtljivimi priključki NEBU je elektropriključitev senzorjev ali aktuatorjev zelo fleksibilna. Modularni kabelski sistem NEBU je zasnovan za posebno težke pogoje vgradnje, številne variante uporabe pa so dodatno razširjene z možnimi kombinacijami vtičnic, dolžin kablov, kakovostnih različic kablov in vtikačev.

Vrtljivi priključek NEBU omogoča poljubno smer odvoda kabla, ki se zahteva za povezavo. Uporaba je idealna pri induktivnih senzorjih, saj se pogosto pojavijo primeri, ko je treba senzor premakniti naknadno, po izvedeni električni priključitvi. Tako preprosta in funk-

cionalna električna povezava zagotavlja največjo fleksibilnost, še posebej v tesnih pogojih nameščanja. Modularni sistem NEBU se lahko prosto konfigurira ali je že serijsko stalno na zalogi za doseganje optimalnega območja kombinacij. Primeren je za vse naprave z vtikači M8 in M12, kot so mejna stikala, pozicijski oddajniki, senzorji ali posamezni ventili.

S povezovalnimi priključki NEBU so možne kombinacije praktično neomejene. Po zaslugi modularne zasnove celotnega koncepta povezovalnih kablov lahko svobodno izbirate in določite sestavo individualnega priključitvenega kabla. To vam omogoča, da združite levi konec kabla (na primer tip priključka ali prosto), sredinski del (dolžina in tip kabla) in desni

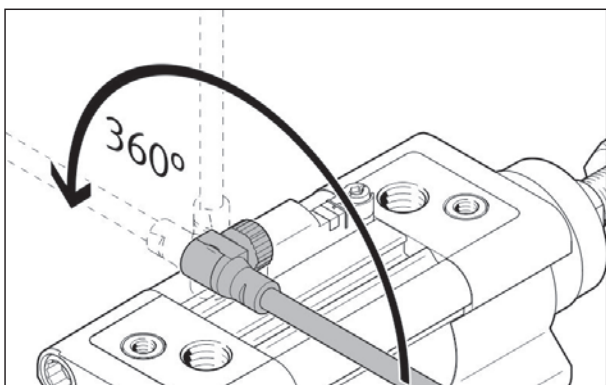


Slika 1. Primeri kablov NEBU

konec (vrsta priključka ali prosto), kot je zahtevano.

Na voljo je več različic kablov, ki so vse UL-certificirane. Osnovna različica je cenovno optimizirana in primerna za statične aplikacije. Standardna različica je odporna na olje, ima dobre upogibne in torzijske lastnosti in ne vsebuje halogena. Primerna je za uporabo v energetskih verigah in za robotske aplikacije.

Vir: FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: [info\\_si@festo.com](mailto:info_si@festo.com), <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar



Slika 2. Načini montaže kablov NEBU

## IMI Precision Engineering uvaja popolnoma novo IMI Norgrenovo linijo ISOLine™

IMI Precision Engineering na letošnjem hanovskem sejmu predstavlja novo osnovno paleto pnevmatskih pogonov ISOLine™. Paleta ISOLine™, ki se zanaša na zanesljivo in robustno tehnologijo IMI Norgren, ponuja sistem »priključi in pozabi«, ki poenostavi namestitve, podaljša življenjsko dobo in zmanjša stroške vzdrževanja.

Z izboljševanjem gibanja pnevmatskih cilindrov je v paleti ISOLine™

uveden IMI Norgrenov prilagodljiv sistem blaženja (ACS), ki samodejno prilagaja končno dušenje valja glede na spremembe obremenitve, zato ni potrebno ročno nastavljanje končnega dušenja z zategovanjem. Odpravlja tudi potrebo po strokovnem znanju in poenostavlja postopek namestitve za varnejše in enakomernejše delovanje.

Ker ustreza standardu ISO 15552, je paleta izdelkov do 20 odstotkov



lažja od predhodnih pnevmatskih valjev. ISOLine™ omogoča boljše zmogljivost, saj se batnica premakne že pri nižjem tlaku, zmanjšana pa ima tudi najmanjšo hitrost. Aerodinamična oblika ISOLine™ je

na voljo v velikostih 32–125 mm in ponuja sodoben videz s čistim profilom. Dodaten nastavek za stikalo omogoča oblikovalcem sistema večjo prilagodljivost pri oblikovanju.

Simon Gass, produktni vodja za poglobne pri IMI Precision Engineering, je pojasnil: »Veliko vlagamo v inovacije. Ker kot partnerji sodelujemo s strankami, lahko razvijemo rešitve, zaradi katerih se njihovi čudoviti stroji še naprej gibajo učinkovito. Paleta pnevmatskih valjev ISOLine™ je plod obsežnih raziskav in razvoja

ter pripravljena tako, da bo strankam v resnično korist.«

»Pogon ISOLine™ se zanaša na preizkušeno zanesljivost izdelkov IMI Norgren. Zanj je značilna novo predstavljena IMI Norgrenova tehnologija ACS, ki ne omogoča le preproste namestitve in daljše življenjske dobe strojev, temveč tehnikom omogoča, da izdelek ‚priključijo in pozabijo‘.«

ISOLine™ dopolnjuje paleta IMI Norgrenovih visoko zmogljivih va-

ljev po standardu ISO z valjem za vsak namen uporabe.

Več informacij o paleti IMI Precision Engineering pnevmatskih valjev ISOLine™ lahko dobite na povezavi <http://www.mostmarvellousmachines.com/>.

Vir: IMI International, d. o. o., Alpska cesta 37 B, 4248 Lesce, tel: 04 531 75 50, fax: 04 531 75 55, internet: <http://store.norgren.com/int>, e-mail: [info@norgren.si](mailto:info@norgren.si)

## Varnostno občutljive naprave na dotik

Podjetje FBS elektronik, d. o. o., predstavlja novost iz družine varnostnih naprav na dotik, tako imenovane *varnostne robove*, *varnostne odbijače* in *varnostne pohodne preproge*. Varnostne naprave so namenjene zaznavanju vdora uporabnika/operaterja v

nevarno območje stroja, lahko se uporabijo tudi v kombinaciji z varnostnimi zavesami.

Bistvene prednosti naprav so prilagodljivost, modularnost in enostavna vgradnja priključni in uporabljaj (plug & play). Vsaka

izbrana naprava je narejena po meri naročnika.

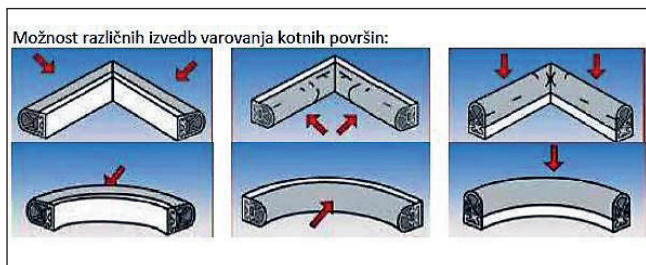
Vir: FBS elektronik, d. o. o., Prešernova 8, 3320 Velenje, tel. 03 898 37 00, faks: 03 898 37 18, e-pošta: [info@fbselektronik.com](mailto:info@fbselektronik.com), internet: [www.fbselektronik.com](http://www.fbselektronik.com)



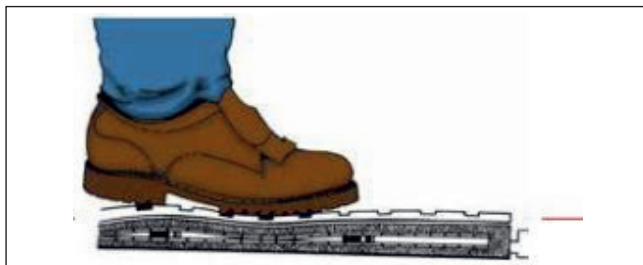
Varnostni robovi



Varnostni odbijači



Prilagodljivost varnostnih robov



Varnostne preproge

### Aplikacije:

- montažne linije,
- samovozni vozički,
- robotske celice,
- avtomatski ovjalni stroji
- ipd.
- avtomatska skladišča,
- avtomatski stroji v lesni industriji,
- avtomatska vrata,
- mobilne platforme v letalstvu,
- transportni sistemi,
- tekoče stopnice,
- teleskopske roke,
- avtomatske mize

## Izboljšano in tišje premikanje z linearnimi vodili SynchMotion™

Podjetje HIWIN Offenburg širi ponudbo linearnih vodil z SynchMotion™ tehnologijo. Poleg preizkušenih linearnih vodil serije QH, QE in QR, pri katerih tehnologija SynchMotion™ omogoča zelo tiho in mirno delovanje, HIWIN sedaj predstavlja novo serijo vodil QW, katere osnova so ultra »heavy duty« vozički serije WE, ki imajo vgrajene štirivrstične postavitev kroglic.

Zaradi njihovega nizkega profila, so idealna rešitev za aplikacije, kjer je na voljo omejen prostor za namestitev in za aplikacije, kjer se zahteva velik navor.

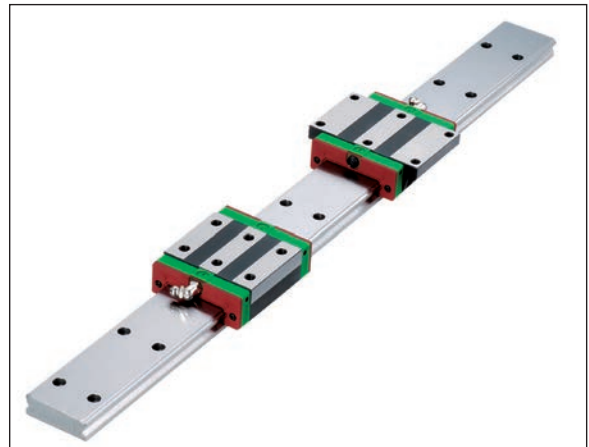
Širina tirnic QW serije dovoljuje skoraj dvojne nosilne napore v primerjavi s standardnimi vodili istih višin. Kar pomeni, da se v večini aplikacij lahko uporabi le eno linearno vodilo, namesto dveh. Rezultat je kompaktna izvedba in krajši časi pri montaži ter manjši stroški pri

izdelavi povezovalnih komponent.

Linearna vodila serije QW so dobavljiva v treh velikostih (21, 27 in 35 mm) in v dveh oblikah vozičkov, standard ter s prirobnico.

Inovativna tehnologija Synch-Motion™ pa omogoča linearnemu vodilu zmanjšanje kontaktov med kotalnimi elementi in vozičkom. Sila trenja v nasprotni smeri, poznana pri standardnih vodilih, je tako skoraj izničena. Tudi pri velikih hitrostih ni neželjenih premikov kroglic. SynchMotion™ tehnologija pa tudi izboljša prenos in hrambo maziva v vozičku.

QW linearna vodila so idealna rešitev



Kroglice pri QW linearnem vodilu so ločene s kletko kar zagotavlja optimalne lastnosti

za aplikacije, kjer sta potrebna tiho in natančno delovanje.

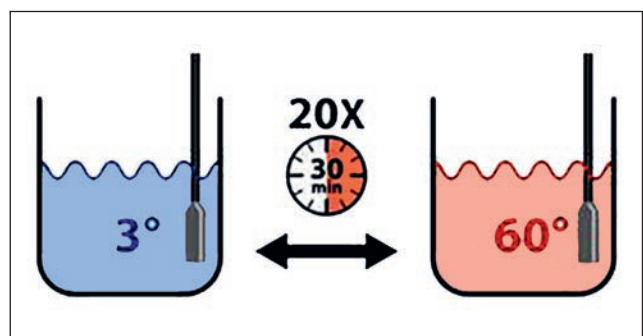
Vir: HIWIN GmbH, Brücklesbünd 2, 7765 Offenburg, ZR Nemčija, tel.: +49 7 81-9 32 78 – 114, faks: + 49 7 81-9 32 78 – 90, E-pošta: christine.matt@hiwin.de, Internet: www.hiwin.de

## Omron E3FC – fotoelektrični senzor, odporen na čistila

Nova serija fotoelektričnih senzorjev s standardno dimenzijo M18 je najbolj primerna za težka okolja v živilskopredelovalni industriji, kjer prihaja do pogostega rednega čiščenja. Senzor je zaščiten z ohišjem SUS316L, dodatno pa z epoksi smolo na konektorskem delu, kar za-

gotavlja vrhunsko zaščito pri čiščenju pod visokim pritiskom in z industrijskimi detergenti. Senzor ima bistveno povečano življenjsko dobo, kar prihrani strošek uporabnika.

Družina E3FC ponuja celoten nabor različnih izvedb senzorjev z enosmernim napajanjem (refleksna izvedba z odbojnikom, izvedba z ločnim oddajnim in sprejemnim delom in difuzne izvedbe). Kljub visoki zaščiti vseeno zagotavlja zmogljivost ob-



stoječe serije E3FA/E3FB, kar pomeni veliko razdaljo zaznavanja, vidno rdečo LED-svetlobo za vse modele in hiter odzivni čas.

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



## Tihi, prilagodljivi in kompaktni aktuatorji WhisperTrak™

Aktuatorji WhisperTrak™ so najtišji izmed vseh zelo priznanih aktuatorjev proizvajalca THOMSON, ki ga zastopa podjetje INOTEH. Aktuatorji postavljajo nove standarde na številnih področjih, kot je medicina, osebna mobilnost, rokovanje z materialom, pomorstvo itd. So majhni, tihi, odporni na pranje in izdelani na osnovi znanja, pridobljenega v podjetju v več kot 50 letih.

Aktuatorji WhisperTrak™ ponujajo graditeljem strojev in opreme največjo mogočo fleksibilnost pri uporabi. Gladek in kompakten dizajn, odpornost na pranje in elektronska končna stikala so le nekatere prednosti.

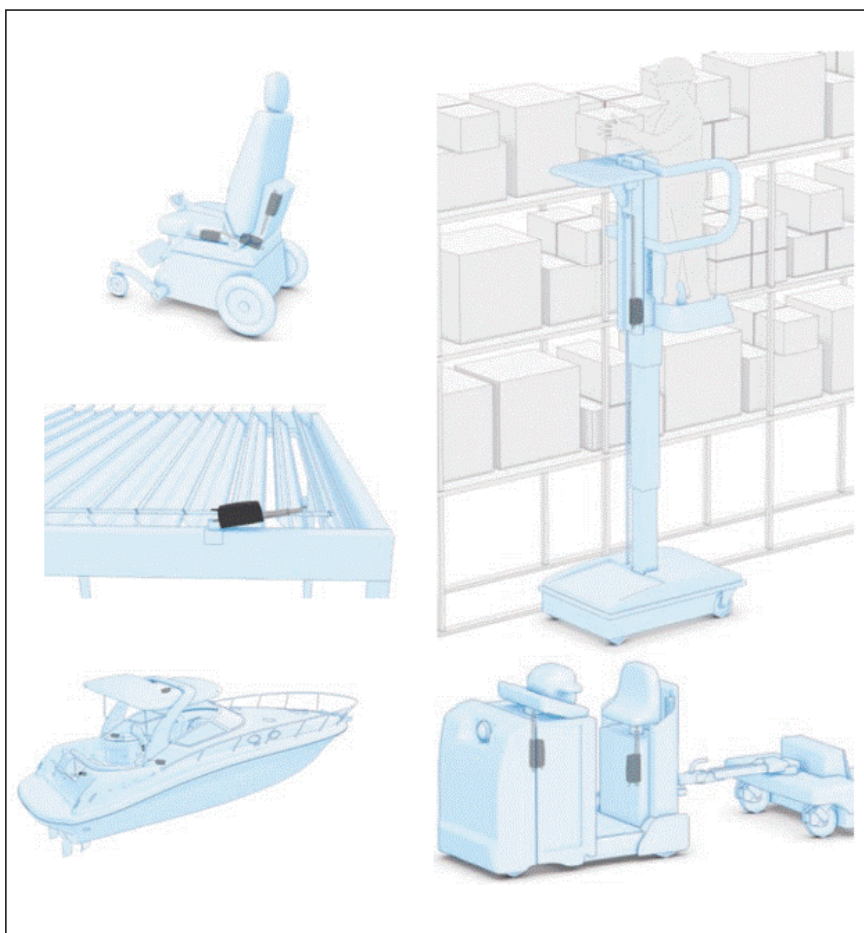
Linearni aktuatorji WhisperTrak™ ustvarijo nivo glasnosti, ki je nižji od 45 dB, kar je primerljivo z glasnostjo v knjižnici. Zaradi nizkega nivoja glasnosti so primerni za uporabo v mobilnih aplikacijah.

Njihov varnostni faktor je IP67, zato so brez dodatne zaščite uporabni v težkih razmerah, kjer so izpostavljeni izpiranju, dežju, prahu in drugim neugodnim faktorjem.

Aktuatorji WhisperTrak™ ne zahtevajo nobenega vzdrževanja v vsej življenjski dobi, ki je povprečno 10.000 ciklov pri maksimalni obremenitvi.

So edinstveni, kajti v majhnih dimenzijah ponujajo robustno rešitev (do 4000 N dinamične obremenitve), ki je drugje ni mogoče dobiti. Elektronska končna stikala (ELS) in ostale opcije za povratne informacije so znotraj kompaktne ohišja.

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



Primeri uporabe (vir: [www.thomsonlinear.com](http://www.thomsonlinear.com))





## Vakuumski dvizni sistemi VACULEX



Primer uporabe

Proizvajalec PIAB, ki ga na slovenskem trgu zastopa podjetje INOTEH, je v svojo skupino priključil podjetje VACULEX, ki je vodilno na področju vakuumskih dviznih sistemov. Cilj podjetja VACULEX je zmanjšanje fizičnih naporov in osredotočenje na učinkovitost, ergonomijo in varnost.

VACULEX nudi dvizne rešitve za:

- letališča,
- distribucijske/logistične centre,

- različne veje industrije (plastika, kartoni, okna/vrata, paneli, pločevinke itd.).

Ponavljanje enakih dvigov povzroča nevarne in drage poškodbe. Dvizni sistemi VACULEX zmanjšajo nevarnost nesreč in poškodb uporabnikov kot tudi poškodb materiala samega. Uporabniki sistemov poročajo o zmanjšanju števila poškodb, povečanem zadovoljstvu in učinkovitosti na delovnih mestih.



Dvizni sistem VACULEX TP

Fleksibilnost izdelkov VACULEX omogoča premagovanje fizičnih preprek, ki nastanejo v poslovnih objektih. Dvizne sisteme je mogoče vgraditi na obstoječe terminale ali pa jih postaviti popolnoma na novo.

Vir: INOTEH d. o. o., K železnici 7, SI-2345 Bistrica ob Dravi, tel.: 02 / 665 11 34, e-mail: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.si



## Znanstvene in strovne prireditve

**10th JFPS International Symposium on Fluidpower** – 10. Mednarodni simpozij o fluidni tehniki JFPS (japonskega združenja za fluidno tehniko)

24.–27. 10. 2017  
**Fukuoka, Japonska**

Organizator:

– Fukuoka Institute of Technology

Tematika:

– smeri razvoja hidravlike in pnevmatike, vodne hidravlike in delovnih fluidov

Informacije:

– [www.jfps.jp/net/10th.jfps/](http://www.jfps.jp/net/10th.jfps/)

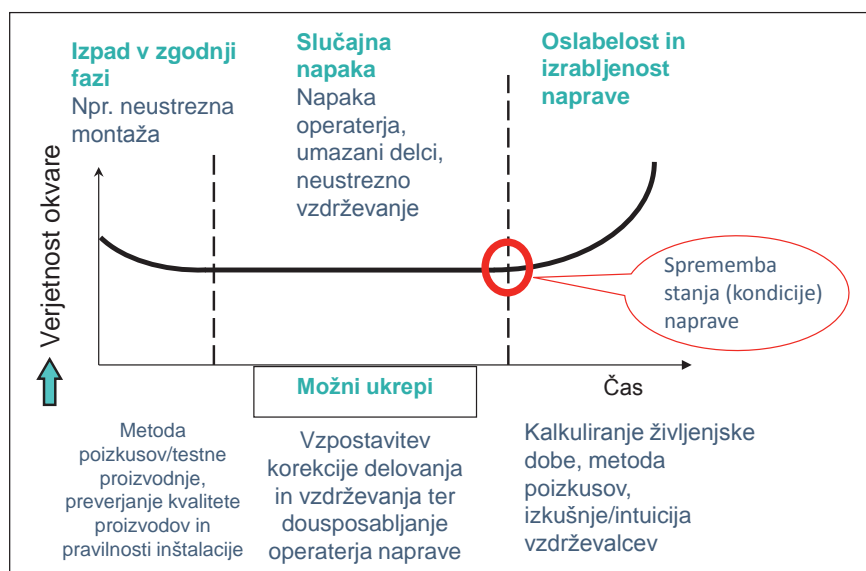
# Predvidljivo vzdrževanje s pomočjo senzorja vibracij- Smart Condition Monitoring – SCM

Vzdrževanje strojev in naprav je eden izmed ključnih elementov pri upravljanju z lastno podjetja. Večina vzdrževalcev je še vedno mišljenja, da je bolje in ceneje ostati v t. i. fazi reagiranja na dogodke kot pa implementirati preventivne in prediktivne metode vzdrževanja. Tehnološki napredek je stroške »predvidljivega« vzdrževanja zmanjšal do meje, ko je uporaba prediktivnega vzdrževanja že povsem vzdržna in upravičena.

Mitsubishi Electric je s pomočjo svojih naprav in senzorja vibracij FAG proizvajalca Schaeffler razvil učinkovito rešitev, ki omogoča preprečevanje in zniževanje verjetnosti za izpad procesov proti zaključku uporabne dobe naprave, ko se seveda verjetnost okvar povečuje.

Če ponazorimo z grafom, je, kot prikazuje *slika 1*, v prvi (zgodnji) fazi izpad možen zaradi napačne montaže, v drugi (že utečeni) fazi zaradi slučajne napake (napaka upravljalca stroja, nesnaga/umazanija) in v tretji fazi, ki jo je s preventivnim vzdrževanjem mogoče preprečiti, zaradi izrabljenosti/dotrajanosti naprav. Ukrepi pri prvih dveh fazah so lahko predvsem kontrola proizvodov, testna proizvodnja, preizkušanje pravilnosti montaže aplikacije, ponovno priučevanje zaposlenega na proces ali korekcija procesa. Pri tretji fazi se je mogoče izpadom procesa izogniti z upoštevanjem preteklih izkušenj, s pomočjo preračuna uporabne dobe ob upoštevanju različnih parametrov ali pa z uporabo senzorja vibracij, ki ga opisujemo v nadaljevanju.

Aplikacij, kjer se prediktivno vzdrževanje lahko uporabi, je veliko. Senzor vibracij se lahko vgradi na elektromotorje, prezračevalne naprave, reduktorje, kompresorje, črpalke, separatorje in dekantorje ter



**Slika 1.** Prikaz verjetnosti izpada procesov zaradi okvare naprave

ostale naprave. Senzor pridobiva informacije o verjetnosti napake in izpada procesa s pomočjo analiziranja rotacije motorja ter tresenja pogona in osi.

Učinkovito je mogoče znižati nepričakovane izpade proizvodnje in dobav ter stroške zaloga, ki nastanejo ob hrambi rezervnih delov.

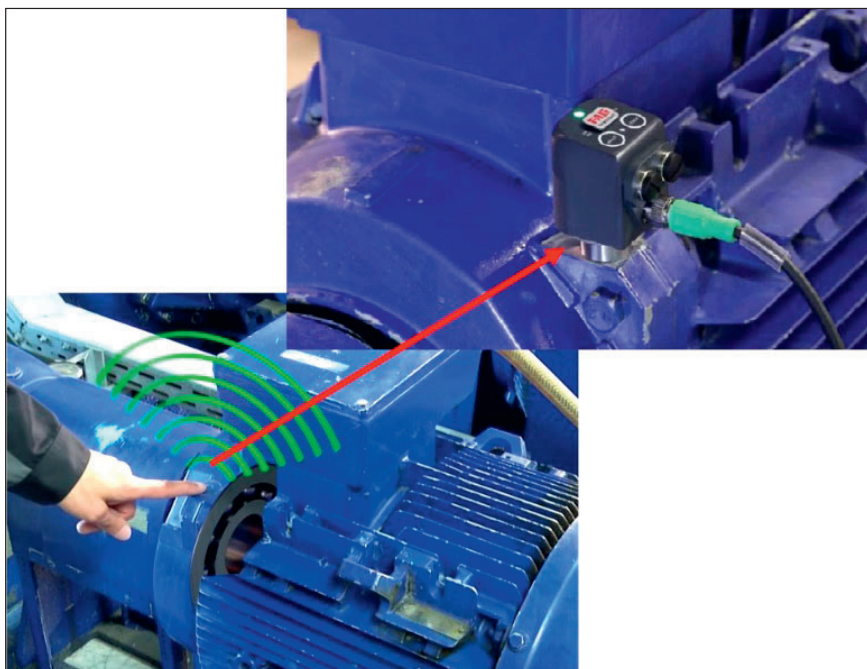
### Funkcije senzorja vibracij:

- nadzor nad statusom stroja (OK, predalarm in glavni alarm), status komunikacije Ethernet,
- analiza statusa pogona (okvara ležaja, pomanjkanje maziva, ne-

uravnoteženost vrtečih se delov, kavitacija),

- čas alarma in opozarjanje,
- absolutne vrednosti (ISO10816, največji pospeški, širokopasovni pospeški RMS in modulacija, temperatura).

Mitsubishi Electric ponuja rešitev za prediktivno vzdrževanje v paketu (v »kitu«), ki je namenjen za hitro in enostavno implementacijo na zahtevano aplikacijo brez potrebnega dodatnega »ekspertnega« znanja o tehnologiji zaznavanja vibracij. Celotna rešitev se ponuja v dveh paketih: 1. SCM »Modular KIT« vse-



**Slika 2.** Primer namestitve senzora vibracij FAG smart check na elektromotor

buje Mitsubishi Electricov grafični operaterski panel GS 2107, krmilnik L-serije in senzor vibracij SCM, 2. SCM »Compact KIT« vsebuje grafični operaterski panel GT 2104, krmilnik serije FX5U in senzor vibracij SCM. Oba kompleta vsebujeta 24-voltni napajalnik, Ethernet kabel, po katerem se senzor vibracij napaja, ter omogočata priklop do šestih senzorjev vibracij. Glede na zahtevnost aplikacije je možno dodati tudi frekvenčni pretvornik, zmogljivosti krmilnikov serije L in FX5U pa omogočajo tudi nadaljnjo avtomatizacijo stroja in aplikacije.

glede na potreben tip aplikacije, ki se lahko kasneje po potrebi tudi optimizira.

Enostavna uporaba senzora je mogoča s tako imenovano funkcijo »Teach mode«, ki jo vklopimo pri implementaciji senzora in omogoča samodejno učenje/zaznavanje krivulje optimalnega delovanja delujoče naprave. Po končanem »načinu učenja« se samodejno nastavijo optimalne vrednosti za predalarm in glavni alarm. V tej točki nas merilni instrument lahko že pri manjšem

nepredvidenem odmiku absolutnih vrednosti vibracij od optimalne krivulje delovanja predhodno opozori s predalarmom, s katerim v nekaterih primerih predvidimo večjo okvaro naprave tudi nekaj mesecev pred prvimi lažje prepoznavnimi znaki nepravilnosti delovanja, kot so povečana glasnost in temperatura motorja (slika 3).

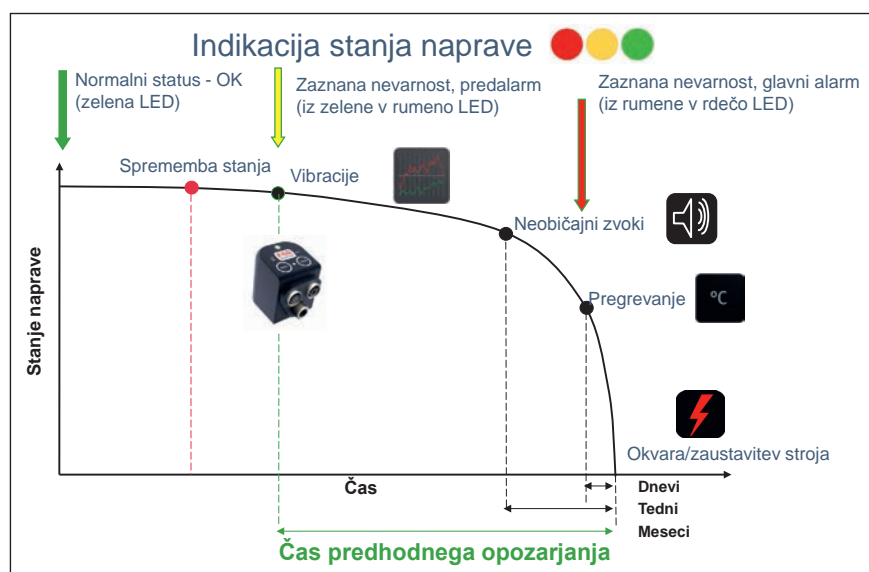
Merilni instrument preko uporabniškega vmesnika poleg alarmov omogoča tudi bolj podrobno diagnostiko z beleženjem zgodovine alarmov. Glede na sliko 4 se tako pri pojavu napake poleg datuma in časa izpišejo tudi informacije o karakterističnih vrednostih, ki so bile presežene, in možni vzroki napake (okvara ležaja, pomanjkanje maziva, neuravnoteženost vrtečih se delov, kavitacija). Merilni instrument ima na izbiro več jezikov in možnost prilagoditve operaterskih zaslonov glede na specifične potrebe različnih aplikacij.

Opisana rešitev bo v bodoče prav gotovo postala ena izmed vertikal industrije 4.0 oziroma »interneta stvari«. Če pogledamo piramido na sliki 5, je senzor vibracij vertikalno vpet v štiri nivoje. Na nivoju proizvodnega obrata senzor vibracij pridobiva informacije o tem, kaj se dogaja s pogonom oziroma pogonskimi napravami; te informacije pošilja

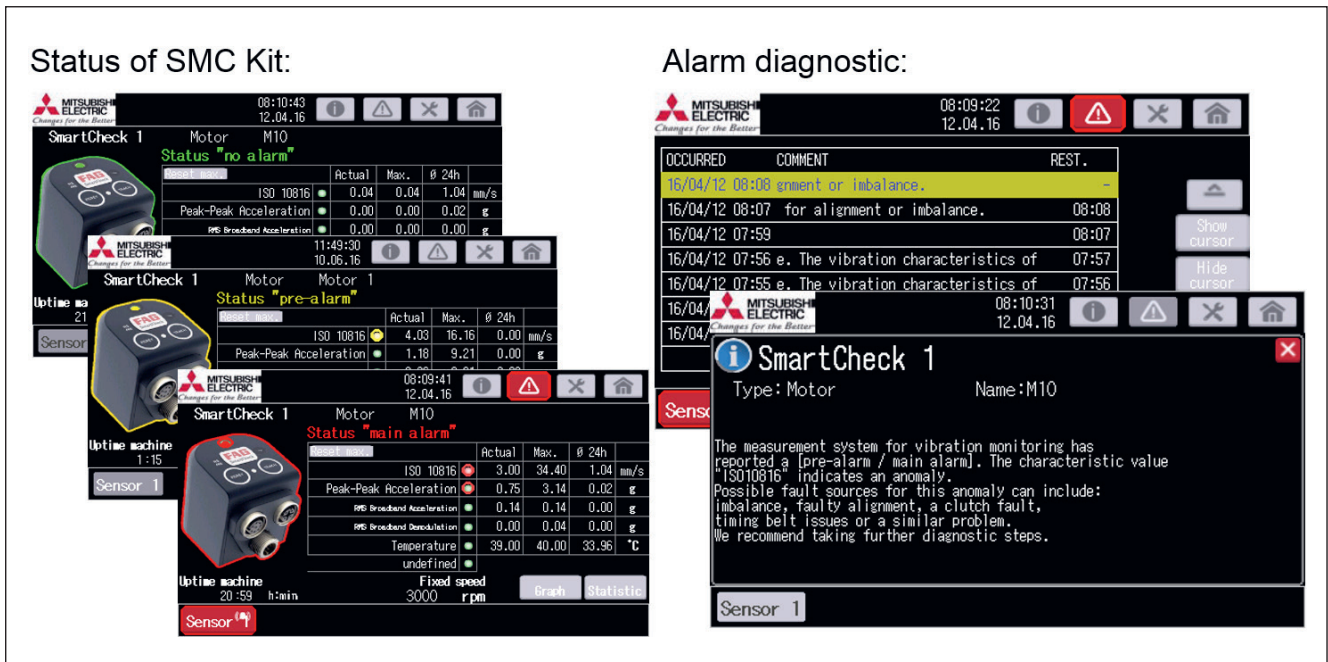
### ■ Namestitev in uporaba SCM KITA

Senzor vibracij se namesti na ustrezno mesto oziroma čim bližje želeni točki meritve. Slika 2 prikazuje primer položaja namestitve senzora (neposredno nad ležajem in radialno glede na vrtenje osi) za merjenje vibracij ležajev na elektromotorju.

V merilnem instrumentu je predvideno okno za prvi zagon, kjer se določi število priključenih senzorjev FAG in za vsak posamezen senzor tudi tip aplikacije (elektromotor, črpalka, ventilator itd.). Na tak način se samodejno določi prednastavljena konfiguracija senzora



**Slika 3.** Grafični prikaz statusa naprave in predhodnega zaznavanja potencialne okvare na podlagi alarmov



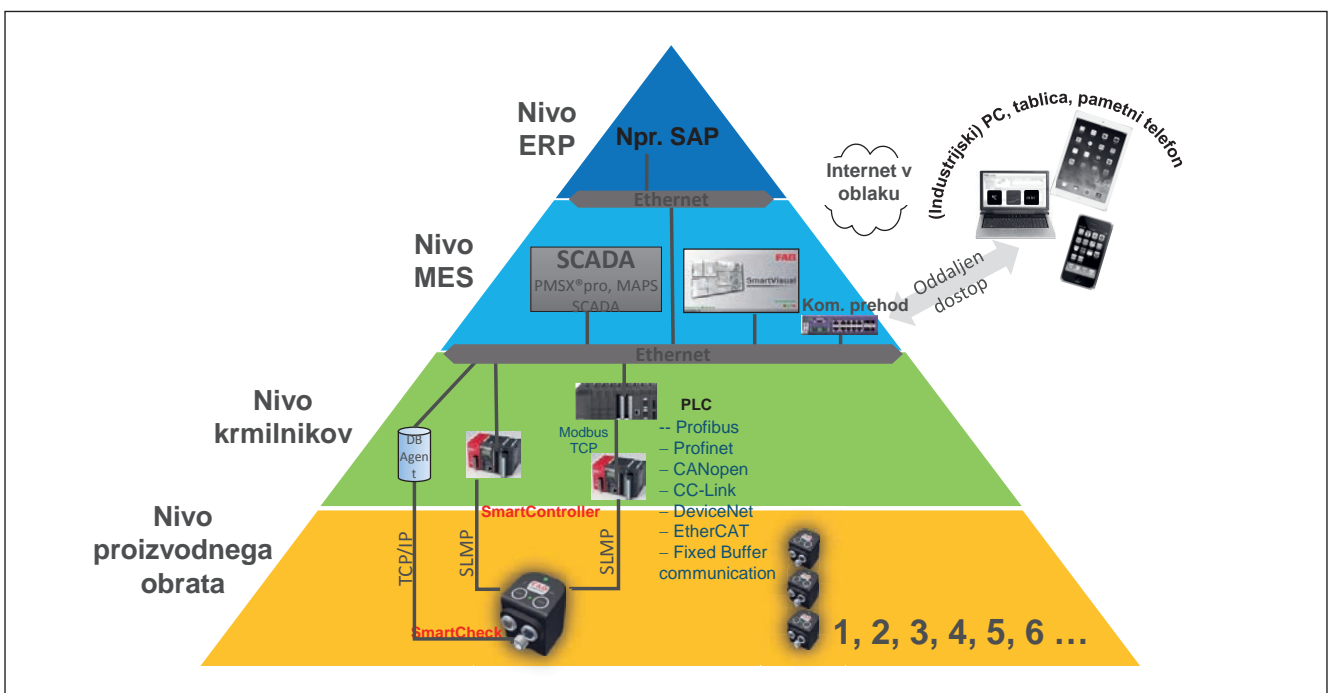
Slika 4. Prikaz statusov alarmov in diagnostike alarmov

dalje na krmilnike in preko ustrezne komunikacije informacije dalje sporoča na nivo vizualizacijskih naprav (MAPS/SCADA). Zaokrožena celota oziroma končna postaja informacij, pridobljenih s senzorjem vibracij, je nivo ERP (ang. Enterprise Resource Planning) – načrtovanja virov podjetja. S senzorjem vibracij je mogoče učinkovito pridobivati podatke, ki so podlaga za odločevalske procese v podjetju.

Taka rešitev na nivoju proizvodnega obrata s pomočjo naprednih funkcij samodejnega učenja in samodejne konfiguracije ter poenostavljene napredne diagnostike z možnostjo predlaganja vzrokov okvare predstavlja tudi enostavno in hitro implementacijo/uporabo. Rešitev predvidljivega vzdrževanja je razširljiva v večji sistem, ki uporablja vizualizacijo SCADA/MAPS, v primeru potrebe po daljinskemu

dostopu do senzorjev vibracij se lahko uporabi vmesnik RTU (ang. Remote terminal Unit), ki deluje s pomočjo signala GSM/GPRS in komunikacije TCP/IP.

**Vir:** Inea RBT Team. Inea RBT, oprema za avtomatizacijo, d. o. o., Stegne 11, 1000 Ljubljana, internet: [www.inea-rbt.si](http://www.inea-rbt.si), e-mail: [info@inea-rbt.si](mailto:info@inea-rbt.si), tel.: 01 5138 100



Slika 5. Umestitev senzorja vibracij in prediktivnega vzdrževanja v vertikali podjetja po industriji 4.0

## Germain Chambost, Jean-Pierre Mithois: PILOTES

Pri založbi Altipresse že nekaj časa izdajajo knjige z letalsko tematiko. Ena takih je tudi *Piloti* iz leta 2008, ki prinaša 19 resničnih zgodb pilotov, ki pripovedujejo o bombardiranju Kuvajta leta 1991. Jack Krine, poveljnik Airbusa A-320, je spregovoril o nori akrobaciji sovjetskega Mig-29, v napadu na Gadafija spoznamo operacijo Manta, Mag nas popelje med konstruktorje, ki želijo realizirati svoje sanje. Trije člani posadke, ki so leteli na progi Denver (Colorado)–Filadelfija (Pensilvanija) s trimotornim McDonnell Douglasom DC-10, nam pripovedujejo o nekem lepem jasnem dnevu z dobro vidljivostjo in letalom v popolni kondiciji in popolnim letom. Čista rutina, ki pa se spremeni v katastrofo z 111 mrtvimi in 185 preživelimi skupaj s posadko, ki nam je zaupala zgodbo. In že nas pritegne nova zgodba. Letališče Orly se 19. januarja 1975 spremeni v moro. V maščevanju usode se spoprimejo z odpovedjo motorjev in pristankom na koncu pristajalne steze. Mladi Gabonec Jean-Claude Brouillet pripoveduje zgodbo o tem, kako je postal pilot v Gabonu, ko se je vrnil iz francoske vojske. Mislil je, da bo postal voznik tovornjaka.

Njegova kariera je bila poln nesreč, včasih prav resnih, pogosto smešnih. Navduši nas zgodba o Kanadčanih, ki so gasili gozdne požare v srednji Franciji in na Korziki. Pravili so jim »nebesni kaskaderji«. V zgodbi o grahovem pireju spoznamo letalsko družbo Air Inter leta 1962. Od 1966 do 1970 je v Biafri potekal boj za samostojnost. Potrebovali so zdravila. O tem izvemo v zgodbi o misiji v Biafri. V zgodbi o zviti nogi spoznamo dogodke v Alžiriji 1940–1944. Bernard Ziegler opisuje, kako se je njegovo letalo, enomotorec T-6, znašlo v plamenih. Ni bilo časa za strah. Ali je bilo osemnajstletnike v II. svetovni vojni strah? To izvemo v zgodbi o tretjem napadu. Kako je, ko na krovu izbruhne požar, nam pripoveduje Walter Borner. Mirage III, pravili so mu »hiter kot misel, pozira kot cvetlica«. Njegov konstruktor Marcel Dessault ga je imenoval »čudež v puščavi«. Kako je, ko si v kabini slep zaradi slabega vremena? To nam pripovedujejo piloti, ki v ničelni vidljivosti prevažajo pošto na določene destinacije. Nikakor ne gre pozabiti na poklic pilota, njegovo učenje, izkušnje, težave in zadovoljstvo. Knjiga sklene



svojo pripoved z zgodbo poveljnika letala Kroesa in njegovim najdaljšim dnevom. *Zal.:* ALTI-PRESSE, april 2008, *ISBN:* 13: 978-2-911218-05-7; *obseg:* 302 strani, *cena:* 21 €.

*Mag. Aleksander Čičerov,*  
univ. dipl. pravnik, UL, Fakulteta  
za strojništvo,  
Uredništvo Ventila

# MIEL®

OMRON  
DISTRIBUTOR

### Avtomatizacija in pogoni

- PLK sistemi
- Omrežja
- Operaterski paneli (HMI)
- Frekvenčni pretvorniki
- Servo sistemi
- SCADA
- Industrijski roboti

### Industrijske komponente

- Mehanski in polprevodniški releji
- Časovni releji
- Števci
- Programabilni releji
- Stikalni napajalniki
- Stikala
- Temperaturni in procesni regulatorji
- Digitalni prikazovalniki
- Nivojski regulatorji

### Senzorika

- Senzorji z optičnimi vlakni
- Induktivna stikala
- Fotoelektrični senzorji
- Dajalniki impulzov
- Kamerni sistemi in senzorji
- RFID sistemi

### Varnostna tehnika

- Varnostne zavesne in senzorji
- Varnostni moduli
- Varnostna stikala
- Varnostni releji
- LED signalni stolpiči

## INDUSTRIJSKA SIGNALIZACIJA - NOVA SERIJA LR



Serijski LR odlikuje:

- odpornost proti vlagi in prahu (IP65),
- enostavno določanje zaporedja svetilnih enot in ohišja s sistemom "twist & lock",
- edinstvena notranja konstrukcija, ki dosega 360° oddajanje zvoka in svetlobe,
- možnost nastavitve 4 vrst alarma ter nastavitve utripanja luči,
- na voljo v dolžinah 400 mm, 500 mm, 600 mm in 700 mm.



2 leti  
garancije

Zvočna  
opozorila

Robustna  
izvedba

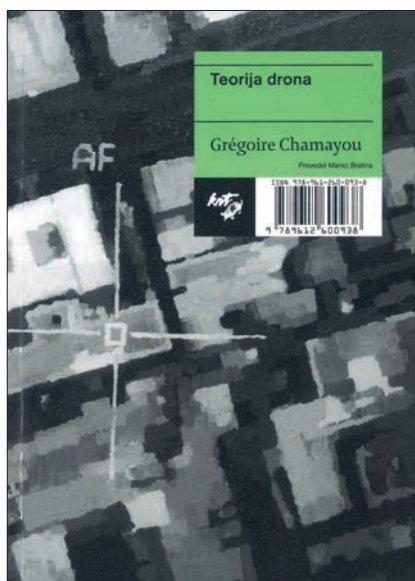
Ostra 360°  
vidljivost

Preprosta  
konfiguracija

## Droni

Chamayou Grégoire: Teorija drona (Théorie du drone) – Naslednje jutro bo prišla druga posadka in prevzela vajeti. Pilot in upravljaavec bosta sedla v 4 x 4 in se v slabi uri vrnila k ženi in otrokom – v spokojno spalno četrt Las Vegasa.

V načelu oborožen dron ponuja možnost hipne in razmeroma poceni uporabe sile povsod po svetu brez nevarnosti za napadalca. Avtor knjige, francoski filozof mlajše generacije, raziskuje povezave med znanostjo in tehnologijo. Vsak stroj je mogoče »dronizirati«, če v njem ni več človeške posadke. Po definiciji ameriške vojske je dron daljinsko ali avtomatično upravljano kopensko, vodno ali zračno vozilo, pravi Chamayou. Knjiga Teorija drona se ukvarja z zračnimi droni. Njihova uporaba briše mejo med vojno in mirom. Vojaška uporaba dronov ne sledi logiki miru, saj bi šlo v tem primeru za izvensodne poboje, niti logiki vojne, ki ima prav tako svoja pravila (vojno pravo). Uporaba dronov postavlja številna



vprašanja: kaj je to sovražno okolje, lov na človeka, nadzorovanje in uničenje, protiuoporništvo iz zraka, etos in psiha pilotov, poveljujočih, umirajo naj drugi, psihopatologija in travme pilotov drona (cit., str. 101: »banda cmeravcev ... Spodite jih iz službe in zaposlite koga, ki mu ni preveč stresno posedati v klimatizirani prikolici in se vsak večer vračati

domov iz službe.«). Avtor se sprašuje, kakšna je imuniteta borca in o vojni od daleč. Kje so torej meje tehnologije, kje postaviti črto, čez katero nihče ne sme? Bo človeštvo res dovolilo, da se samo uniči?

Odlična knjiga, strokovno podprta in grozljivo neposredna. Morda nas bo prebudila, da se zavemo, da smo iz igrčke naredili nekaj, kar nas bo uničilo. Etika boja postane z dronom etika usmrtiltve, ta pa nima ničesar opraviti z jus in bello (lat.: pravica do vojne), ki ga samo izkorišča, da bi našli izgovor za sprejemljiv umor. To je etika morilcev in eksekutorjev, ne pa borcev. Prebudimo se vendar iz otroških sanj!

ISBN 978-961-260-093-8, Založba Le Fabrique édition, 2013, obseg 239 strani, prevod Marko Bratina.

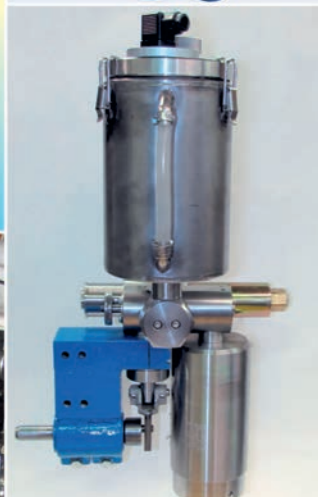
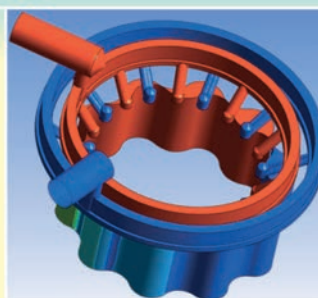
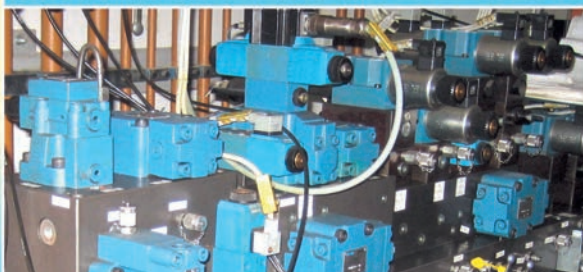
Mag. Aleksander Čičerov,  
univ. dipl. pravnik, UL, Fakulteta za  
strojništvo,  
Uredništvo Ventila

## LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Ukvarjamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno PK hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo. To se odraža v večjem številu uspešno zaključenih projektov in sodelovanju z uspešnimi slovenskimi podjetji.

Obrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih sestavin in naprav
- izdelavo hidravličnih naprav
- izboljšave in popravilo hidravličnih naprav in strojev
- izdelavo sodobnega krmilja za hidravlične stroje
- izobraževanje na področju hidravlike
- ekološke hidravlične naprave za pitno vodo
- izdelavo ali izris hidravličnih shem
- itd.



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo  
Aškerčeva 6  
1000 Ljubljana  
T: 01/4771115, 01/4771411  
E: lpkh@fs.uni-lj.si  
<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>



## Nove knjige

[1] Anonim: **NTEA Truck Equipment Handbook** – Ameriško združenje industrije delovnih tovornjakov (NTEA – The Association for the Work Truck Industry) je izdalo priročnik za opremo delovnih tovornih vozil, tovornjakov. Namenjen je izdelovalcem, trgovcem, kupcem in uporabnikom. Tehnične informacije so predstavljene v konciznem in jasnem jeziku. Obravnavane so različne izvedbe opreme z ustreznimi opisi, grafi in diagrami, ki ilustrirajo delovanje in omogočajo izračune (kot so: analize obremenitve, razporejanje tovora, težišča itd.) ob upoštevanju federalnih standardov varnosti, označevanje osvetljevanja ipd. Dodan je tudi slovar tovrstne opreme. Priročnik je zanimiv tudi za fluidnotehniške strokovnjake, saj je vključena ustrezna hidravlična in pnevmatična oprema.

– *Zal.:* NTEA (dodatne informacije na spletnem naslovu: <http://hidraulicspneumatics.com>; 2017; *cena:* 29,00 USD).

[2] Khalil, M.: **Hydraulic Systems Volume 2: Electrohydraulic Components and Systems** – Uveljavljeni profesor fluidne tehnike na *Milwaukee School of Engineering* dr. Medhat Khalil, enem od ameriških centrov razvoja fluidne tehnike (eden od znanih začetnikov je prof. Russel W. Henke), je po številnih knjigah (seznam je dosegljiv na spletnih straneh založbe) pripravil spoštovanja vreden priročnik o elektrohidravličnih sistemih. Uporabniki bodo v njem našli vsa potrebna znanja in podatke o konstrukcijskih izvedbah in načelih delovanja elektrohidravličnih krmilnih sistemov. Avtor po-

globlji obravnava elektrohidravlične sestavine, vključno z elektromagnetno vkrmljenimi ventili, proporcionalnimi in servoventili ter potrebnimi ojačevalniki. Vključene so tudi podrobnosti o delovanju, zagonu in ravnanju z elektrohidravličnimi sistemi, delujočimi v odprtih ali sklenjenih krmilnih zankah. Knjiga predstavlja tudi navodila za izbiranje in dimenzioniranje obravnavanih sestavin, osnove njihovih povezav z elektronsko krmilno opremo, vključno z navodili za prilagajanje ojačevanja, omejevanje moči, modulacijo in nastavljanje drugih parametrov delovanja sistemov.

– *Zal.:* Hydraulics & Pneumatics, spletni naslov: <http://hydraulic-spneumatics.com>; 2017; *cena:* 150,00 USD.

## Matematično modeliranje hidravličnih naprav tudi v ISO-standardih

Matematični model je enačba ali sistem enačb, ki se uporabljajo za predvidevanje funkcionalnosti in učinkovitosti vezij, naprav in strojev v določenih razmerah delovanja.

O matematičnem modeliranju v hidravliki potekajo številne raziskave v različnih raziskovalnih centrih in na univerzah, večkrat letno pa o tem poročajo v uveljavljeni reviji *International Journal of Fluid Power (IJFP)*. V ZDA to problematiko raziskujejo v Centru za kompaktno in učinkovito fluidno tehniko (*Center for Compact and Efficient Fluid Power*), ki povezuje raziskovalce, učitelje, študente in industrijo. O prizadevanjih in dosežkih pa poročajo na številnih tehniških konferencah.

Matematični modeli črpalk, motorjev, ventilov in delovnih valjev so nujni za simulacije in napovedi njihove moči in učinkovitosti. Z dobrimi modeli in simulacijo so mogoče inovativne aplikacije, še preden nastanejo stroški za izdelavo prototipov. Posledično lahko vnaprej ocenimo, kako se bodo obnašali prototipi, še preden jih izdelamo.

Navadno je rezultat modeliranja in simulacij učinkovita izvedba in ne samo predvidevanje.

Standardizirani matematični modeli so zato postali tekoča naloga Podkomiteja za preskušanje ISO 131 (*Testing Subcommittee ISO/TC-131/SC-8*). Pripravlja se nabor med-

narodno sprejemljivih in standardiziranih matematičnih modelov.

Skupina strokovnjakov v sestavi dr. Jose Garcio z univerze Purdue, Paul Michael z MSOE-ja (Milwaukee), John Montague (upokojenec iz Bosch Rexrotha) in Jack L. Johnson (iz uredništva revije H & P) je že pripravila model za hidravlične črpalke, o katerem bodo po programu dela razpravljali že letos v maju na srečanju v San Antoniu.

Več o obravnavani problematiki na naslovu: [jack@idasenq.com](mailto:jack@idasenq.com).

*Po H & P 70 (2017) 1 – str. 6  
A. Stušek, uredništvo revije Ventil*



Ponujamo rešitve za industrijsko avtomatizacijo:

- › PLC krmiljenje, HMI naprave
- › Mehatronika, večosni servo sistemi
- › Industrijska Ethernet omrežja
- › Komponente za avtomatizacijo

Zastopamo podjetja:

- › Rockwell Automation • Allen-Bradley
- › Pentair • Hoffman
- › Molex
- › Panduit
- › Prosoft Technology
- › Kepware



info@tehna.si • www.tehna.si

Tehnološki park 19 • 1000 Ljubljana



Upoštevanje človeka  
je prvo pravilo robotike.



# Man and Machine

www.staubli.si

**Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?**

Kontakt: Brane Čenčič, Tel.: 00386 41 747 536, brane.cencic@domel.com

**DOMEL®**  
Ustvarjamo gibanje

**STÄUBLI**

Stäubli is a trademark of Stäubli International AG, registered in Switzerland and other countries. © Stäubli 2016, Semaphore & Co 2014  
"Man and machine" is a registered trademark of Stäubli International AG.



# PPTcommerce d.o.o.

PPT commerce d.o.o., Celovška 334, 1210 Ljubljana-Šentvid, Slovenija  
tel.: +386 1 514 23 54, faks: +386 1 514 23 55,  
e-pošta: info@ppt\_commerce.si, www.ppt-commerce.si

## HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

[www.ppt-commerce.si](http://www.ppt-commerce.si)



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



**BETTIS**<sup>™</sup>

**Dantorque**<sup>™</sup>



**Shafer**<sup>®</sup>



brez naročnine  
(plačilo samo PTT stroški)

brezplačna  
spletna PDF revija

WWW.SVET-ME.SI

poišči si svoje  
točke  
po sloveniji

## Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Filtriranje po priporočilih ekspertov** – <http://hydraulicspneumatics.com/hydraulic-filters/filtration-advice-experts> – Če želite bolj učinkovito in zanesljivo delovanje strojev s hidravličnim pogonom in krmiljenjem, potem je dobro imeti čim več informacij. V mislih imamo informacije o filtriranju hidravličnih naprav in najboljših izkušnjah izdelovalcev ustrezne filtrirne opreme – še posebno pri omejenem proračunu. Objava ponuja ustrezne reference.

[2] **Hidravlika pospešuje brizganje plastičnih materialov** – <http://hydraulicspneumatics.com/blog/hydraulics-give-injection-blow-molder-boost> – Stroji za brizganje plastičnih materialov firme *JomarCorp.* se uporabljajo za izdelavo tankostenskih plastičnih izdelkov, kot so platenke in posode. Najnovejši Jomarjev stroj z oznako modela 85S je opremljen s servopogonskim hidravličnim sistemom *Syntronic* firme *Bosch Rexroth*.

[3] **Izkušnje z vozilom za smeti** – <http://hydraulicspneumatics.com/waste-management/thermal-analysis-garbage-truck-s-hydraulics> – Kaj se dogaja, če hidravlična naprava deluje pri temperaturi delovnega fluida nad 80°C? Izdelan je model tudi za študij termodinamičnega obnašanja hidravlične naprave tovornega vozila za smeti, ki se lahko uporabi za študij hidravličnih naprav na tovornjakih za druge namene.

## Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	111, 170
BECKHOFF, d. o. o., Medvode	121
DOMEL, d. d., Železniki	168
DVS, Ljubljana	113
FESTO, d. o. o., Trzin	89, 172
HYDAC, d. o. o., Maribor	104
ICM, d. o. o., Celje	129
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGRN, Lesce	89
INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija	139
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	97
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	89, 165
OLMA, d. o. o., Ljubljana	89
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	89
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	89
PH Industrie-Hydraulik GmbH, Spröckhovel, Nemčija	103
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri	89, 90
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	169
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	156, 171
S3C, d. o. o., Ljubljana	89
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	161
SUN Hydraulik, Erkelenz, Nemčija	105
TEHNA, d. o. o., Ljubljana	168
UL, Fakulteta za strojništvo	92, 108, 166
UM, Fakulteta za strojništvo	99
VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri	89
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	109