

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 26 / 2020 / 1 / Februar

Merjenje
pretoka plina

Prehod v
celovito opredelitev
CAD-modela

Učinkovitost
proizvodnje

Integracija
ergonomije v
pametne hiše

PPTcommerce d.o.o.

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

www.ppt-commerce.si

FISHER

ELMatic™

Dantorque

HYTORK

Shafer

BETTIS

Field

EMERSON
Process Management



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

MIEL omron
www.miel.si

Parker

ppt commerce

OMEGA
AIR

HIDRAVLICNE NAPRAVE



Obdelovalni stroj



Hidromehanska oprema



Ladijski vitel

ZNANOST, UPORABNA ZNANOST, RAZISKOVALNO IN RAZVOJNO DELO, INOVATIVNOST IN PODJETNIŠTVO



Vse besede v naslovu so poznane in vsak ve, kaj pomenijo. Večina tudi ve, da sta znanost in uporabna znanost povezani in da so povezani tudi raziskovalno in razvojno delo ter inovativnost. Le malo, vsaj pri nas, pa se ve, da bi morale biti za znanstvenike vse besede, navedene v naslovu, med seboj smiselno in tesno povezane.

In pri nas je med znanstveniki in raziskovalci prav ta težava. Pogosto od znanstvenikov slišimo, da se ne bodo ukvarjali z razvojnim ali raziskovalnim delom in še manj z inovativnostjo. Ko pa omenim podjetništvo, od te besede bežijo, ne samo znanstveniki, ampak tudi številni raziskovalci in inovatorji; predvsem tisti, ki delajo v javnih raziskovalnih zavodih.

Ko bomo v Sloveniji razumeli, da je treba vsa dejanja, ki spadajo v besede, navedene v naslovu, povezati in da je vsako znanstveno, razvojno in inovativno delo treba osmisлити s podjetništvom, bo prav gotovo situacija na tem področju mnogo bolj živa, zdrava in spodbudna za našo industrijo.

V Sloveniji se od časa do časa odpre razprava o financiranju znanosti. Tudi v zadnjem obdobju. Vsi, ki pišejo o tej problematiki, jamrajo, da je premalo denarja. Mogoče to drži, še posebno, če se primerjamo z drugimi državami ali pa pri nas na primer s kulturo, ki živi v primerjavi z znanostjo prav razkošno.

Nihče pa se, vsaj javno, ne spusti v način financiranja in v način porabe denarja, ki ga daje država za ta namen.

Mogoče imamo v naši državi na področju znanosti in raziskovalnega dela preveč javnih zavodov in programskih skupin. Obe navedeni skupini sta financirani »vnaprej«. Merila za pridobitev financiranja javnih zavodov in programskih skupin pa so le »znanstvena«, kot so objave v priznanih revijah, citiranost, indeks H in podobno. In prav v tem je največja težava. Če bi bila merila na primer razvojne rešitve in inovacije v podjetjih, ustanavljanje novih podjetij, ki bi delovala na trgu, potem bi bil ta obstoječi način financiranja povsem upravičen. V situaciji, kot jo ima-

mo, pa ti javni zavodi premalo naredijo za slovensko industrijo, za nove produkte in tehnologijo, ki bi bila konkurenčna na mednarodnem trgu.

Slovenska industrija pa predvsem na širšem strojniškem področju vedno bolj zaostaja za razvitim svetom. Kdor tega ne pozna, ne ve, ne razume in ne vidi, je slep.

Da bom bolje razumljen, bom konkreten. V novembru leta 2019 je bil v Frankfurtu sejem Formnext, na katerem so razstavljal podjetja, ki se ukvarjajo s 3D tehnikami izdelave orodij in izdelkov za različne namene, z laserskim tiskanjem, z WAAM-tehniko, z novimi materiali v obliki prahu in tanke žice in podobno, s stroji za 3D tehnike, z napravami za skeniranje in drugo. Vse to spada na področje orodjarstva in livarstva ter širšega strojniškega področja. Na tem sejmu med okoli 800 razstavljalci z različnih koncev sveta ni bilo niti enega podjetja, ustanove ali predstavnika iz Slovenije.

Letos januarja pa je bil v Nürnbergu sejem Euroguss, ki je poleg livarstva in orodjarstva pokrival podobne dejavnosti kot tiste, ki so bile na sejmu novembra v Frankfurtu. Na tem sejmu je bilo prisotnih okoli 800 podjetij, prav tako z različnih koncev sveta, in med njimi kar trinajst podjetij iz Slovenije, ki so razstavljal povsem samostojno. To je neverjetna in zelo spodbudna številka. Pohvala gre vsem našim podjetjem, ki se opogumijo in se podajo na mednarodno pot.

Če nekoliko analiziramo oba sejma, lahko zelo hitro ugotovimo, da je sejem Formnext novejši in da na njem razstavljaljo inovativna podjetja z inovativnimi tehnologijami, ki so v preteklosti vložila ogromna denarja in časa v razvoj in raziskave. Euroguss pa je sejem s klasičnimi strojniškimi tehnologijami, na katerem so ravno tako prikazane tudi nekatere nove tehnike in tehnologije, vendar ne tako intenzivno kot na Formnextu.

In v tem vidim težavo za Slovenijo, za njen razvoj in celo znanost. Zakaj na Formnextu ni slovenskih podjetij ali inštitucij? Zakaj na takšnem sejmu niso prisotni slovenski javni raziskovalni zavodi ali programske skupine? Odgovor je preprost: ker je to težko. Lažje je pisati članke, pridobiti zadosti citiranosti kot razvijati nove tehnike, nove stroje ali novo opremo.

In smo ponovno pri merilih za pridobitev javnega denarja za financiranje znanosti, ki so neprimerna in predvsem nespodbudna za sodelovanje z industrijo ali za razvijanje tržno zanimivih produktov.

Če bi javni raziskovalni zavodi živeli in delali v smislu povezovanja pomena besed, ki so navedena v naslovu, bi se prav gotovo mnogi od njih lahko predstavili tudi na Formnextu.

Janez Tušek

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



EMERSONTM
Process Management



BETTISTM

DantorqueTM

HYTORKTM

Shafer[®]



JUBILEJ	
Janez Tušek, Anton Stušek	
Jubilej izhajanja naše revije Ventil	6
PREDSTAVITEV	
Tomaž Perme	
Industrijska transformacija z digitalno avtomatizacijo in umetno inteligenco	10
DOGODKI • POROČILA • VESTI	
Janez Tušek	
Pogled na sejem Euroguss v Nürnbergu v Nemčiji	14
NOVICE • ZANIMIVOSTI	20
MERJENJE PRETOKA PLINA	
Gregor Bobovnik, Klara Arhar, Jože Kutin	
Validacija merilnega sistema za merjenje pretoka plina z laminarnim tokovnim elementom	32
INDUSTRIJA 4.0	
Uroš Urbas, Nikola Vukašinović, Ivan Demšar	
Prehod v celovito opredelitev CAD-modela (MBD)	38
UČINKOVITOST PROIZVODNJE	
Lan Terseglav, Žiga Gosar, Janez Kušar, Tomaž Berlec	
Vpliv avtomatizacije procesa namestitve lepilnega traku na učinkovitost proizvodnje	44
ERGONOMIJA	
Branislav Šmitek, Zvone Balantič	
Izkušnje I 4.0 pri integraciji ergonomije v pametne hiše	50
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Decentraliziran oddaljeni I/O sistem CPX-AP-I (FESTO)	60
Elektromagnetni ventil za vodo (S3C)	61
BIONIKA	
Janez Škrlec	
Naslednja generacija bioničnih in ovacij	58
NOVOSTI NA TRGU	
Samson SED: Krogelne pipe serije STERIFLU (GIA-S)	62
Precizna krogelna vretena proizvajalca THOMSON LINEAR (INOTEH)	63
Plinske potezne vzmeti (INOTEH)	64
Nova generacija vrtljivih priključkov – Heavy Duty 360° (PARKER HANNIFIN)	64
Univerzalni regulatorji Unidrive M (PS)	65
Najmanjši 5-potni ventil (SMC)	65
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Značilnosti vodno in zračno hlajenih hladilnikov industrijske vode (OMEGA AIR)	66
LITERATURA • LETALSTVO	
Aleksander Čičerov	
Zadaj in onkraj Čikaške konvencije – Razvoj zračne suverenosti	70
LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA	
Nove knjige	73
ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE	73
PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI	
Zanimivosti na spletnih straneh	74

JUBILEJ IZHAJANJA NAŠE REVIJE VENTIL

Janez Tušek, Anton Stušek

Z decembrsko, šesto lansko izdajo revije Ventil smo sklenili petindvajset let njenega neprekinjenega izhajanja. Ob tem lepem jubileju pogledjmo nazaj, kako smo revijo razvijali, kako spreminjali njeno podobo, kakšna je danes in kaj načrtujemo za prihodnost.



Naslovnica Biltena Odbora za Fluidno tehniko (OFT)

Do ustanovitve revije Ventil je prišlo po skupnem prizadevanju Fakultete za strojništvo v Ljubljani, Združenja za fluidno tehniko Slovenije in Slovenskega društva za fluidno tehniko leta 1995. Današnje glasilo za fluidno tehniko, avtomatizacijo in mehatroniko izhaja šestkrat letno. Izdaja ga Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani. Njena soustanoviteljica pa sta Slovensko društvo za fluidno tehniko in Fluidna tehnika pri Združenju kovinske industrije v Gospodarski zbornici Slovenije.

Prof. dr. Janez Tušek, glavni in odgovorni urednik
Mag. Anton Stušek, pomočnik glavnega in odgovornega urednika

Do leta 1980 rednih objav strokovnih besedil na področju fluidne tehnike v slovenščini praktično ni bilo. Občasno so se pojavljala le gradiva za dopolnilno izobraževanje v okviru tečajev in seminarjev o pnevmatiki in hidravliki pri Zavodu za tehnično izobraževanje v Ljubljani. Skript in učbenikov za redno poklicno, srednje- in visokošolsko izobraževanje takrat še ni bilo niti strokovnega in poslovnega združenja za to področje. Z razvojem področja pa je bil v okviru Združenja kovinske industrije pri Gospodarski zbornici Slovenije ustanovljen Odbor za fluidno tehniko kot poslovno združenje proizvajalcev in dobaviteljev hidravlike in pnevmatike, v okviru Zveze strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije pa je bilo ustanovljeno Slovensko društvo za fluidno tehniko. V sodelovanju Odbora za fluidno tehniko in Slovenskega društva za fluidno tehniko smo začeli občasno izdajati Bilten Odbora za fluidno tehniko. Običajno sta izšli po dve izdaji na leto, osnovna vsebina pa je navadno obsegala poročila o aktivnosti Odbora za fluidno tehniko in Slovenskega društva za fluidno tehniko, predstavitev podjetij članov Odbora za fluidno tehniko, pomembne novice na področju standardizacije ter zanimive kratke strokovne prispevke.

Ob upoštevanju razvoja stroke in izhodišč omenjenih združenj ter izkušenj z občasnim izdajanjem Biltena Odbora za fluidno tehniko sta Slovensko društvo za fluidno tehniko in takratno Združenje za fluidno tehniko (prej Odbor za fluidno tehniko) leta 1995 usta-

novila časopis za tehniko pogona in krmiljenja s fluidi VENTIL, ki ga je izdajala Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije. Prvi letnik je izšel le v enem zvezku. Vsebina je obsegala štiri poročila: o skupščini Združenja za fluidno tehniko, o CETOP-u (Evropski komite za oljno hidravliko in pnevmatiko – Comité Européen Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques) v Sloveniji, o delu v komiteju TC HPV (hidravlika in pnevmatika) pri Uradu za standardizacijo in meroslovje ter o 3. strokovni konferenci o fluidni tehniki v Mariboru. Predstavljen je bil še pogovor z direktorjem znanega podjetja na področju hidravlike Kladivar – Žiri in dodanih pet strokovnih prispevkov ter seznam priporočil CETOP-a. Revija je začela izhajati v skromnih razmerah, brez dovolj izbranih sodelavcev ter ustrezne službe za trženje in distribucijo, s šibkim finančnim servisom Zveze strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije. Iniciativno uredništvo je takrat prevzel mag. Anton Stušek kot ustanovitelj in prvi urednik revije (1995–1996). Prva dva letnika sta obsegala skupno štiri zvezke, čeprav je bil cilj izdajanja po štiri številke letno. Vsebina je najprej obsegala predvsem poročila o dejavnostih ustanoviteljev in njihovih organov, pomembne novice na področju fluidne tehnike v svetu, predvsem v Evropi, predstavitev domačih podjetij na obravnavanem področju ter vedno nekaj zanimivih strokovnih prispevkov. V posebnih rubrikah so bila obravnavana vprašanja standardizacije in priporočil ter ustrezne računalniške program-



Celostna podoba prve izdaje revije Ventil

ske opreme. Redno so bile predstavljene nove knjige in sezname znanstveno-strokovnih prirediteljev doma in po svetu. Stroške izdajanja so krili predvsem oglasi domačih izdelovalcev in dobaviteljev tovrstne opreme. Avtorski prispevki se niso honorirali. Za ustrezno organizacijsko urejeno in finančno ustaljeno delovanje revije je bil odločilen dogovor o ureditvi ustanoviteljskih in izdajateljskih razmer za revijo Ventil, sklenjen junija 1997 med Slovenskim društvom za fluidno tehniko pri Zvezi strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije, Odborom za fluidno tehniko pri Gospodarski zbornici Slovenije in Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani. Z dogovorom je uredništvo in izdajateljstvo prevzel Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani s predstojnico doc. dr. Dragico Noe, univ. dipl. inž., in novim urednikom dr. Nikom Herakovičem, univ. dipl. inž. (1997–2004).

Ob tem je bil na predlog novega urednika sprejet tudi nov koncept revije z naslednjimi poudarki:

- ▶ vsebina revije naj vključuje znanstvene in strokovne prispevke;
- ▶ poudarek vsebin naj bo na

fluidni tehniki z mehatroniko, avtomatizacijo ter strego in montažo;

- ▶ revija naj postane mednarodna; v vsaki izdaji naj bosta vsaj dva pomembnejša prispevka (vsaj en znanstveni; tuji prispevki so lahko objavljeni v angleškem ali nemškem jeziku in naj bodo opremljeni z razširjenim povzetkom v slovenskem jeziku);
- ▶ poleg glavnega urednika, njegovega pomočnika in uredniškega odbora se redno zaposli še tehnični urednik; oblikuje naj se tudi izdajateljski oz. programski svet z uveljavljenimi domačimi strokovnjaki in nekaj uglednimi tujimi znanstveniki (prof. Backé in prof. Murrenhoff iz Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen (IFAS), prof. Yamada iz Japonske in od drugod – Avstrija, Češka, Hrvaška, Madžarska ...);
- ▶ financiranje: Ministrstvo za znanost in tehnologijo, delno sofinanciranje ustanoviteljev, ustrenejša reklamna politika (nosilec: tehnični urednik).

Vsi predlogi novega urednika so se med njegovim urednikovanjem tudi uveljavili. Ob tem so bili v programski svet poleg domačih strokovnjakov imenovani še tuji znanstveniki (prof. dr. Hubertus Murrenhoff – Aachen, prof. dr. Hironao Yamada in prof. Takayoshi Muto – Japonska, prof. dr. Peter Kopacek – Avstrija, prof. dr. Gojko Nikolić – Hrvaška).

Pozneje sta uredniško vlogo prevzela doc. dr. Tomaž Perme (2005), ki je postavil novo zasnovo naslovnice revije, in urednica izr. prof. dr. Dragica Noe (2006–2007), ki je uveljavila prehod na šest izdaj v letniku in razširila vsebine z več prispevki o avtomatizaciji in mehatroniki, z upoštevanjem še obrobnihih področij, kot so merilna tehnika, računalništvo in informacijska tehnologija. Trenutno je glavni in odgovorni urednik prof. dr. Janez Tušek (2008–). Postavljen je bil nov koncept vsebine z razširitvijo na nekatera druga sorodna podro-

čja, poudarek je tudi na povečanju števila znanstvenih prispevkov tujih avtorjev in predstavitev tujih dobaviteljev opreme. Izdajateljstvo je preneseno neposredno na Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Za ustrezno računalniško oblikovanje prispevkov, marketing in distribucijo že več kot 20 let skrbi redno zaposleni tehnični urednik Roman Putrih. Lektoriranje besedil že od začetka izhajanja revije vestno in nadvse redno opravljajo dr. Marjeta Humar za slovenščino ter dr. Paul McGinness, Robert McKenzie in Andrea Potočnik za angleščino. Vsa leta, od leta 1997, je pomočnik glavnega urednika mag. Anton Stušek.

Letniki do 2005 so izhajali v štirih številkah na približno 60 ali 70 straneh. Zadnji letniki pa izhajajo s po šest zvezki, povprečno z 80 stranmi. V vsaki izdaji je navadno objavljenih okoli 20 reklamnih oglasov. Vsebina posamezne izdaje je navadno razdeljena na 10 ali 15 rubrik, med katerimi so stalne rubrike novice, poročila, znanstveni prispevki, strokovni prispevki, iz prakse za prakso, novosti na trgu, standardi in priporočila, nove knjige, zanimivosti na spletnih straneh ter seznam znanstvenih in strokovnih prire-



Naslovnica zadnje, 6. številke 25. letnika revije Ventil

ditev. Občasne rubrike pa so intervjuji, pogovori in predstavitve podjetij; poklicno srednje strokovno in visokošolsko izobraževanje, programska oprema, terminologija idr.

Zadnja leta vsaka izdaja revije objavlja 2 ali 4 znanstvene prispevke, najmanj enega v tujem jeziku. Do zdaj je bilo objavljenih približno 250 znanstvenih prispevkov, med njimi okoli 100 tujih. Znatno število teh prispevkov so vzporedne objave referatov v zbornikih naših bienalnih konferenc o fluidni tehniki v Mariboru. Večino strokovnih prispevkov so objavili avtorji iz domačih podjetij ali predstavništva uveljavljenih tujih dobaviteljev. V skupini pomembnih strokovnih prispevkov so tudi pogovori in intervjuji z uveljavljenimi znanstveniki, učitelji in strokovnjaki iz industrije, med njimi z nekaj pomembnimi iz tujine (prof. dr. h. c. Wolfgang Backé iz Aachna, prof. dr. Hubertus Murrenhoff, direktor IFAS-a, iz Aachna, A. Bolzani, predsednik CETOP-a, prof. dr. Marcus Geimer – TU Karlsruhe, dr. ing. Heinrich Theisen – IFAS, prof. dr. Siegfried Helduser – TU Dresden, Ronald Knecht – podjetje Quaker (hidravlični fluidi)). Pridružujejo se pogovori z vsemi aktualnimi predsedniki domačih združenj (Slovenskega društva za fluidno tehniko in Združenja za fluidno tehniko) ter s številnimi predstavniki domačih podjetij in pomembnih tujih dobaviteljev v okviru predstavitve njihovih podjetij in izdelkov. V uvodnem delu vsake od izdaj so objavljene pomembne novice z obravnavanih podro-

čij doma in po svetu ter poročila o pomembnih dogodkih in dejavnostih domačih in mednarodnih strokovnih združenj (Združenja za fluidno tehniko, CETOP, VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau – Nemško združenje strojne industrije), NFPA (National Fluidpower Association – Ameriško združenje za fluidno tehniko), ISO (International Organization for Standardization – Mednarodna organizacija za standardizacijo), CEN (Comité Européen de Normalisation – Organizacija za standardizacijo pri Evropski uniji).

Novosti, povezane z domačimi in tujimi podjetji, ter zanimivosti o novih izdelkih so objavljene v rubrikah aktualno iz industrije, iz prakse za prakso, podjetja predstavljajo ter novosti na trgu. Občasna rubrika »Ali ste vedeli« ima namen spomniti bralce na osnove in temeljna strokovna spoznanja, predvsem na področjih fluidne tehnike. Pogosto so objavljeni prispevki o izobraževanju na splošno in s poudarkom na tehničnem izobraževanju. Obravnavana so splošna vprašanja, izobraževalni programi ter organizacija praktičnega pouka, vključno s predstavitvijo laboratorijev in inštitutov, skupaj z visokošolskim izobraževanjem in znanstvenoraziskovalnim delom. V okviru rubrike »standardizacija in priporočila« so predstavljeni celotni seznami pri nas veljavnih standardov za fluidno tehniko in industrijske ventile (SIST ISO, SIST EU idr.), objavljena redna poročila o dejavnosti tehničnega odbora HPV v okviru SIST ter redno kome-

tirane novosti v mednarodni in za nas zanimivi tuji nacionalni standardizaciji na obravnavanih področjih. Nekaj prispevkov je tudi v rubriki »programska oprema«. Proti koncu vsakega zvezka so redne objave v rubriki »nove knjige« na obravnavanih in obrobni področjih, o »zanimivostih na spletnih straneh« ter o prihajajočih »znanstvenih in strokovnih prireditvah« doma in po svetu (sejmi, razstave, konference, kongresi, seminarji ipd.).

Izdajatelj in uredništvo revije Ventil tudi v prihodnje načrtujeta izhajanje revije šestkrat letno s približno 80 stranmi v vsaki številki. Vsebina naj bi ostala približno enaka kot zdaj. Seveda ob nenehnem prizadevanju za izboljšanje njene znanstvene, strokovne in jezikovne ravni, vključno s še lepšo zunanjo podobo in še bolj premišljeno oblikovanimi strokovnimi oz. reklamnimi oglasi.

Ob tej obletnici se v imenu uredništva revije Ventil zahvaljujemo vsem, ki so v preteklosti z več vidikov tako uspešno vodili revijo: mag. Antonu Stušku, prof. Niku Herakoviču, dr. Tomažu Permetu, prof. Dragici Noe, seveda gre posebna zahvala tehničnemu uredniku Romanu Putrihu in vsem avtorjem člankov in prispevkov, podjetjem za oglaševanje, lektorjem, recenzentom in drugim. Ne nazadnje gre zahvala tudi trenutnemu dekanu Fakultete za strojništvo prof. dr. Mitjanu Kalinu, univ. dipl. inž., in vsem vodjem fakultete v preteklosti, ki so moralno in delno materialno podpirali izdajanje revije Ventil.

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2020 - ASM '20

2. decembra 2020

aktualne novice o posvetu so na voljo na www.posvet-asm.si



Celjski sejem

31. marec-3. april 2020

SEJEM INDUSTRIJSKEGA VZDRŽEVANJA IN ČIŠČENJA STROJEV, NAPRAV IN OBJEKTOV

ZAKAJ NA TEROTECH?

Zaradi največjih novosti na področju industrijskega vzdrževanja in čiščenja, predstavitve uveljavljenih podjetij in storitev ter medsebojnega povezovanja z akterji v panogi.

PESTER RAZSTAVNI PROGRAM

Sejem spremljajo dogodki z aktualnimi temami s področja industrijskega vzdrževanja, tradicionalno poteka tudi Dan vzdrževanja.

OBILO POSLOVNIH PRILOŽNOSTI

Sejem je odlična priložnost za sklepanje novih poslov



V istem terminu tudi Lestech (vse za mizarje, žagarje, tesarje in izdelovalce pohištva) in Energetika Interklima (najpomembnejši strokovni dogodek s področja električne in toplotne energije v JV Evropi).



**ENERGETIKA
INTERKLIMA**



LESTECH

INDUSTRIJSKA TRANSFORMACIJA Z DIGITALNO AVTOMATIZACIJO IN UMETNO INTELIGENCO

Tomaž Perme

Vse hitrejša sprememba tehnologije, slabšanje razmer v svetovni ekonomiji ter politične razprave o trgovinskih razmerjih in brexitu pritiskajo na proizvodno industrijo. Kako lahko podjetje Festo kot srednje veliko družinsko podjetje uspe, da ne gre s tokom, ampak je dejaven igralec v tej zapleteni igri. To je bila iztočnica *18. Festove tehniške novinarske konference*, ki je bila v začetku decembra 2019 v Barceloni v Španiji. Osrednja tema je bila, kako z digitalizacijo in umetno inteligenco povečati produktivnost in izboljšati učinkovitost proizvodnje, govor pa je bil tudi o vključevanju zaposlenih v industrijo 4.0.



Dipl.-Ing, Dr. h.c. Oliver Jung, predsednik upravnega odbora Festo AG (Foto: Festo AG & Co. KG)

Če se podrobno pogledajo posamezna industrijska področja in trgi, sta opazni povečana nestanovitnost in spremenljivost tudi v ekosistemih, kot so avtomobilska industrija in sektor elektronike. Industrija mora najti rešitve, ki se bodo prilagodljivo odzvale na te nestalnosti. Industrija 4.0 je začela združevanje sodobnih (angl. *state of the art*) informacijskih tehnologij in izdelave strojev ter proizvodnih sistemov. Trenutno smo na sredini industrijske transformacije iz velikoserijske proizvodnje na individualizirane in posameznemu kupcu prilagojene izdelke v velikosti serije en kos.

Doc. dr. Tomaž Perme, univ. dipl. inž., **DRP Perme Tomaž**, s. p., Zgornje Gorje

S svojimi pametnimi digitalnimi rešitvami je podjetje Festo, strokovnjak na področju avtomatizacije, združilo svoje obsežno strokovno znanje o industrijskih aplikacijah z aktualnim razvojem na področju informacijskih tehnologij, da bi realiziralo programske aplikacije za industrijsko uporabo v avtomatizaciji. Festo spremlja svoje uporabnike na digitalnem uporabniškem potovanju, ki jih zanesljivo in izčrpno vodi skozi portfelj podjetja Festo: od zbiranja informacij in načrtovanja, preko naročanja in dostave vse do zagona in vzdrževanja.

To je zdaj dopolnjeno z izkušnjami in metodami iz nabora orodij umetne inteligence, ki nam zdaj prvič omogočajo zajem podatkov neposredno iz strojev in industrijskih proizvodnih sistemov med njihovim delovanjem na podlagi primernih zaznaval ter njihovo ovrednotenje v realnem času. S tem zaokrožimo naše znanje o odvisnostih in vzajemnih delovanjih v izdelovalnem procesu. Zahvaljujoč digitalizaciji in umetni inteligenci postaja zapletenost teh procesov obvladljiva.

Umetna inteligenca je ključ jutrišnjega sveta

Nemška vlada je opredelila okvir in cilje strategije umetne inteligence, ki pravi, da mora Nemčija konsolidirati svojo močno pozicijo v industriji 4.0 in prevzeti vodstvo za uporabo umetne inteligence na tem področju. Od tega bodo imela korist zlasti mala in srednje velika podjetja.

Podjetje Festo se pri tem osredotoča na prenos svojih osnovnih kompetenc o avtomatizaciji tovarn na z umetno inteligenco podprto in digitalizirano proizvodnjo jutrišnjega dne. Danes algoritmi ana-

lizirajo podatke s strojev in pripravijo napovedi o napakah ali pa jih preprečujejo. Jutri bodo algoritmi spremljali, krmilili, usmerjali, nadzorovali in regulirali tok vrednosti v zapletenem omrežju. Pri tem pa ne bodo zamenjali odločanja človeka, temveč bodo to podpirali.

Klasična piramidna zgradba avtomatizacije s premočrtnimi povezavami med proizvodno in poslovno ravno postopno prehaja v omreženo in sinhronizirano proizvodnjo. Hkrati digitalizacija poraja virtualne dvojčke strojev, sistemov in toka vrednosti. Velika prednost tega je, da se lahko procesi, parametri in konfiguracije poljubno preigravajo z računalniško simulacijo, pri tem pa ni treba posegati v obstoječe in delujoče proizvodne procese. S tem se skrajšajo nastavitveni časi in časi nedelovanja procesa. To prihrani stroške in čas, kar je ključno v deželah z velikim deležem delovne sile v proizvodnih stroških, saj so lahko le tako konkurenčni na svetovnih trgih.

»Velika produktivnost s popolno avtomatizacijo zahteva na primer za preventivno vzdrževanje veliko zalogo različnih rezervnih delov in veliko izdatkov za osebje. Umetna inteligenca, v tem primeru posebno strojno učenje za prepoznavanje odstopanj in posebnosti, lahko te stroške v prihodnje pomembno zmanjša,« je izpostavil dr. Oliver Jung, predsednik upravnega odbora Festo AG.

Pravilna uporaba umetne inteligence

Za tvorjenje dodane vrednosti in povečanje učinkovitosti z metodami iz nabora algoritmov morajo biti primeri uporabe dobro opredeljeni. Zadovoljivi rezultati so možni samo, če so podatki strateško predhodno strukturirani in na voljo v zadostni količini. »Podrobno smo pregledali zagotavljanje kakovosti v umetni inteligenci v proizvodnem procesu v naši tovarni in prišli do ugotovitve, da se pristop z množičnimi podatki s potrošniškega trga ne more uspešno uporabiti v industriji. Šele ko smo združili strokovno znanje upravljavca stroja in primerne statistične metode umetne inteligence, nam je uspelo pomembno povečati učinkovitost,« je povedal dr. Oliver Jung.

Festo se trenutno osredotoča predvsem na uporabo umetne inteligence neposredno na opremi (angl. *on edge*) ali pa znotraj lokalne mrežne (angl. *on-premise*). S tem se prihranijo stroški, zagotovi dostopnost v realnem času in prepreči latentnost. Samo zapletene ocene, ki vključujejo proizvodne lokacije, razporejene po vsem svetu, potrebujejo velike računalniške zmogljivosti povezane infrastrukture v oblaku.

S preходом na Festo IoT Gateway se lahko obstoječi proizvodni obrati usposobijo za uporabo umetne inteligence brez velikih posredovanj. Algoritmi in modeli se lahko posodobijo neposredno na napravi brez spreminjanja programirljivega logične-



Z IoT-prehodom CPX-IOT kot strojno opremo lahko kupci nadzorujejo svoje stroje in naprave na ravni proizvodnega obrata. (Foto: Festo AG & Co. KG)

ga krmilnika (PLK) ter neodvisno od računalniških zmogljivosti ali prostih virov PLK.

S pogonskim terminalom VTEM na primer podjetje Festo že utira pot digitalizirani pnevmatiki: funkcije ventilskega terminala lahko upravljate z aplikacijo, tako da se lahko z isto strojno opremo izvajajo različne naloge. V industrijskih panogah, ki izdelujejo izdelke, ki so močno usmerjeni v želje posameznih kupcev, se zato potencialna stopnja avtomatizacije povečuje.

Kaj to pomeni za ljudi

Kot vodilni na področju inovacij v avtomatizaciji tovarn in procesov se Festo ob tehniki vedno bolj osredotoča tudi na ljudi. Pri tem vidi tehniško izobraževanje in usposabljanje kot ključno tako za tehnološke inovacije kot za pospeševanje trga dela.

Že v petdesetih letih prejšnjega stoletja je Festo spoznal, da lahko nove tehnologije razvijejo svoj potencial šele, ko se ljudje znajo spoprijeti z njimi, zato so ustanovili Festo Didactic SE. Kot svetovni partner izobraževalnim ustanovam, vladam, državnim ustanovam in podjetjem po vsem svetu Festo Didactic SE vzpostavlja in vzdržuje centre in laboratorije za usposabljanje ter celostne učne rešitve in programe usposabljanja, ki sistematično pripravljajo ljudi na delo v dinamičnih in zapletenih okoljih.

»Poklicno usposabljanje je tako ključnega pomena za konkurenčnost podjetja,« poudarja dr. Oliver Jung. Delovno mesto zato postaja kraj »vseživljenjskega učenja«. Podjetja se zanašajo na stalno učenje svojih zaposlenih, da bi povečala njihovo produktivnost. Tudi samokontrolirano učenje in učenje



Usposabljanje 4.0: Festo Didactic ponuja kibernetsko-fizično učno in raziskovalno platformo CP Factory. (Foto: Festo AG & Co. KG)

z uporabo prav tako pridobivata pomen. Z digitalizacijo se bodo kompetence, potrebne za obstoječe in nove poklice, še naprej spreminjale, s tem pa tudi zahteve za izobraževanje in usposabljanje.

Vključevanje zaposlenih v industrijo 4.0

Do leta 2030 bo morala tretjina vseh zaposlenih po vsem svetu iskati drugo službo, saj bodo zaradi digitalizacije in industrije 4.0 njihova delovna mesta zastarela, ocenjujejo ekonomski raziskovalci. Zato je toliko pomembnejše, da vsi menedžerji navdihujejo in motivirajo zaposlene in jih podpirajo na poti v nov svet dela. Dodaten izziv za menedžerje pa so milenijci, ki imajo zelo različna pričakovanja od sveta dela v primerjavi s prejšnjimi generacijami. Podjetja lahko pritegnejo najboljše talente med tistimi z visokim potencialom, če ponudijo privlačne priložnosti za uravnoteženost poklicnega in zasebnega življenja, socialne medije in sodelovanje, spoštovanje, učenje in razvoj.

»Če podjetja želijo, da bodo njihove upravljalvske strukture čez deset let še vedno uspešne, morajo sprejeti model voditeljstva 4.0. Glavni cilj je ustvariti občutek pripadnosti. To vključuje izkazovanje zaupanja v zaposlene in prenos vedno več odgovornosti nanje,« pojasnjuje Xavier Segura, generalni direktor špansko-portugalskega grozda Festo.

Oblikovalsko razmišljanje

Digitalna transformacija ni znanstveni koncept, temveč krovni izraz za zelo resnične in hitro spreminjajoče se spremembe. Agilne metode dela, kot

je na primer oblikovalsko razmišljanje (angl. *design thinking*), pomagajo, da smo pri delu bolj učinkoviti in osredotočeni v krajših časovnih obdobjih. Spretnosti, kot so ustvarjalnost, inovativnost, reševanje zapletenih problemov in samoupravljanje, postajajo pomembnejše kot kdaj koli prej. Številne organizacijske ovire zmanjšujejo možnost osredotočanja na uporabnike in kupce. Oblikovalsko razmišljanje ta pristop okrepi, saj gre za metodo, ki pomaga reševati zapletene težave, razvijati nove ideje in najti inovativne koncepte.

V podjetju Festo je oblikovalsko razmišljanje namenjeno spodbujanju inovativnosti, sodelovanja in osredotočenosti na stranke. Primer za to je razvoj revolucionarnega terminala Festo Motion. Poleg tega pa interdisciplinarne razvojne ekipe ustvarjajo nova programska orodja za tovarniško in procesno avtomatizacijo. Sem spadajo pametna vzdrževanja, nadzorne plošče in projekti z rešitvami v realnem času ter novimi načini obračunavanja in plačila.

Znanje o digitalizaciji s Festo Didactic

Pomemben vidik digitalne transformacije v podjetju Festo je priprava uporabnikov na ero digitalizacije. Zato Festo Didactic ponuja učne tovarne na ključ, laboratorijske zmogljivosti, inovativne učne sisteme, e-izobraževanje in tečaje usposabljanja. Na primer kibernetsko-fizična platforma za učenje CP Factory modelira postaje pravega proizvodnega obrata in omogoča ljudem, da se naučijo programiranja in mrežne povezave strojev in naprav v proizvodnji ter številnih drugih tem, kot so energetska učinkovitost in upravljanje podatkov. S prilagojeni-

mi programi usposabljanja, prilagojenimi vsebinami in celostnim svetovalnim pristopom Festo Didactic podjetjem pomaga zagotoviti, da imajo njihovi strokovnjaki ustrezne kvalifikacije za digitalno proizvodnjo.

Pnevmatična robotika z umetno inteligenco

Na vsaki tehniški novinarski konferenci podjetje Festo predstavi tudi dosežek njihove razvojne enote za bionske sisteme. Tokrat so kot koncept prihodnosti predstavili bionsko roko, ki je zanimiva tako z mehanskega vidika kot tudi z vidika uporabe umetne inteligence in koncepta digitalnega dvojčka.

Ne glede na to, ali gre za prijem, držanje ali obračanje, dotikanje, tipkanje ali pritiskanje – v vsakdanjem življenju uporabljamo roke kot najprimernejše za najrazličnejše naloge. V tem pogledu je človeška roka s svojo edinstveno kombinacijo moči, spretnosti in drobnih motoričnih sposobnosti pravo čudežno orodje narave. Kaj bi lahko bilo bolj naravno kot opremljanje robotov v skupnih delovnih prostorih s prijemalom, ki je narejen po tem naravnem modelu in rešuje različne naloge z učenjem z umetno inteligenco. Na dogodku smo lahko sami preizkusili prijem in stisk roke BionicSoftHand, ki je v kombinaciji s pnevmatičnim lahkim robotom BionicSoftArm primerna za sodelovanje med človekom in robotom.

Roka ima dve pomembni značilnosti. Prva so prsti, ki so zgrajeni zgolj iz prožnega meha z zračni-



Bionska roka BionicSoftHand deluje pnevmatsko, kar omogoča varno in neposredno interakcijo z ljudmi. (Foto: Festo AG & Co. KG)

mi prekat, zato so lahki, prilagodljivi, občutljivi, pa vendar omogočajo velike sile. Druga pa je izvajanje zadanih nalog z uporabo umetne inteligence, točneje spodbujevanega učenja (angl. *reinforcement learning*), ki z metodo optimizacije vedenja na podlagi povratne informacije z nagrajevanjem oziroma kaznovanje omogoča postopno priučitev gibov roke za izvajanje zapletenejših nalog. Za pospešitev učenja pa uporabljajo digitalni dvojček.

TERRINet

**SODELUJTE Z NAJBOLJŠIMI EVROPSKIMI
LABORATORIJI ZA ROBOTIKO**

ZA ŠTUDENTE, RAZISKOVALCE IN PODJETNIKE

www.terrinet.eu

POGLED NA SEJEM EUROGUSS V NÜRNBERGU V NEMČIJI

Janez Tušek

V dneh od 14. do 16. januarja letos je bil v Nürnbergu tradicionalni sejem Euroguss, na katerem se srečajo razstavljalci in obiskovalci s področja livarstva, orodjarstva in sorodnih dejavnosti. Sejem organizirajo vsaki dve leti. Letošnji sejem je bil že trinajsti po vrsti. Razstavljalo je prek osemsto podjetij in organizacij z vseh koncev sveta, med njimi tudi 13 slovenskih podjetij. V treh dneh je sejem obiskalo skoraj 20 000 obiskovalcev.

V okviru sejma je bilo organizirano tudi posvetovanje, na katerem pa Slovenci nismo imeli svojega zastopnika.

Že bežen pregled razstavljalcev in sejma pokaže kar nekaj zanimivih značilnosti. Prva je, da je to tipično evropski sejem. Na njem praktično ni bilo razstavljalcev iz Amerike, zelo malo iz Azije in drugih koncev sveta. Druga ugotovitev, ki je tudi presenečenje, je, da je na sejmu razstavljajo in se predstavljalo zelo veliko majhnih podjetij in celo zelo majhne livarne, ki kljub globalizaciji konkurirajo na svetovnem trgu. In tretja, prav tako zelo prijetna značilnost je, da je bilo na sejmu veliko slovenskih podjetij.

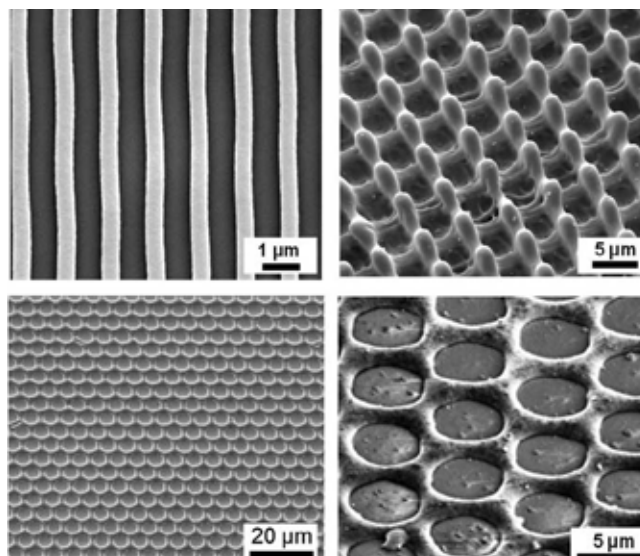
Med našimi podjetji so razstavljali: Blisk livarstvo, d. o. o., iz Kranja, ki je razstavljalo skupaj s podjetjem KGL, Difa, d. o. o., iz Škofje Loke, Orodjarstvo Gorjak, d. o. o., iz Rač, Hidria, d. o. o., iz Idrije, HTS IC, d. o. o., iz Ljubljane, Iskra Mehanizmi, d. o. o., iz Lipnice na Gorenjskem, Iskra ISD livarna, d. o. o., iz Kranja, Kovinoplastika, d. o. o., iz Loža, Lth Casting, d. o. o., iz Škofje Loke, MLM Mariborska livarna, d. o. o., iz Maribora, ORO MET, d. o. o., iz Košane, SIJ Metal Ravne, d. o. o., iz Raven na Koroškem in Talum Group iz Kidričevega.

Škoda je, da se slovenska podjetja niso združila in razstavljala skupaj na enem prostoru, kot so to naredile nekatere druge precej večje države, na primer Italija, Francija, Turčija, Kitajska, Mehika in Indija.

Na letošnjem sejmu je bilo tudi nekaj večjih in pomembnih novosti. Prva je lasersko strukturiranje. To je tehnologija, s katero se popolnoma ravna površina z laserskim žarkom predela v poljubno hrpavo (valovito). To je poznana tehnologija, ki se na področje livarstva šele uveljavlja. Livarji želijo na

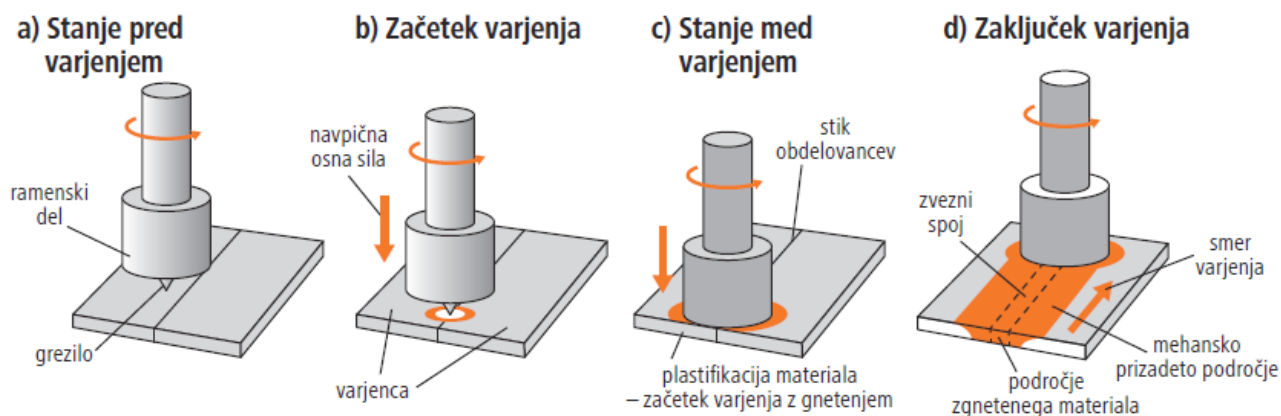
ta način obdelati dele površin orodij za litje predvsem aluminijevih in magnezijevih zlitin. Hrapavost na površini orodij se prenese tudi na površine ulitkov. Valovita površina ulitka je bolj primerna, da se nanjo lepijo razne električne komponente. Površina oprijemljivosti je na ta način večja in prek take površine je hitrejši odvod toplote. Vse to so zahteve v sodobni avtomobilski industriji, ko je električnih komponent v vozilih vedno več.

Na sliki 1 so prikazane štiri površine z velikostjo posameznih struktur. Za tlačno litje barvnih kovin uporabljamo nekoliko bolj grobe strukture, kot je prikazano na sliki 1. Običajna srednja hrapavost na orodjih za tlačno litje je 25–35 µm. Optimalna oblika hrapavosti na orodjih za tlačno litje lahkinih kovin pa še ni v celoti raziskana. Nekateri jo delajo v obliki prerezanih stožcev, drugi prerezanih ali polnih krogel ali celo prisekanih večploskovnih piramid in podobno.



Slika 1 : Različne oblike površine, narejene z laserskim strukturiranjem

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



Slika 2 : Shematski prikaz varjenja z gnetenjem

Na sejmu smo videli, da je danes možno z zelo različnimi laserskimi žarki napraviti res poljubno oblikovano površino, kar je na *sliki 1* tudi prikazano.

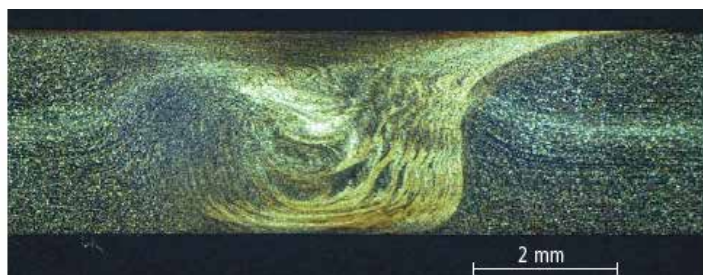
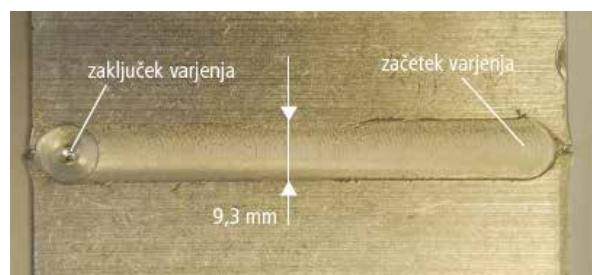
Drugo novo področje na livarskem sejmu so bile naprave in tehnologija varjenja aluminijevih komponent z gnetenjem. Postopek varjenja z gnetenjem je poznan skoraj tri desetletja in je shematsko prikazan na *sliki 2*. To je varjenja v trdnem stanju. Kot varilno orodje uporabljamo varilni čep z grezilom, ki se med varjenjem vrti okoli svoje osi med dvema varjencema in premika v smeri nastajanja zvara, kar je razvidno s slike. Danes je poznanih več različnih izvedb tega načina varjenja. Postopek se je uveljavil predvsem za spajanje ulitih aluminijevih elementov z elementi iz aluminija za preoblikovanje. S tem postopkom izdelamo zaprte elemente, v katerih so hladilni mediji za hlajenje električnih komponent v električnih vozilih.

Avtomatskih naprav za varjenje z gnetenjem aluminijevih zlitin imamo v slovenskih podjetjih že kar nekaj. To so zelo zahtevne naprave, ki morajo biti krmiljene kot CNC-stroji in morajo prenašati zelo velike mehanske obremenitve. Posebno poglavje predstavlja orodje, to je čep z grezilom.

Na sejmu je bilo le nekaj podjetij, ki so sposobna izdelati takšne naprave. To je bilo prvič, da so se na sejmu za litje aluminijevih zlitin predstavila takšna podjetja.

Na *sliki 3* je prikazana fotografija temena vara in prečnega preseka vara, izdelanega z gnetenjem. Na temenu vara sta označena začetek in konec varjenja. Ob zaključku varjenja v varu ostane luknja čepa, ki jo moramo po varjenju na nek način zapolniti s klasičnim varjenjem ali pa moramo varjenje zaključiti na mestu, kjer luknja na moti. Iz makroobrusa vara vidimo potek silnic, ki ponazarjajo gibanje (gnetenje) materiala med varjenjem.

Iz Slovenije je bilo, kot smo zgoraj zapisali, trinajst podjetij, ki so razstavljala povsem samostojno. To je neverjetna številka, ki govori o izjemni kondiciji našega livarstva, orodjarstva in drugih dejavnosti z opisanega področja. Ta številka je še toliko pomembnejša in ohrabrujoča, če vemo, da pred slabima dvema mesecema na sejmu Formnext v Frankfurtu ni bilo niti enega razstavljavca iz Slovenije. Formnext je namreč sejem, na katerem so bile predstavljene dejavnosti, ki so v tesni povezavi z livarstvom in orodjarstvom. To je sejem, ki predstavlja sodobne tehnologije, kot so tehnike 3D, WAAM (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing), skeniranje, laserske tehnike izdelave orodij, 3D varjenje, novi materiali v prahu in žici ter podobno. Prav gotovo je to sejem, ki predstavlja vsaj za eno stopnjo višji razvoj ali proizvodnjo v primerjavi s tem, kar je bilo prikazanega na Eurogussu. Povsem normalno je, da so podjetja, ki razstavljajo na Formnextu, tudi bolj produktivna in donosna. In prav v tem je problem Slovenije



Slika 3 : Teme vara (levo), izdelanega z gnetenjem, in njegov presek (desno)



Slika 4: Utrinek s sejma

in njene industrije. Imamo zelo dobra podjetja na področju klasičnega strojništva, manjka pa nam novih proizvodov z višjo dodano vrednostjo in novih zahtevnejših tehnologij.

V času sejma je bilo kar tri dni strokovno posvetovanje. Prvi dan je bilo predstavljenih osem referatov. Večina je bila posvečena livarstvu in izboljšavam na tem področju. Drugi dan je posvetovanje potekalo v dveh dvoranah, v prvi so na temo AM4Casting obravnavali 3D tehnike v livarstvu z vidika posamične in poskusne proizvodnje ter serijske proizvodnje. V okviru tega so bili predstavljeni materiali, stroji in tehnologije. V drugi dvorani pa je potekalo posvetovanje o površin-

skih tehnikah in o čiščenju površin orodij in ulitih izdelkov z različnimi tehnikami. Tretji dan pa so bili predstavljeni prispevki za pregled ulitkov, za nadzor in spremljanje kakovosti litja, planiranje, ekonomski učinki novih tehnologij in podobno.

Naj na koncu še enkrat omenim slovensko industrijo, znanost in realnost. Zelo pohvalno je, da je bilo na sejmu aktivno prisotnih trinajst naših podjetij. Toda z ozirom na sejem, ki je bil dva meseca prej v Frankfurtu, pa bi morali številna slovenska združenja, obrtna in gospodarska zbornica, ministrstvo za industrijo, ministrstvo za znanost, univerza, predvsem njen tehnični del, in še drugi zagnati vik in krik. V nasprotnem primeru je prihodnost slovenske industrije slaba in neperspektivna.

Predvsem bi se morali tisti, ki delijo državni denar za projekte, zbuditi in videti realno situacijo. Nič nam ne pomagajo javni raziskovalni zavodi, programske skupine, znanstveni projekti, nagrade za znanost, za razvoj, mednarodno priznani znanstveniki, zaslužni profesorji, če ti ne vedo, kaj se dogaja v slovenski industriji. Kaj nam pomagajo ERC in drugi evropski projekti, znanstveni članki v tujih revijah v angleškem jeziku, index H, citiranost in drugo, s čimer se hvalijo naši znanstveniki, če ti ne vedo, kaj se dogaja v slovenski industriji in zanjo nič ne naredijo.

Ko bo država delila državni raziskovalni denar tistim, ki bodo delali za industrijo, za trg in ustanavljali nova inovativna podjetja, ki bodo konkurenčna drugim svetovnim podjetjem, se bo kaj spremenilo.

BIAM & VARJENJE

mednarodna sejma za obdelovalne stroje in orodja ter varjenje in protikorozijsko zaščito

21. - 24. april 2020

www.zv.hr

Medijska pokrovitelj:

T 385 1 6503 429, 6503 449
E zv.biam@zv.hr, zv.zavarivanje@zv.hr

MEDNARODNI STROKOVNI SEJEM IFAM 2020



Živahno dogajanje na razstavnih prostorih



Na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani je v organizaciji podjetja ICM, d. o. o., od 11. do 13. februarja potekal visokotehnološki sejem,

ki pod eno streho združuje štiri strokovne sejme: IFAM, INTRONIKA, ROBOTICS in ICT4Industry. Razstavljavci iz Slovenije in osmih drugih evropskih držav (Avstrije, Belgije, Bolgarije, Hrvaške, Nemčije, Poljske, Srbije in Turčije) so prikazali najnovejše proizvode in ponudili najboljše rešitve za industrijo s področja avtomatizacije, mehatronike, senzorske tehnologije, merilnih sistemov, industrijske in profesionalne elektronike, elektrotehnike, industrijske robotike in brezpilotnih sistemov ter digitalizacije poslovnih sistemov in industrije in kot zastopniki predstavili še vrsto poznanih dobaviteljev tovrstne opreme iz drugih držav sveta. Na sejmu se je odvijal tudi bogat spremljajoči strokovni program, ki je zaradi velikega števila predavanj potekal v dveh dvoranh.

Na sejmu smo lahko videli izredno bogat razvoj in ponudbo sodobnih senzorjev in merilnikov (tudi domačih podjetij) ter različno moderno elektron-

sko opremo za industrijsko avtomatizacijo. Pri tem še posebno izstopa ponudba močnostne elektronike, vključno z napajalniki in elementi za gradnjo električnih in elektronskih omrežij. Predstavljeni so bili tudi industrijski roboti vodilnih svetovnih proizvajalcev za vgradnjo v robotizirane obdelovalne in montažne celice ter za industrijo vse bolj zanimivi kolaborativni roboti, ki so namenjeni za uporabo v aplikacijah, ko ljudje in roboti pri delu sodelujejo. Seveda je bila opazna tudi bogata ponudba opreme za računalniško vodenje in nadzor proizvodnih procesov ter označevanje.

Na sejmu se je z laboratoriji LASIM, LAT, LFT in LASOK ter s fakultetnima serijskima publikacijama – s strokovno revijo Ventil in znanstveno revijo Strojniški vestnik – predstavila tudi Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Sejem je po videnem uspel, tako da lahko tudi v prihodnjem letu na sejmu IFAM v sredini februarja 2021, ki ga organizatorji že najavljajo, pričakujemo še več aktualnih novosti in pestro ponudbo.

Dr. Mihael Debevec
UL, FS

INŽENIRKA LETA 2019 JE AIDA KAMIŠALIĆ LATIFIĆ: »ZNANJA TI NE MORE VZETI NIHČE.«

Na slavnostni razglasitvi v Cankarjevem domu v Ljubljani so naziv inženirka leta 2019 podelili dr. Aidi Kamišalić Latifić. Doktorica in soizumiteljica patenta se kot raziskovalka na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru ukvarja predvsem s tehnologijo veriženja blokov. Kipec ji je na dogodku izročila lanska prva slovenska inženirka leta Dora Domajnko.



Aida Kamišalić Latifić

Žirija za izbiro inženirke leta 2019 Aidino življenjsko zgodbo prepoznava kot navdih mladim, da sledijo svojim inženirskim sanjam – četudi so razmere, v katerih sanjarijo, zahtevne. Aida je namreč zgled, kam pripeljejo ambicija, pogum in vztrajnost, če pot osvetljuje svetilnik znanja in zaupanje vase. Mlado Aido je v 90. letih iz Bosne in Hercegovine v Slovenijo pregnala vojna. Misel: »Lahko ti vzamejo vse, razen znanja,« je postala njeno temeljno vodilo. Pridobivanje znanja jo je vodilo od begunskega centra in šole preko Prve mariborske gimnazije do Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko na Univerzi v Mariboru. V akademskem okolju je kasneje našla tudi svoj poklicni dom.

Mama, nogometašica in pobudnica družbene iniciative za dekleta

Poleg strokovnih dosežkov in z izjemno življenjsko zgodbo Aida navdihuje tudi s svojo osebnostjo. Je mati dveh otrok in članica ženske nogometne ekipe

ter je ob tem tudi družbeno angažirana. Je članica pobude *Ladies in Informatics* in prispeva k oblikovanju dekletom prijaznega delovnega okolja na Inštitutu za informatiko. S širino duha v vsakem delu svojega življenja deluje za skupno dobro.

Zgledi za mlade: kaj inženirke delajo in dosegaajo

Preden so se v popolnoma polni dvorani predstavile letošnje nominirane za inženirko leta 2019, sta vloga inženirstva, njegov gospodarski in družbeni prispevek ter potrebo po zgledih predstavila minister za izobraževanje, znanost in šport dr. Jernej Pikalo in ministrica za delo, družino in socialne zadeve mag. Ksenija Klampfer.

V nadaljevanju je Medeja Lončar, direktorica Siemens Slovenija in predsednica uprave Siemens Hrvaška, pobudnica izbora inženirke leta v videonagovoru izpostavila, da je problem pomanjkanja žensk v inženirskih poklicih skupen vsem razvitim državam sveta, da pa enako velja za prizadevanja, da to sliko spremenimo: »Ključna sta dva dejavnika, da se dekleta ne odločajo za inženirske poklice. Prvič, ker imajo premalo zgledov. In drugič, ker jim ne znamo razložiti pomembne vloge in prispevka inženirjev k razvoju družbe. Zato smo danes tu. Da izpostavimo vlogo inženirskih poklicev. Da z zgledi predstavimo mladim, kaj inženirke v naši družbi delajo in dosegaajo. Da spodbudimo mlade, naj sledijo svojim sanjam.«

Mag. Jože Torkar, direktor energetskih in okoljskih rešitev v Petrolu, predsednik projekta Inženirke in inženirji bomo!, v okviru katerega poteka drugi letošnji izbor inženirke leta, pa je spomnil na slovenske dosežke, saj po indeksu človeškega kapitala Slovenci zasedamo 9. mesto na svetu, proizvedemo največ laserjev za medicino in industrijo na

»Sama nisem imela v družini zgleda, sem se pa za študij odločila pragmatično. Raziskala sem, kaj me veseli, v čem sem dobra in kaj družba potrebuje. In ugotovila, da potrebuje inženirje in inženirke računalništva ter informatike. Potrebuje jih tudi še danes in v prihodnje, zato upam, da smo s svojim zgledom mlade spodbudili k temu,« je ob razglasitvi izpostavila Aida.



Nominiranke za inženirko leta 2019

prebivalca na svetu, enako pa velja tudi za število raziskovalcev umetne inteligence, saj prvi globalni center za umetno inteligenco pod okriljem Unesca dobiva sedež prav v Sloveniji: »Ti in mnogi drugi dosežki potrjujejo, da smo Slovenci narod inženirjev, inovatorjev in pionirjev. Krepijo nam samozavest in pomagajo razpreti krila mladim, da v prihodnosti ne bodo le uporabniki, temveč razvijalci novih tehnologij.«

Dr. Mark Pleško, predsednik Inženirske akademije Slovenije, govornik na današnji slavnostni razglasitvi, je dodal, da je potrebno vedeti in videti, v čem smo dobri in se na tej osnovi odločiti o svoji karierni poti. Dora Domajnko, prva slovenska inženirka leta 2018, pa je povzela ključno sporočilo projekta, da je potrebno podreti zid spolnih stereotipov, da so tehniški, inženirski študiji in poklici samo za moške.

Deset letošnjih nominirank za inženirko leta 2019

Med letošnje nominiranke so bile uvrščene: *Aida Kamišalić Latifić*, raziskovalka in predavateljica na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in infor-

matiko Univerze v Mariboru; *Ana Robnik*, svetovalka za telekomunikacije in skrbnica raziskovalnih projektov v podjetju Iskratel; *Barbara Bukvič*, pooblaščenka inženirka v podjetju IBE; *Eneja Osterman*, projektna vodja na področju energetskih rešitev v podjetju Interenergo; *Kaja Zupančič*, avtomatičarka v službi vzdrževanja tovarne v družbi Revoz; *Katja Popović*, razvojna inženirka v podjetju Gorenje Orodjarna; *Mia Lesjak*, tehnologinja v oddelku brizganja plastike v podjetju BSH Hišni aparati; *Nika Mlinarič*, letalska inženirka v podjetju AFormX; *Nina Lah*, vodja laboratorija za analizo delcev v družbi Lek; *Vildana Sulić Kenk*, vodja razvojne skupine v podjetju Fotona.

Izbor poteka v soorganizaciji revije IRT3000, družbe Mediade ter drugih sodelujočih partnerjev, je del projekta *Inženirke in inženirji bomo!*, ki mlade z dogodki na gimnazijah in šolskih centrih že deveto leto (od leta 2012) navdušuje za inženirstvo, tehniko, naravoslovje in inovativnost.

Več o izboru: <http://inzenirka-lea.si>

Revija IRT3000
Foto: Andrej Križ

INDUSTRIJSKI
FORUM **IRT** 2020

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



**FORUM ZNANJA
IN IZKUŠENJ**

www.forum-irt.si

Portorož, 8. in 9. junij 2020

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin
tel.: 01 5800 884 | faks: 01 5800 803 | e-pošta: info@forum-irt.si

DRUŽBENA ODGOVORNOST KOT DEL POSLOVNE STRATEGIJE V ŽIROVSKI DRUŽBI **POCLAIN** HYDRAULICS

Podjetje Poclain Hydraulics iz Žirov še posebej v zadnjem desetletju strateško deluje v smeri trajnostnega razvoja, kar vključuje tudi odgovorno ravnanost do lokalnega okolja in do svojih zaposlenih. Skladno z uveljavljenimi standardi in pridobljenimi certifikati si prizadeva zadovoljevati potrebe svojih kupcev ter jih ves čas oskrbovati s kakovostnimi in varnimi izdelki, na katerih gradi svojo konkurenčno prednost. Ti izdelki seveda nastajajo v proizvodnih procesih, v katerih podjetje posveča posebno pozornost varčevanju z energijo, skrbi za okolje in tudi sicer odgovornemu razpolaganju z viri. Ozaveščanje glede nujnosti trajnostnega ravnanja poteka v podjetju tudi pri preverjanju dobaviteljev in na internem nivoju, s tako naravnano korporativno politiko pa se istoveti večina zaposlenih v podjetju.



Proizvodne kapacitete Poclain Hydraulics v Žireh. Foto: Anže Petkovšek

Žirovski Poclain Hydraulics s svojo dolgoročno trajnostno okoljsko in tudi energijsko politiko, ki sta vpeti tako v poslovanje, snovanje in proizvodnjo kot tudi v distribucijo vrhunskih rešitev s področja hidrostatičnih pogonov, nenehno sledi zastavljenim smernicam mednarodne skupine Poclain. Tako ima žirovska družba vzpostavljene sisteme ravnanja z okoljem (ISO 14001:2015) in energijo (ISO 50001:2011), ti pa so skladni s korporativno družbeno odgovornostjo.

V podjetju tako ob upoštevanju lokalne in mednarodne zakonodaje redno preverjajo stanja morebitnih okoljskih tveganj ter uresničevanje vedno strožjih energetskega zahtev, za katere morajo predvideti tudi ustrezne ukrepe, posvečajo pa se tudi presojam in nenehnemu izboljševanju izdelkov ter procesov z vidika njihove učinkovitosti. Kot pojasnjuje vodja enote Razvoj in trženje mag. Primož Pangeršič, so

pozorni zlasti na učinkovito rabo energije med samim obratovanjem, skrb pa namenjajo tudi zmanjševanju teže izdelkov. Na tem mestu velja izpostaviti posebno skrb, ki jo podjetje namenja izbiri nove strojne opreme, kjer imajo prednost energijsko bolj učinkoviti izdelki, ter že ustaljenemu preverjanju dobaviteljev izdelkov, polizdelkov ali surovin glede njihove okoljske zavezanosti.

O učinkih ustreznega ravnanja z okoljem in energijo Poclain Hydraulics obvešča svoje zaposlene in tudi druge deležnike. Tako na primer uresničuje globalne zahteve kupcev, ki od svojih dobaviteljev pričakujejo učinkovito in smotrno rabo uporabljenih virov. Za rezultate na področju družbene odgovornosti se je skupina Poclain kot najboljša med vsemi dobavitelji že izkazala, saj je v letu 2017 za svoj način dela v tovarnah v skupini prejela tudi posebno priznanje.

Inovativno žirovsko podjetje Poclain Hydraulics, ki zaposluje 300 delavcev, 90 odstotkov svojih prihodkov ustvari iz izvozno dejavnostjo, v zadnjem desetletju z novimi francoskimi lastniki uspešno vstopa na nove trge k največjim svetovnim igralcem in je danes v svetu med najprepoznavnejšimi na področju ventilov za hidravlične transmisije ter med štirimi vodilnimi pri proizvodnji ventilov za zavore. Njihov celoten proizvodni program zajema ventile za zaprte in odprte tokokroge, ventile za zavore ter hidravlične naprave in preizkuševališča, proizvajajo pa tudi bate za motorje in črpalke ter aksialne motorje. Z njimi že prodirajo na tržišče transmisij in vzporedno z avtomatizacijo in robotiko za nadgradnjo proizvodnje sledijo smernicam in industrijskim standardom 4.0. Skladno s politiko skupine Poclain in z razvojem ključnih znanj stremijo k boljši učinkovitosti, odličnosti poslovanja in vrhunski kakovosti izdelkov. Tovarna v Žireh, ki je po številu zaposlenih tretja največja med desetimi tovarnami v mednarodni skupini Poclain, je danes pomemben kompetenčni center za hidravlične ventile in hidravlične naprave znotraj skupine Poclain, obenem pa tudi tehnološki center za avtomatske preizkuševalne naprave hidravličnih sestavin.

Skupina Poclain, ki ima sedež v Verberierju v Franciji, za trg razvija in proizvaja visokozmogljive hidravlične sestavine in sisteme, večinoma za hidravlične hidrostatične pogone. Sem sodijo hidravlični motorji in črpalke, hidravlični ventili, naprave, celotni sistemi ter z njimi povezana elektronika. Skupina posluje na treh kontinentih v 20 državah in z več kot 2.000 zaposlenimi letno ustvari za približno 380 milijonov evrov prihodkov. Tehnološko dovršene, energijsko varčne in okolju prijazne izdelke skupina Poclain trži preko vseh svojih 10 tovarn, več kot 20 lastnih pisarn ter 180 distributerjev po vsem svetu. Hidravlične sestavine in sistemi, ki jih razvijajo v Žireh, tako omogočajo nemoteno obratovanje številnih industrijskih delovnih strojev, zlasti v gradbeništvu, kmetijstvu, rudarstvu, luškem, ladijskem in drugem transportu.

Katarina Krulc, ki v družbi Poclain Hydraulics pokriva področje infrastrukture, varnosti in okolja, poudarja, da družbena odgovornost za trajnostni razvoj izdelkov in delovanje podjetja zahteva osveščene zaposlene na vseh ravneh: »Zaposleni morajo biti visoko motivirani, kar dosegamo s kakovostnim delovnim okoljem in dobrimi delovnimi pogoji, z veliko komunikacije in z izobraževanji, pa tudi z organizacijo projektnih skupin na temo inovativnosti, dela na projektih in s podporo športnim dejavnostim. Skrbimo torej, da so naši zaposleni vključeni v vse segmente dela. Tako dvigamo pripadnost zaposlenih, povezanost med zaposlenimi in agilnost, ki je za razmere na trgu zelo pomembna.«

V mesečnih novicah, ki jih v žirovski družbi Poclain Hydraulics prejmejo vsi zaposleni, je okoljska in varnostna tematika pogosta. V njih objavljajo tudi praktične nasvete za varnejše opravljanje določenih delovnih nalog, ki se tičejo varovanja zdravja, ter obravnavajo posebne razmere ter nujne ukrepe za njihovo reševanje. Med obravnavanimi temami so na primer pravilno dvigovanje bremen, nasveti za varovanje in zaščito, nasveti glede preprečevanja hrupa ali potratne rabe pitne vode, pa tudi klimatiziranja in drugih načinov varčevanja z električno



V Poclain Hydraulicsu so ob novem letu 2020 zaposlenim razdelili trpežne kavne skodelice ter ukinili plastične lončke. Foto: Arhiv PH

energijo v pisarnah, kjer zaposleni uporabljajo računalnike. V podjetju organizirano zmanjšujejo tudi nastajanje plastičnih in drugih odpadkov ter se s svojimi ravnanji obnašajo vedno bolj trajnostno.

Miša Hrovat, agencija Maga



KAJ IMATA SKUPNEGA RAZVOJ UMETNE INTELI- GENCE IN PROIZVODNJA IZDELKOV IZ STEKLA?

Kdo? Enterprise Europe Network je mreža, ki deluje v vseh državah EU in širše (tudi na Kitajskem, v ZDA, Indiji, severni Afriki itd.) z namenom nudenja pomoči majhnim in srednje velikim podjetjem pri njihovem vstopu na skupni evropski trg, pri pridobivanju evropskih projektovnih sredstev ter pri mednarodnem prenosu tehnologij. Izvajalci storitev so izbrani z javnim razpisom Generalnega direktorata za podjetništvo in industrijo Evropske komisije. Sami člani mreže so tisti, ki storitve Enterprise Europe Network izvajajo oziroma nudijo podjetjem. Praviloma gre za konzorcije podpornih organizacij. V Sloveniji je to enoten konzorcij, ki ga sestavljajo: koordinator Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan« ter partnerji Gospodarska zbornica Slovenije, Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, internacionalizacije, tujih investicij in tehnologije – SPIRIT Slovenija, Univerza v Mariboru, Mariborska razvojna agencija in Univerza na Primorskem.

Komu? Storitve so namenjene predvsem majhnim in srednje velikim podjetjem, pa tudi večjim podjetjem, raziskovalcem, združenjem in drugim, ki jih zanima mednarodno sodelovanje.

Kaj? Podjetniki lahko preko mreže najdejo poslovne partnerje za različne oblike povezovanja. Najbolj pogosti so dogovori o distribuciji in zastopanju, proizvodnji, podizvajalstvu, skupnem razvoju, licenčnem sodelovanju, tehničnem sodelovanju, storitveni dogovori in podobno.



Poslovni nasvet pred vašimi vrati



Konkretni rezultati za podjetja so tako individualni odgovori na njihova vprašanja, povezana s trgov EU, individualna priporočila za nadaljnji razvoj ali aktivnosti podjetja, vzpostavljene povezave med slovenskimi podjetji in zainteresiranimi sogovorniki za sodelovanje v tujini, informacije o finančnih sredstvih in razpisih EU ter konkretne pogodbe o komercialnem ali tehnološko razvojnem sodelovanju s tujimi partnerji.

Storitve mreže so brezplačne. Vsako podjetje je vabljeno, da se obrne na enega izmed partnerjev mreže v Sloveniji, ki mu je glede na lokacijo ali tematiko najbližji, oz. nam piše na naslov een@ijs.si.

Institut »Jožef Stefan« je koordinator mreže Enterprise Europe Network v Sloveniji.

Marjeta Trobec,
Center za prenos tehnologij in inovacij,
Institut »Jožef Stefan«

Tako so v podjetju *Art-Glas iz Kozine* v bazi ponudb in povpraševanj mreže zasledili povpraševanje angleškega podjetja, ki je iskalo strokovnjake za izdelavo steklenih izdelkov posebnih oblik, ter z njim sklenili dogovor o sodelovanju. Za Angleže bodo izdelovali karafe in držala za svečnike.

Raziskovalci z *Odseka za tehnologije znanja* z Instituta »Jožef Stefan« pa so se preko povezav, vzpostavljenih s pomočjo Enterprise Europe Network, vključili v evropski projekt Evropska platforma za razvoj umetne inteligence in pripadajočega ekosistema, ki bo trajal do leta 2021.



6.-8.10.2020

GR, Ljubljana

CLEANME

Strokovni sejem za industrijsko & komercialno čiščenje

www.icm.si

NEMŠKI PROIZVAJALEC AVTOMOBILOV BO KUPOVAL INDUSTRIJSKE RAČUNALNIKE IN ZASLONE BECKHOFF

Družba Beckhoff Automation s sedežem v mestu Verl v Nemčiji bo za korporacijo BMW Group dobavljala industrijske računalnike za uporabo pri proizvodnji vozil do leta 2030. Po pogodbi, ki sta jo družbi nedavno podpisali, bo Beckhoff zagotavljal opremo za proizvodne obrate po vsem svetu.

To pomeni, da bodo industrijski računalniki Beckhoff postali globalni standard družbe BMW Group. Industrijski računalniki in večdotični zasloni se bodo uporabljali – tako v novih proizvodnih obratih kot tudi kot del posodobitve starih – za povezljivost med stroji, kontrolo dostopa, zajem podatkov, vizualizacijo ter ostale funkcije, povezane z industrijskimi PC-ji. V uporabi bodo vse kategorije iz široke ponudbe industrijskih računalnikov Beckhoff: zasloni CP32xx v zaščiti IP65, ultra kompaktni industrijski računalniki C6030, 19" vgradni industrijski računalniki C5240 in večdotični vgradni paneli CP29xx.

Uporabljeni bodo standardni proizvodi Beckhoff, ki bodo do določene mere prilagojeni tako, da bodo zagotavljali optimalno posodobitev obstoječih obratov ter vključevali ključne dodatke po željah naročnika. Obsežen nabor proizvodov Beckhoff družbi BMW Group omogoča, da lahko uporablja zadnjo serijo procesorjev Intel® Core™ I v širokem naboru različnih oblik industrijskih PC-jev. Zaradi hitrih inovacij in interoperabilnosti znotraj portfelja bo tudi prihodnje generacije procesorjev enostavno integrirati.

Prepletanje posameznih korakov razvoja proizvodov pri družbi Beckhoff – od matičnih plošč za industrijske računalnike in razvoja sistema BIOS do mehanskih prilagoditev – omogoča optimalne rešitve kot odgovor na specifične zahteve kupcev. Lokalna proizvodnja produktov ter montaža



Panelni računalniki, zasloni in Industrijski računalniki Beckhoff se uporabljajo v avtomobilski industriji po vsem svetu.

v mestu Verl zagotavljata popoln nadzor proizvodnega procesa, kar pomeni, da je Beckhoff idealno podjetje za dolgoročno partnerstvo. Poleg tega pa globalno dostopne storitve, ki jih ponuja Beckhoff, zagotavljajo karseda optimalno podporo proizvodnim obratom naročnika, ki so razpršeni po vsem svetu.

Vir:

Beckhoff Avtomatizacija d.o.o., Zbiljska cesta 4, 1215 Medvode, Slovenija, Tel.: 01 361 30 80, Faks: 01 361 30 81, A.Krasna@beckhoff.com, www.beckhoff.si

ECOWAVE



6.-8.10.2020

Ljubljana, Slovenija

ecowave@icm.si

ERASMUS+ ŠTUDENTI NA JAMATLONU

Program Erasmus+ ponuja podporo za organizacijo izmenjav za študente dodiplomskega, magistrskega in doktorskega študija med državami programa Erasmus+ ter s partnerskimi državami. Študenti na študiju v tujini s podporo programa Erasmus+ poleg strokovnega znanja izpopolnijo jezikovno znanje in komunikacijske spretnosti ter pridobijo veščine, ki so pri delodajalcih zelo cenjene.



Skupinska fotografija Erasmus+ študentov Fakultete za strojništvo

Na Fakulteti za strojništvo zelo spodbujamo izmenjave študentov. To pa se kaže v rezultatih, saj številke naraščajo iz leta v leto. V letošnjem študijskem letu bo semester ali dva na izmenjavi v devetih evropskih državah preživelo 48 študentov naše fakultete. Še več študentov pa prihaja iz tujine k nam. V zimskem semestru gostimo kar 45 tujih stu-

dentov preko programov Erasmus+ in CEEPUS, v letnem pa jih bo 31. Prihajajo iz trinajstih držav.

Vsekakor se trudimo, da bi bila izmenjava študentov ena najlepših izkušenj njihovega študija, zato skupaj z Univerzo v Ljubljani organiziramo druženja, na katerih aktivno povezujemo slovenske in tuje študente. Med njimi se (s)pletejo vezi in prijateljstva, ki velikokrat ostanejo za vse življenje.

V decembru smo v ta namen organizirali ekskurzijo Erasmus+ študentov Fakultete za strojništvo na Jamatlon, ki poteka na trasi Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Gre za edinstven in nepozaben dogodek, ki udeležence popelje v rudniške rove, kjer je potrebno prehoditi ali preteči 5,5 kilometrov, ob tem pa premagati več rudarskih ovir. Skupaj se je 12. Jamatlona udeležilo rekordnih 340 udeležencev iz skupno 10 evropskih držav, od tega je Fakulteto za strojništvo UL zastopalo kar 41 udeležencev. Študentje so bili nad dogodkom navdušeni, saj Jamatlon sodi med 10 najbolj neobičajnih prireditev v Sloveniji, kar že vnaprej zagotavlja nepozabne spomine.

www.fs.uni-lj.si

JERNEJ KOVAČ PREJEL PRIZNANJE UNIVERZE V LJUBLJANI ZA STROKOVNE SODELAVCE



Podelitev priznanja UL Jerneju Kovaču

Prof. dr. Igor Papič, rektor Univerze v Ljubljani, je podelil priznanja strokovnim delavcem Univerze v Ljubljani. Prejemniki priznanj so pomemben del strokovnih služb, ki povečujejo ugled in prispevajo k odličnosti Univerze in posameznih fakultet.

Jernej Kovač, strokovni sodelavec s Fakultete za strojništvo, je prejemnik priznanja strokovnim delavcem Univerze v Ljubljani.

Eno tretjino vseh zaposlenih na Univerzi v Ljubljani predstavljajo strokovni sodelavci, ki s svojim delom povečujejo ugled ter prispevajo k odličnosti Univerze. Priznanje je prejelo 26 strokovnih sodelavcev Univerze v Ljubljani.

www.fs.uni-lj.si

PROF. DR. IZTOK GOLOBIČ PREJEMNIK ZLATE PLAKETE UNIVERZE V LJUBLJANI



Podelitev zlate plakete UL prof. dr. Iztoku Golobiču

Prof. dr. Igor Papič, rektor Univerze v Ljubljani, je na slavnostni seji senata 3. decembra 2019, točno na 100. rojstni dan Univerze, podelil priznanja Univerze v Ljubljani. Zlato plaketo Univerze v Ljubljani je na slovesnosti prejel prof. dr. Iztok Golobič, vod-

ja Laboratorija za toplotno tehniko na Fakulteti za strojništvo. Zlato plaketo rektor podeljuje posameznikom za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega, pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja in za krepitev ugleda Univerze.

Prof. dr. Igor Papič je ob 100-letnici ustanovitve izpostavil, da Univerza v Ljubljani že od samega začetka delovanja z znanjem prispeva k napredku države in družbe, da si za napredek Univerze vsak dan prizadevajo vsi zaposleni in študenti ter da se veseli njene prihodnosti. »Smo celovita univerza, nudimo študij na praktično vseh področjih. Naši raziskovalci in alumni so gonilna sila raziskav, novih dognanj, mednarodnih dosežkov, s katerimi si Slovenija utrjuje mednarodni ugled.«

Zlato plaketo, ki jo Univerza v Ljubljani podeljuje za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega, pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja in za krepitev ugleda Univerze, je letos prejelo 15 profesorjev Univerze v Ljubljani.

www.fs.uni-lj.si

ŠTUDENT MATIC MOŽE PREJEL SVEČANO LISTINO ZA NAJBOLJŠE ŠTUDIJSKE DOSEŽKE



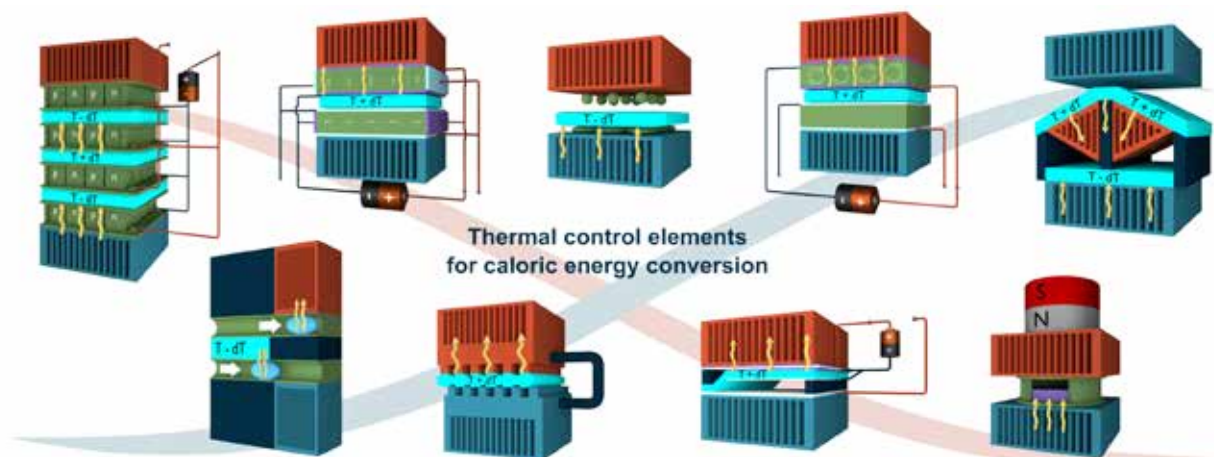
Matic Može, študent s Fakultete za strojništvo, je prejel svečano listino za najboljše študijske dosežke.

Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič je študentom Univerze podelil svečane listine za najboljše študijske dosežke. Prejemniki priznanj so najuspešnejši študenti svoje generacije.

Študijski dosežki prejemnikov priznanj presegajo običajno študijsko delo, saj nekateri študenti že beležijo mednarodne objave svojih del. So tudi uspešni tekmovalci na mednarodnih tekmovanjih ali celo zmagovalci. Svečano listino za najboljše študijske dosežke je letos prejelo 21 študentov in študentk Univerze v Ljubljani.

www.fs.uni-lj.si

TOPLITNI KONTROLNI ELEMENTI V KALORIČNIH TEHNOLOGIJAH



Hiter razvoj elektronike in informatike predstavlja vedno večje izzive pri obvladovanju prenosa toplote ali upravljanja usmerjenosti in gostote toplotnega toka. Slednje je še posebej pomembno pri številnih tehnologijah in procesih pretvorbe energij. Poleg klasičnega prenosa toplote, ki je bil v zadnjih desetletjih nadgrajen z mikrosistemi, se je še posebej v zadnjih 10 letih pričela razvijati posebna domena transportnih pojavov, ki se ukvarja z mehanizmi in procesi, ki omogočajo kontrolo gostote toplotnega toka in tudi kontrolirano usmerjanje toplotnega toka. To področje, ki ga je na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani pred slabimi desetimi leti pričel razvijati Laboratorij za hlajenje in daljinsko energetiko (LAHDE, <https://lahde.fs.uni-lj.si/>), imenujemo toplotni kontrolni elementi oziroma toplotna vezja. Velika večina teh elementov temelji na principih, ki izhajajo iz fizike kondenzirane snovi, mikro-elektro-mehanskih sistemov (MEMS) in mikrofluidike. Glavni elementi, s katerimi lahko nadzorujemo toplotni tok, so analogni električnim elementom. To so toplotna stikala, toplotne diode,

toplotni regulatorji in toplotni tranzistorji. Glavna naloga toplotnih kontrolnih elementov je torej hitro in učinkovito prekinjanje oz. vzpostavljanje ter povečanje gostote toplotnega toka ali pa sprememba njegove smeri.

Uporaba toplotnih kontrolnih elementov – predvsem toplotnih stikal in toplotnih diod – je zanimiva tudi v kaloričnem hlajenju, s katerim se prav tako že več kot 10 let ukvarjamo v Laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko. V sklopu dela je bil narejen obsežen pregled svetovne literature s tega področja. Pregled obsega kritično obravnavo dosedanjega razvoja, hkrati pa na podlagi naših bogatih izkušenj podaja smernice nadaljnjega razvoja toplotnih kontrolnih elementov. Ta pregled je prvi na svetu na konkretnem področju kaloričnih tehnologij. Njegovo pomembnost kaže tudi dejstvo, da je bil objavljen v visoko citirani reviji *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (IF 10,556).

www.fs.uni-lj.si

Hawe Hydraulik krepi elektronsko kompetenco

Tudi pri nas uveljavljena skupina podjetij *Hawe Hydraulic Gruppe* iz Aschheima pri Münchnu v ZR Nemčiji je v maju leta 2018 prevzela vse sodelavce in pomembnejši del premoženja podjetja *Mattro Gruppe* iz Schwarza na Tirolskem. Oblikovano je novo podjetje *Mattro GmbH*, usmerjeno predvsem na proizvodnjo elektronike in kompletnih električnih pogonov za mobilne stroje. Poleg tega pa izdeluje tudi gosenična vozila s popolnoma električnim pogonom. S tem novim podjetjem je Hawe Hydraulik postalo še močnejše in električno popolnoma kompetentno podjetje z lastnim razvojem elektronike ob nadaljevanju tesnega sodelovanja z *Allgäuer Steuerungs und Sensorik – Spezialisten STW*.

Vir: Hawe Hydraulik stärkt Elektronik Kompetenz – Fluid 52(2019)6 – str. 6

DIR20 30.3.-3.4.2020 **FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO**

Roboti so velik del našega vsakdana - olajšajo nam delo, izboljšujejo kvaliteto življenje in včasih tudi zabavajo. Vse to bomo predstavili na tradicionalnem dogodku Dnevi industrijske robotike 2020 - DIR20, ki bo potekal od **30. marca do 3. aprila 2020 na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani**. Vabljeni vsi, ki vas robotika zanima - tako študentje¹ kot vsi ostali².



TEKMOVANJE RobotChallenge

Tudi letošnje Dneve industrijske robotike bo otvoril RobotChallenge, **tekmovalje v načrtovanju robotskih celic** v programskem okolju RobotStudio. Predhodno znanje ni potrebno, saj bomo za vse zainteresirane pripravili kratek tečaj uporabe programa. Postavljeni boste pred naloge, ki bodo preizkušale vaše sposobnosti reševanja problemov. Najboljše rešitve bomo bogato nagradili, zato vabimo vse študente, ne glede na smer študija, da se **prijavijo** na RobotChallenge!

APLIKACIJE

Od **ponedeljka do četrтка** bodo v avli potekale predstavitve aplikacij, ki smo jih med letom pripravili študentje Fakultete za elektrotehniko.

Vas zanima, kakšna je prihodnost gostinskih delavcev? Kakšna je prihodnost **barmanov**? So **slašičarji** poklic preteklosti?

Ko se posladkate in odžejate, bo čas za družabno igro ali dve. Nikar pa ne stavite na svojo zmago. Ko se pomerite z robotom, ne bol padel le stolp **Jenge**, ampak tudi nov rekord za zaporedno število zmag v igri **križcev in krožcev**!

Žal pa življenje ni samo igra. Če se ukvarjate s polaganjem **ploščic** ali sestavljanjem **računalnikov**, imate srečo, saj bo to namesto vas po novem lahko naredil robot!

Dan je najbolje zaključiti s filmom. Tega si boste na dogodku lahko zrežirali kar sami, **posnel** pa ga bo robot.

EKSKURZIJA

Dogodek bomo zaključili v **petek, 4. aprila**, s strokovno ekskurzijo v KLS Ljubno in Odelo, kjer nam bodo predstavili proizvodnjo in robote, ki jih uporabljajo pri delu. Vabimo vse študente, da se **prijavite** in se nam pridružite.

Več o **prijavah** in samem dogodku lahko najdete na naši spletni strani **www.dnevirobotike.si**.

INDUSTRIJSKI PARTNERJI

GENERALNI POKROVITELJI

YASKAWA

ZLATI POKROVITELJI

IHS

ABB

ADProS

RLS

SREBRNI POKROVITELJI

COMTRADE

ELEKTROPOJI

ISKRAEMECO

UNIVERSAL ROBOTS

KOLEKTOR

BRONASTI POKROVITELJI

KRKA

DOMEL

CONRAD

KORONA

inoterm

INOTERM

ICELEKTRONIKA

impal

kis

inoterm

MEDIJSKI PARTNERJI

IRT 3000
NOVICE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE
www.irt3000.com

Monitor

ELEKTRONIKE

MEHATRONIKE

Računalniške novice
www.racunalniske-novice.com

avtomatika

VENTIL

¹Študentom in dijakom katerekoli fakultete ali univerze omogočamo udeležbo pri podrobni predstavitvi delovanja robotov. Udeležencem je s tem na voljo aplikacija in njeni razvijalci, ki lahko kompleksnost predstavitve prilagodijo predznanju slušatelja. Ker je število mest omejeno, je predhodna prijava obvezna.

²Ogled celotnega programa DIR je za vse obiskovalce možen v popoldanskem času brez najave; vstop je brezplačen.

ALI BO NASTAJAJOČA INDUSTRIJA 5.0 SVETOVNI PROJEKT?

Janez Škrlec

Inštitut za raziskave in inovacije inteligentnih sistemov z Univerze Deakin v Avstraliji predstavlja celovit pogled na industrijo 5.0, pomembne usmeritve nastajajoče industrije in ključne značilnosti ter pomisleke, vpliv na predelovalno industrijo in celotno gošpodarstvo ter podatke, da bo industrija 5.0 ustvarila več delovnih mest, nove poklice in potrebo po visoko izobraženem kadru. Prikazuje pa tudi razlike med industrijo 5.0 in industrijo 4.0, ki je nastala iz strateškega projekta nemške vlade.

Glavna razlika med industrijo 4.0 in 5.0 naj bi bila predvsem v viru inteligence in personalizaciji proizvodnje, v tesnem sodelovanju človeka z roboti in stroji ter ekstremnem zmanjševanju odpadkov in negativnih vplivov na okolje. Industrija 4.0 namreč teh značilnosti nima. Danes se roboti prepletajo s človeškimi možgani in delujejo kot sodelavci, namesto da bi bili konkurenti. Strokovnjaki avstralske univerze izpostavljajo ključne značilnosti in pomsleke, ki jih ima vsak proizvajalec glede industrije 5.0. Poleg tega predstavljajo že zdaj več razvojnih dosežkov, ki so jih dosegli raziskovalci v aplikacijah in okoljih, ki že sodijo v industrijo 5.0.

Kakšne značilnosti bo imela industrija 5.0 in zakaj bo potrebna?

Industrija 5.0 naj bi po mnenju strokovnjakov v tovarniško okolje vračala večje število delavcev oziroma intenzivno združila človeka in stroje za večjo ustvarjalnost in za učinkovitost procesov. Ta industrija bo namreč sinergija med ljudmi in avtonomnimi stroji. Avtonomna delovna sila bo dojemljiva in obveščena o človekovih namerah in željah. Človek se bo naučil sodelovanja z roboti, ne le brez strahu, ampak tudi z brezskrbnostjo. Rezultati sodelovanja naj bi povečali učinkovitost, dodano vrednost ter pomembno zmanjšali stroške odpadkov in negativnih vplivov na okolje. Industrija 5.0 bo spremenila definicijo besede »robot«. Roboti ne bodo le programirljivi stroji, ki lahko izvajajo ponavljajoče se naloge, ampak se bodo v nekaterih scenarijih spremenili v idealnega človeškega sodelavca. Govorimo seveda o tako imenovanih kobotih, kolaborativnih oz. sodelovalnih robotih. Ti koboti se bodo zavedali človeške prisotnosti; zato bodo skrbeli za



Industrija 5.0 je fokusirana na personalizirano proizvodnjo in na učinkovito interakcijo med ljudmi in stroji

merila varnosti in tveganja. Lahko bodo zaznavali človeško prisotnost, razumeli bodo tudi cilje in pričakovanja človeškega operaterja. Koboti se bodo tudi naučili izvajati želene naloge, kot to počnejo človeški operaterji. Človeški delavec bo začel opravljati neko nalogo, kobot bo postopek opazoval s kamero v gibanju, povezan bo z računalnikom za obdelavo zajemanja slik in se bo učil iz vzorcev s pomočjo strojnega učenja. Opazoval bo tudi človeka, spremljal okolje, analiziral početje in namere operaterja. Ključni senzor, ki ga lahko uporabijo za razumevanje človekove namere, je funkcionalna, skoraj infrardeča spektroskopija (FNIRS), ki bo potekala po brezžičnem komunikacijskem kanalu z zajemanjem signalov iz človeških možganov. Ko bo kobot prepričan v svojo napoved, bo poskušal pomagati človeškemu delavcu, kar bo povečalo učinkovitost procesa. Predvideva se, da bo industrija 5.0 ustvarila povsem novo proizvodno vlogo, nova strokovna znanja v razumevanju robotov in njihovi interakciji s človekom. CRO (Chief Robotics Officer)

Janez Škrlec, inž., Razvojna raziskovalna dejavnost, Zgornja Poljskava

bo postal posameznik s strokovnim znanjem in bo odgovoren za sprejemanje odločitve za dodajanje ali odstranjevanje strojev ali robotov iz tovarniškega okolja oz. proizvodnega procesa. Odgovoren bo za doseganje optimalnih zmogljivosti in učinkovitosti. CRO-ji bodo imeli znanje o robotiki, umetni inteligenci, modeliranju, človeških dejavnikih in medsebojnih odnosih človek – stroj. CRO-ji bodo bolje opremljeni s sodelovalnimi robotskimi tehnologijami in bodo izkoriščali visok tehnološki potencial, s čimer bodo ustvarjali pozitiven vpliv tudi na upravljanje okolja. To bo sčasoma povečalo trajnost človeške civilizacije z zmanjšanjem onesnaževanja, nastajanja odpadkov in boljšim ohranjanjem okolja in Zemlje.

Interoperabilnost podatkov omrežnih senzorjev ter dinamično modeliranje in simulacije

V industriji 5.0 bodo imeli velik pomen inteligentni sistemi in senzorji za vseprisotno zaznavanje in zbiranje velikih baz podatkov. Vse to bo omogočalo hitrejša in celovite prilagoditve.

Mreže senzorjev z nekaj inteligentne in procesne moči na nizki ravni bodo lahko zmanjšale potrebo po mehanizmu za prenos podatkov z visoko pasovno širino, hkrati pa bodo omogočile tudi lokalno predhodno obdelavo podatkov. To bi posledično zmanjšalo zamude in preobremenitve omrežja, hkrati pa ustvarilo raven »porazdeljene inteligence« v omrežju. Za polno korist senzorskega omrežja bo namreč potreben skupni okvir za prenos informacij in preprostejši mehanizem za prenos podatkov. Ko bodo ti mrežni senzorji tehnološko dovolj dovršeni, bodo odprli možnost za brezstične prilagoditve v proizvodnih procesih. Z inteligenco avtonomnih sistemov se pojavijo zapletenosti pri ocenjevanju spremljanja proizvodnih sistemov. Vizualizacija in modeliranje proizvodnih linij sta zelo koristni orodji za oblikovanje politik ter za upravljanje in personalizacijo prihodnjih izdelkov in linij izdelkov. Digitalni dvojček je »virtualni model procesa, izdelka ali storitve«. Digitalni dvojčki premoščajo virtualni in fizični svet proizvodnim enotam, da lahko analizirajo podatke, spremljajo proizvodni proces, obvladujejo tveganje pred njegovim nastankom, zmanjšajo čas izpada in se s simulacijami še naprej razvijajo. Z nedavnim napredkom na področju obdelave velikih podatkov (big data) in umetne inteligence (AI) je zdaj mogoče ustvariti še bolj realistične digitalne dvojčke, ki pravilno modelirajo različne operative situacije in značilnosti procesa. Pri obračunavanju negotovosti v procesu digitalni dvojčki predstavljajo ogromno priložnost, saj omogočajo zmanjšano izgubo v toku procesa in boljšo zasnovo sistema. Skupaj z najsodobnejšimi tehnikami vizualizacije in modeliranja bodo tehnologije, kot so digitalni dvojčki, povečale produktivnost vseh sektorjev v kateri koli panogi.



V industriji 5.0 bosta človek in robot sodelavca

Sledilniki »Shopfloor« in inteligentni avtonomni sistemi ter napredek na področju zaznavalnih tehnologij in strojne kognicije

Sledilniki Shopfloor izboljšujejo sledenje proizvodnji v realnem času. Omogočajo povezovanje prodajnih nalogov kupcev s proizvodnimi naročili in dopolnilnimi materiali. Naknadno vodijo do optimalnega in učinkovitega upravljanja virov, kar je za proizvajalce ključni cilj. Prav tako omogočajo tudi sprotne sledenje sredstev in pretoka procesov, kar utira pot za spletno optimizacijo procesov v proizvodnem procesu. Ti sledilci se lahko izvajajo v obliki mrežnih senzorjev ali z uporabo prednosti, ki jih nudijo mrežni senzorji. Prav tako bi lahko privedli do zmanjšanja materialnih izgub, preprečevanja tatvin in slabega upravljanja premoženja v povezavi z novimi tehnologijami, kot sta IoT in strojno učenje. Tehnike umetne inteligence omogočajo strojem, da se učijo in zato samostojno izvajajo zelene naloge. Z najsodobnejšo klasifikacijo, z regresijo in z metodologijami združevanja, ki jih omogočajo globoke učne strategije, nastanejo inteligentni sistemi in rešitve, ki lahko sprejemajo odločitve po nepredvidenih okoliščinah. Varen in zanesljiv prenos pridobljenega znanja in spretnosti iz digitalnega / virtualnega sistema na njegov fizični dvojček bo imel pomembno vlogo v industriji 5.0. Poleg vidnih in pomembnih tehnologij se bo morala izboljšati strojna kognicija, da bi lahko dosegli najboljše presojne v nenehno spreminjajočih se razmerah na delovnem mestu. Razvoj zelo prilagodljivega sistema lahko doseže to sposobnost, vendar takšnega sistema s trenutnimi tehnologijami, ki temeljijo na pravilih, še ne moremo doseči. Poleg tega bo treba izboljšati tudi druge senzorične tehnologije in njihove analize, da se ponovi tisto, kar bi v določenem scenariju običajno delal človeški operater. Človeški operater običajno zavestno in podzavestno sprejme veliko odločitev, preden opravi takšno nalogo. Metode poglobljenega učenja so nedavno pokazale obetavne rezultate na področju robotskega in računalniškega vida. Te metode so robotom in inteligentnim strojem zagotavljale zanesljivo kognitivno in vizualizacijsko sposobnost, kar je potrebno pri avtonomnih aplikacijah.

cijah, tudi pri kobotih. Strategije poglobljenega učenja v osnovi temeljijo na umetnih nevronske mrežah s sorazmerno velikim številom plasti v svoji strukturi. Glavna prednost algoritmov za globoko učenje je, da se ob povečanju količine podatkov o usposabljanju izvajajo veliko bolje kot običajne metode učenja. Z drugimi besedami: več ko je podatkov o usposabljanju, večja je učinkovitost metod globokega učenja. Zanimivo je, da se uspešnost tehnik globokega učenja izboljšuje s povečanjem količine podatkov o usposabljanju, medtem ko bo uspešnost tradicionalnih učnih metod postala nasičena, če podatki o usposabljanju presežejo optimalno raven. Drug primer pametnega zaznavanja vključuje uporabo človeških možganov kot vira signalov. To lahko dosežemo z elektroencefalografijo (EEG), s funkcionalnim slikanjem z magnetno resonanco (fMRI) ali s funkcionalno skoraj infrardečo spektroskopijo (fNIRS). Danes naprave fNIRS učinkovito zajamejo možganske aktivacije in jih je mogoče uporabiti za široko paleto nalog, vključno z analizo signalov, napovedovanjem namenov in zavedanjem o kontekstu. Takšne naprave fNIRS se lahko na primer uporabljajo v medicinski opremi, kjer lahko operater nadzoruje robotsko roko, opremljeno z diagnostičnim ali kirurškim instrumentom za izvajanje določenih zahtevnih nalog.

Kako bo industrija 5.0 vplivala na proizvodne sisteme?

Prejšnje industrijske revolucije kažejo, da se proizvodni sistemi in strategije nenehno spreminjajo v smeri večje produktivnosti in učinkovitosti. Industrija 5.0 bo zahtevala novo standardizacijo in uvajanje novih tehnologij, ki potrebujejo lastno infrastrukturo in razvoj. Ta industrija bo prinesla izzive na področju medsebojnega delovanja človek in stroj (HMI), saj bo

stroje zelo približala vsakdanjemu življenju vsakega človeka. Industrija 5.0 bo spremenila proizvodne sisteme po vsem svetu, tako da bo ljudem odvzela dolgočasne, umazane in ponavljajoče se naloge, kadar koli bo to le mogoče. Inteligentni roboti in sistemi bodo silovito prodrli v proizvodne, dobavne in prodajne verige. To bo omogočeno z uvedbo cenejših in zelo sposobnih robotov, sestavljenih iz naprednih materialov. Industrija 5.0 bo povezana z močnejšimi procesi obdelave podatkov (tj. velikimi podatkovnimi bazami in umetno inteligenco) in široko mrežo inteligentnih senzorjev. S tem se bosta povečali produktivnost in operativna učinkovitost. Zmanjšale se bodo delovne poškodbe in skrajšali časovni cikli proizvodnje. V nasprotju s takojšnjo intuicijo bo industrija 5.0 ustvarila več delovnih mest, kot jih bo odvzela. Veliko število delovnih mest bo ustvarjenih v okolju inteligentnih sistemov, programiranja AI in robotike, vzdrževanja, usposabljanja, načrtovanja, preurejanja in izumljanja novih proizvodnih robotov. Vse to bo spodbudilo ustvarjalnost v delovnem procesu in inovativno uporabo različnih oblik robotov na delovnem mestu. Poleg tega bo veliko število zagonskih podjetij zgradilo nov ekosistem zagotavljanja robotskih rešitev po meri v zvezi s strojno in programsko opremo po vsem svetu. To bo dodatno spodbudilo svetovno gospodarstvo in povečalo denarni tok po vsem svetu. Peta industrijska revolucija (industrija 5.0) bo realnost, ko se bodo njeni trije glavni elementi – inteligentne naprave, inteligentni sistemi in inteligentna avtomatizacija – popolnoma združili s fizičnim svetom v sodelovanju s človeško inteligenco. Izraz »avtomatizacija« v industriji 5.0 opisuje avtonomne robote kot inteligentne agente, ki delujejo hkrati s ljudmi, v istem delovnem prostoru. Zaupanje in zanesljivost med tema dvema stranema bosta dosegli obetavno učinkovitost, brezhibno proizvodnjo, minimalne količine odpadkov in prilagodljivo proizvodnjo, pojasnjujejo svetovni strokovnjaki.

3. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja // 18. – 19. junij 2020

<https://iktem.si>

Strokovna predavanja

Praktične delavnice

Prijetno druženje s strokovnjaki

konferenca **IKT**
EM



VABLJENI



MEHATRONIKA

AX elektronika d.o.o. • Špruha 33 • 1236 Trzin • 01 528 56 88 • iktem@svet-el.si • <https://iktem.si>

ELEKTRONIKA

PRIDOBIVANJE OLJA IZ RECIKLIRANE PLASTIKE

Vsako leto se v svetu odložijo ogromne količine plastike. Do sedaj je bila večina plastike sežgana in le 14 % je bilo reciklirane. Podjetje Igus, ki ima v svojem prodajnem programu plastične izdelke, je v preteklosti uporabljalo za odpadno plastiko klasični način recikliranja – drobljenje in ponovna uporaba. Lani pa je podjetje Igus naredilo pogumen korak z zagonom svojega novega programa »*chainge*«.



Svet preplavlja plastični odpadki

Podjetje prevzame energijske verige, katerih življenjska doba se je končala, ne glede na proizvajalca. Nato plastiko regranulira in jo ponovno obdelava. »S programom '*igus chainge*' so začeli reciklirati plastiko starih izdelkov,« pravi Frank Blase, izvršni direktor Igus GmbH.

Poleg ponovne uporabe plastike pa se za recikliranje »netehnične« plastike razvija tako imenovana kemična reciklaža. Cilj teh postopkov je iz plastike pridobiti nove materiale. To je tehnologija, ki jo je razvil nemški znanstvenik profesor Thomas Maschmeyer iz Sydneyja v Avstraliji. Patentirani kemični katalitični hidrotermalni reaktor (skrajšano: Cat-HTR) je bil razvit leta 2007 in je bil v pilotni napravi v Avstraliji 10 let testiran. S tehnologijo Cat-HTR se plastični odpadki, ki jih prej ni bilo mogoče reciklirati, v 20 minutah pretvorijo nazaj v olje; to je precej bolj varčno kot črpanje fosilnih goriv iz zemlje. Pri tem se uporablja jo samo voda, visoke temperature in tlak.



Steve Mahon, predsednik podjetja Mura Technology Limited (levo), Oliver Borek, izvršni direktor Mura Europa GmbH (desno), in Frank Blase, izvršni direktor Igus GmbH (na sredini), želijo reciklirati plastiko in ji omogočiti novo življenje.

Obnovljivo in trajnostno zmanjševanje odpadkov so cilji, na katerih temelji Cat-HTR. Dobljeno olje se lahko ponovno uporabi za izdelavo novih polimernih izdelkov. Da bi podprli krožno ekonomijo plastike, je Igus vložil 4,7 milijona € v podjetje, ki namerava zagovati prvi komercialni obrat Cat-HTR.

Prvi komercialni obrat Cat-HTR trenutno načrtujejo v Wiltonu v Veliki Britaniji, gradnja pa naj bi se začela letos. »Zavzemamo se za doseganje ravnesja v svetu plastike s tehničnimi rešitvami,« pravi Frank Blase.

Več lahko preberete v novicah na www.hennlich.si.

Stojan Drobnič, HENNLICH, d. o. o., Kranj



igus isense®

vse za industrijo 4.0

pametna plastika
predvidljivo vzdrževanje
nenehno spremljanje stanja strojev



HENNLICH

Pokličite nas:

04 532 06 05



www.hennlich.si

VALIDACIJA MERILNEGA SISTEMA ZA MERJENJE PRETOKA PLINA Z LAMINARNIM TOKOVNIM ELEMENTOM

Gregor Bobovnik, Klara Arhar, Jože Kutin

Izvleček:

Merilno zaznavalo laminarnega merilnika pretoka je laminarni tokovni element, katerega pretočni preizsek sestavljajo kapilarne cevke oz. reže. V prisotnosti toka plina se v laminarnem tokovnem elementu vzpostavijo laminarne tokovne razmere, zato bi lahko v idealnih razmerah kot merilni model za določanje pretoka plina uporabili Hagen-Poiseuillovo enačbo, ki podaja linearno odvisnost masnega toka plina od tlačnega padca v laminarnem tokovnem elementu. Ker pa v praksi niso izpolnjene vse predpostavke, na katerih temelji ta enačba, uporabimo nekoliko modificiran merilni model. V prispevku bomo predstavili merilni model, ki temelji na uporabi brezdimenzijskih parametrov. Za konkreten primer je z uporabo rezultatov umerjanja prikazana postavitve tovrstnega merilnega modela in spremljajoča analiza merilne negotovosti. Predstavljeni so tudi rezultati primerjalnih meritev pretoka suhega zraka z laminarnim merilnikom in merilnim sistemom s kritičnimi merilnimi šobami. Rezultati primerjave so ovrednoteni z vrednostjo E_n in dokazujejo ustreznost merilnega modela in pripadajočih merilnih negotovosti merjenega pretoka z laminarnim merilnikom pretoka.

Ključne besede:

laminarni tokovni element, laminarni merilnik, merilni model, analiza merilne negotovosti, primerjalne meritve

1 Uvod

V laminarnem tokovnem elementu, ki predstavlja zaznavalni element laminarnega merilnika, je pretočni preizsek sestavljen iz večjega števila kapilarnih cevk ali rež, kar zagotavlja, da se pri toku plina skozi element vzpostavijo laminarne tokovne razmere. Hitrost plina je v tem primeru premo sorazmerna s padcem tlaka. Najpreprostejši merilni model za masni tok plina, merjen z laminarnim tokovnim elementom, temelji na Hagen-Poiseuillovi enačbi [1]:

$$q_{m,0} = \frac{n\pi\rho r^4 \Delta p}{8\mu L} \quad (1)$$

ki podaja idealni masni tok $q_{m,0}$ nestisljive tekočine skozi n kapilarnih cevk okroglega prereza s polmerom r in dolžine L v odvisnosti od gostote tekočine ρ , dinamične viskoznosti μ in tlačnega padca Δp vzdolž kapilarne cevk. Izpeljava Hagen-Poiseuillove enačbe temelji na predpostavkah [2], da je tok tekočine laminaren in ustaljen, da je kapilarna cevka ravna, da je tekočina newtonska in nestisljiva, da je temperatura tekočine konstantna in hitrost tekočine ob steni

cevi enaka nič. Običajno vse naštetje predpostavke niso izpolnjene, ker ne poznamo dejanskega števila in dimenzij kapilar oz. dejanske oblike prereza kapilar in zaradi načina merjenja tlačnega padca (odjemni so običajno pozicionirani pred režami in za njimi), Hagen-Poiseuillove enačbe v praksi ne moremo uporabiti za določanje masnega toka z laminarnim tokovnim elementom, zato uporabljamo nekoliko modificirane merilne modele, npr. [2, 3].

Namen prispevka je predstavitev merilnega modela za določanje pretoka z laminarnim tokovnim elementom, ki temelji na uporabi brezdimenzijskih parametrov [2, 4] in njegova postavitve na osnovi rezultatov akreditiranega umerjanja z vlažnim zrakom. Podrobno je prikazan tudi postopek analize merilne negotovosti v skladu s [5]. Merilni model je nadalje validiran preko primerjalnih meritev z merilnim sistemom s kritičnimi merilnimi šobami pri merjenju pretoka suhega zraka. Izvedena analiza z uporabo vrednosti E_n [6] ponazarja, kako lahko rezultate tovrstnih primerjalnih meritev uporabimo za potrjevanje merilnih zmogljivosti.

2 Teoretične osnove

V splošnem merilni model za masni tok plina, merjen z laminarnim tokovnim elementom, zapišemo kot:

$$q_m = q_{m,0} C_D \quad (2)$$

Doc. dr. Gregor Bobovnik, univ. dipl. inž., **Klara Arhar**, dipl. inž. str. (UN), **izr. prof. dr. Jože Kutin**, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

kjer je C_D pretočni koeficient, ki podaja odstopanje dejanskega od idealnega masnega toka. Vrednost pretočnega koeficienta ni odvisna le od konstrukcije in dimenzij laminarnega elementa, temveč tudi od velikosti pretoka oz. Reynoldsovega števila (Re), kar je povezano z dodatnimi tlačnimi izgubami na vstopu in izstopu iz laminarnega tokovnega elementa (t. i. vpliv kinetične energije [2]), s stisljivostjo plina itd.

Kot smo omenili, dejanskih dimenzij in oblike kapilarnih cevk, ki sestavljajo laminarni tokovni element, v praksi ne poznamo, zato $q_{m,0}$ in posledično C_D ne moremo določiti. Za masni oz. prostorninski tok tako uporabimo merilni model [2]:

$$q_m = \frac{\rho L^3 \Delta p}{\mu C_F} \quad \text{oz.} \quad q_v = \frac{L^3 \Delta p}{\mu C_F} \quad (3)$$

kjer je C_F koeficient pretoka, L je karakteristična dimenzija laminarnega elementa in $q_v = q_m / \rho$ prostorninski tok. Zaradi padca tlaka vzdolž kapilare se gostota, viskoznost in prostorninski tok plina, ki nastopajo v enačbi (3), spreminjajo, zato je potrebno eksplicitno podati, ali so upoštevane njihove vrednosti na vstopu, na sredini ali na izstopu iz laminarnega elementa.

Če za kapilarno cevko poljubnega prečnega preza (r v nadaljevanju definira hidravlični polmer) definiramo še koeficient C_L in koeficient viskoznosti C_μ [4]:

$$C_L = \frac{r}{L}, \quad C_\mu = \frac{\rho \Delta p l^2}{\mu^2} \quad (4)$$

in upoštevamo, da je povprečna hitrost plina v kapilarni cevki definirana z izrazom:

$$\bar{w} = \frac{\Delta p r^2}{8 \mu L} \quad (5)$$

lahko Re in C_D zapišemo kot:

$$Re = \frac{2 \rho r \bar{w}}{\mu} = \frac{1}{4} C_L C_\mu \quad \text{in} \quad C_D = \frac{q_m}{q_{m,0}} = \frac{8}{\pi} \frac{1}{C_L} \frac{1}{C_F}. \quad (6)$$

Iz zgornjih enačb sta razvidni povezavi med Re in C_μ ter med C_D in C_F , zato lahko kot rezultat umerjanja laminarnega tokovnega elementa namesto $C_D(Re)$ podamo odvisnost $C_F(C_\mu)$. Dobljeno odvisnost običajno aproksimiramo s polinomom drugega reda:

$$C_F = a_0 + a_1 C_\mu + a_2 C_\mu^2. \quad (7)$$

Za karakteristično dolžino L običajno predpostavimo, da je enaka 1 m oz. nominalni dolžini laminarnega elementa. Pomembno je, da tako pri umerjanju kot pri nadaljnji uporabi laminarnega merilnika uporabljamo isto vrednost.

Pri uporabi laminarnega elementa za merjenje pretoka najprej za merjeni plin pri danih pogojih izračunamo C_μ , zatem z aproksimacijskim polinomom (7) določimo vrednost C_F na koncu pa z uporabo enačbe (3) izračunamo masni tok q_m .

3 Analiza rezultatov umerjanja laminarnega elementa

Laminarni element izdelovalca Meriam Process Technologies (50MH1 0-01, SN: 1809000134), ki je prikazan na *sliki 1*, je bil umerjen v laboratoriju TetraTec Instruments, ki je akreditirani laboratorij pri DAkkS, Nemčija. Rezultati umerjanja so podani na poročilu o umerjanju [7] in so prikazani v *preglednici 1*. Prostorninski pretok q_v , absolutni tlak P , temperatura T in relativna vlažnost h so bili merjeni na vstopu laminarnega tokovnega elementa.

Umerjanje je bilo izvedeno z vlažnim zrakom, zato smo za izračun gostote uporabili model CIPM-2007 [8, 9] in za izračun dinamične viskoznosti zraka empirični Studnikov model [10]. Skladno s slednjim je viskoznost vlažnega zraka μ_{vz} enaka:

$$\mu_{vz} = (x_{sz} \mu_{sz} + x_v \mu_v) \left(1 + \frac{x_v - x_v^2}{2,75} \right) \quad (8)$$

kjer je x molski delež, indeksa sz in v pa predstavljata suh zrak in vodno paro. Molski delež x_v je določen na podlagi izmerjenega tlaka, temperature in relativne vlažnosti (P , T in h) z uporabo modela v [8], molski delež suhega zraka pa je enak $x_{sz} = 1 - x_v$.



Slika 1: Laminarni tokovni element z vgrajenim temperaturnim zaznavalom (na levi)

Preglednica 1 : Rezultati umerjanja laminarnega elementa [7]

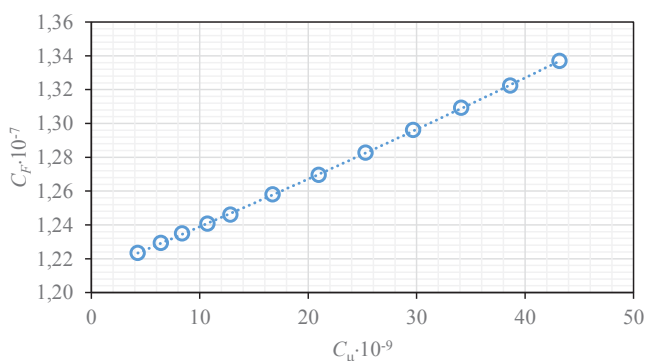
Št.	q_v	Δp	P	T	h	$U(q_v)$	$U(q_v)/q_v$
/	l/min	hPa	hPa	°C	%	l/min	%
1	27,289	1,993	967,7	23,41	47,8	0,066	0,242
2	40,578	2,978	967,7	23,44	48,0	0,098	0,242
3	52,857	3,897	967,6	23,42	48,2	0,13	0,246
4	67,195	4,977	967,6	23,41	48,1	0,16	0,238
5	80,183	5,965	967,6	23,45	47,7	0,19	0,237
6	103,557	7,779	967,5	23,51	48,1	0,25	0,241
7	128,759	9,763	967,5	23,6	48,3	0,31	0,241
8	153,625	11,767	967,4	23,53	47,9	0,37	0,241
9	178,467	13,812	967,3	23,51	47,6	0,43	0,241
10	203,015	15,87	967,3	23,48	47,8	0,49	0,241
11	227,400	17,949	967,2	23,34	47,6	0,55	0,242
12	251,442	20,066	967,0	23,34	45,8	0,61	0,243

Viskoznosti suhega zraka in vodne pare so bile določene z uporabo baze REFPROP [11].

Za dolžino L smo privzeli razdaljo med tlačnima odjemoma na laminarnem elementu, ki je enaka 8 cm. Izračun koeficientov C_F in C_μ , ki ju določimo z uporabo enačb (3) in (4), temelji na vrednostih veličin na vstopu v laminarni tokovni element. Njune vrednosti v kalibracijskih točkah so prikazane na *sliki 2*, kjer je s črtkano črto prikazana tudi aproksimacija dobljenih rezultatov s polinomom drugega reda. Konstante aproksimacijskega polinoma drugega reda v skladu z enačbo (7) so enake:

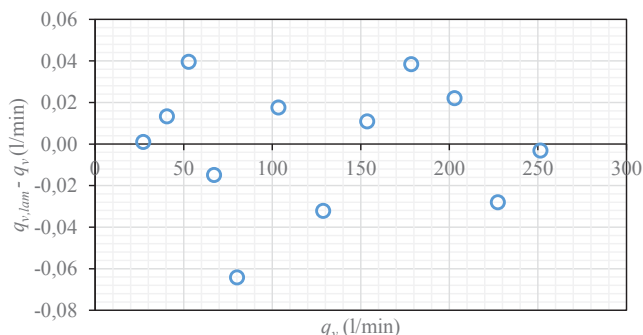
$$a_0 = 1,2119 \cdot 10^7, a_1 = 2,6459 \cdot 10^{-5}, a_2 = 5,7919 \cdot 10^{-17} \quad (9)$$

Na *sliki 3* je prikazano še odstopanje vrednosti prostorninskega toka ($q_{v,lam}$), dobljenega z uporabo merilnega modela (3), od referenčne vrednosti prostorninskega toka (q_v) na vstopu v laminarni merilnik. Merilna negotovost polinomske aproksimacije druge stopnje (število aproksimiranih parametrov $k = 3$) na podlagi dvanajstih ($N = 12$) merilnih točk je ocenjena kot:



Slika 2 : Odvisnost C_F od C_μ

(10)



Slika 3 : Odstopanja $q_{v,lam}$ od q_v

Merilno negotovost dobljenih vrednosti koeficienta pretoka C_F izračunamo kot:

$$\frac{U(C_F)}{C_F} = 2 \frac{u(C_F)}{C_F} = 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{U(q_v)}{q_v} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta p)}{\Delta p} \right)^2 + \left(\frac{u(\mu_{vz})}{\mu_{vz}} \right)^2 + \left(\frac{u_{apr}(C_F)}{C_F} \right)^2} \quad (11)$$

kjer so posamezni viri povezani z negotovostjo določanja referenčnega prostorninskega toka (glej preglednico 1), z negotovostjo merjenja tlačnega padca, negotovostjo določanja viskoznosti vlažnega zraka pri umerjanju in negotovostjo uporabljene polinomske aproksimacije v enačbi (9).

Standardna negotovost merjenja tlačnega padca znaša [7]: $u(\Delta p) = 7,5 \cdot 10^{-4} p$ ali 0,375 Pa.

Pri določanju negotovosti viskoznosti upoštevamo vpliv negotovosti Studnikovega modela [10], ki znaša približno $u(\mu_{vz,Studnikov})/\mu_{vz} = 0,05 \%$, in prispevek negotovosti merjenja temperature (standardna negotovost 0,1 °C) na določanje viskoznosti, ki znaša pri pogojih okolice približno 0,03 %. Pri izračunu ne upoštevamo negotovosti vrednosti viskoznosti suhega zraka in vodne pare, vezani na bazo REFPROP, ki lahko prispevata tudi 0,5 % ali več. To je upravičeno, kadar tudi pri nadaljnjih meritvah pretoka z laminarnim tokovnim elementom uporabimo isti medij (zrak) in isti model (REFPROP) kot pri umerjanju. V primeru uporabe drugega medija oz. drugega modela je potrebno ta prispevek negotovosti vključiti v analizo negotovosti merjenega pretoka.

Vrednosti p_{vz} , μ_{vz} , C_μ , C_F in $U(C_F)/C_F$ so podane v *preglednici 2*.

Preglednica 2: Izračunane vrednosti ρ_{vz} , μ_{vz} , q_m , C_F in C_F

Št.	ρ_{vz}	μ_{vz}	$C_F \cdot 10^{-9}$	$C_F \cdot 10^{-7}$	$U(C_F)/C_F$
/	kg/m ³	μPa s	/	/	%
1	1,131	18,339	4,289	1,2234	0,47
2	1,131	18,341	6,407	1,2292	0,37
3	1,131	18,340	8,385	1,2350	0,34
4	1,131	18,339	10,710	1,2407	0,31
5	1,131	18,341	12,832	1,2460	0,31
6	1,130	18,344	16,724	1,2580	0,31
7	1,130	18,348	20,972	1,2695	0,31
8	1,130	18,345	25,290	1,2827	0,31
9	1,130	18,344	29,688	1,2960	0,31
10	1,130	18,343	34,120	1,3092	0,31
11	1,131	18,336	38,634	1,3224	0,31
12	1,131	18,338	43,184	1,3369	0,31

4 Primerjalne meritve

Validacijo postavljenega merilnega modela laminarnega tokovnega elementa smo izvedli na podlagi primerjalnih meritev masnega toka suhega zraka z merilnim sistemom s kritičnimi šobami. Merilna sistema sta bila vezana zaporedno. Meritve so bile izvedene s suhim zrakom, vse snovske in transportne lastnosti zraka pa so bile določene z uporabo baze REFPROP.

Meritve smo izvedli v devetih merilnih točkah v merilnem območju med 28 g/min in 300 g/min. Pri vsaki vrednosti pretoka smo izvedli najmanj tri ponovitve. Meritve so bile izvedene v okviru zaključne naloge univerzitetnega študija [12], kjer je podrobneje opisan tudi nadzorni program za zajemanje in shranjevanje podatkov.

4.1 Merilni sistem z zvočnimi šobami

Merilni sistem je sestavljen iz seta kritičnih šob, merilnika absolutnega tlaka in merilnika temperature plina. Merilni sistem v LMPs v območju od 0,6 g/min do 60 g/min uporabljamo kot delovni etalon, v območju od 60 g/min do 1080 g/min pa kot referenčni etalon. Podrobnosti o uporabljeni merilni opremi in merilni zmogljivosti merilnega sistema so podane v preglednici 3. Masni tok, izmerjen s kritičnimi šobami, je označen s $q_{m,ks}$, njegova vrednost pa je določena kot povprečna vrednost desetih zaporednih odčitkov.

4.2 Merilni sistem z laminarnim tokovnim elementom

Merilni sistem oz. laminarni merilnik je sestavljen iz laminarnega tokovnega elementa, merilnika tlačne razlike, merilnika absolutnega tlaka in merilnika

Preglednica 3: Podatki o komponentah merilnega sistema s kritičnimi merilnimi šobami

Elementi	kritične šobe & merilnik absolutnega tlaka & sistem za merjenje temperature
Izdelovalec	TetraTec Inst. & Mensor & TetraTec Inst. + Pico Technology
Tip	CFO-10-A-302 & CPG2500 + CPR2550 & HUMTMP-MF-G12 + PT-104
Merilno območje	(0,6–1080) g/min
CMC ($k = 2$)	0,30 % MV ($q_m < 60$ g/min) 0,18 % MV ($q_m \geq 60$ g/min)

temperature plina. Podrobnosti o uporabljeni merilni opremi so podane v preglednici 4.

Masni tok, merjen z laminarnim merilnikom ($q_{m,lam}$), izračunamo z uporabo enačbe (3), pri čemer je C_F laminarnega elementa definiran pri njegovih vstopnih pogojih. Izmerjena vrednost masnega toka je določena kot povprečna vrednost desetih zaporednih odčitkov.

Merilna negotovost masnega toka plina je enaka:

$$\frac{U(q_{m,lam})}{q_{m,lam}} = 2 \sqrt{\left(\frac{u(C_F)}{C_F}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta p)}{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho)}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{u(\mu)}{\mu}\right)^2} \quad (13)$$

kjer so posamezni viri na desni strani enačbe definirani kot:

- ▶ merilna negotovost $u(C_F)$ je podana v Preglednici 2 (v območju manjših pretokov, kjer vrednost merilne negotovosti $u(C_F)$ ni konstantna, smo uporabili vrednosti negotovosti, določene z linearno interpolacijo tabeliranih vrednosti);
- ▶ merilna negotovost merjenja tlačne razlike $u(\Delta p)$ je izračunana na podlagi podatkov o merilni opremi v Preglednici 4;
- ▶ merilna negotovost gostote suhega zraka, ki temelji na uporabljeni merilni opremi, je enaka $u(\mu)/\mu = 0,04$ % (glej [5]);
- ▶ merilna negotovost določanja viskoznosti suhega zraka je enaka $u(\mu)/\mu = 0,03$ %. Ta vrednost zajema le vpliv negotovosti določanja temperature zraka (0,1 °C), ne upošteva pa merilne negotovosti merilnega modela. Slednjega ne upoštevamo, ker sta vrednosti viskoznosti zraka pri meritvah in vrednosti viskoznosti vlažnega zraka, uporabljenega pri postavitvi merilnega elementa, korelirani, saj smo v obeh primerih za določanje viskoznosti posameznih komponent uporabili bazo REFPROP.

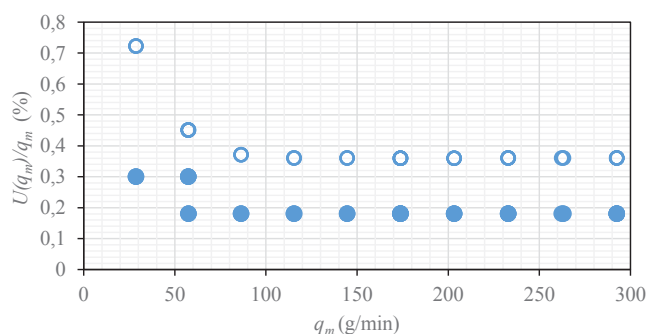
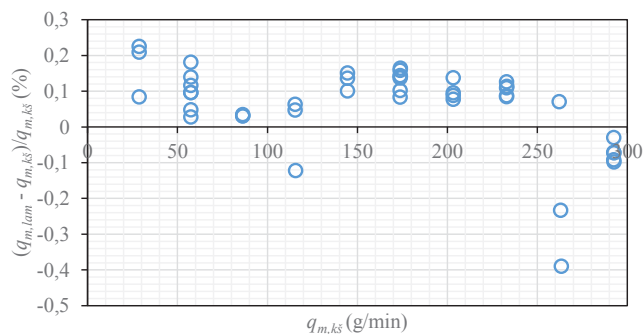
Preglednica 4 : Podatki o posameznih komponentah laminarnega merilnika

Naziv	Laminarni tokovni element	Temperaturno zaznavalo; merilni pretvornik	Merilnik tlaka	Merilnik tlačne razlike
Izdelovalec	Meriam Process Technologies	TetraTec Instruments; Pico Technology	Mensor	Mensor
Tip	50MH10-01	HUMTMO-MF-G12; PT-104	CPG2500; CPR2550	CPT6100
Merilno območje	25...300 l/min	18...28 °C	0...300 kPa	0...2,5 kPa
Merilna negotovost ($k = 2$)	0,31 %...0,47 %	0,2 °C	60 Pa	0,1 % ali 1 Pa

Na *sliki 4* je prikazana razširjena merilna negotovost merjenja masnega toka z laminarnim merilnikom. Merilna negotovost merjenega pretoka z laminarnim merilnikom znaša pri pretokih, večjih od 100 g/min, približno 0,36 %, pri najmanjšem merjenem pretoku pa naraste na dobrih 0,70 %, kar je posledica večje relativne merilne negotovosti tlačne razlike v tem območju. Primerjalno je prikazana tudi merilna negotovost merjenega masnega toka za merilni sistem s kritičnimi merilnimi šobami, ki je vedno manjša od merilne negotovosti laminarnega merilnika. Za merilni sistem s kritičnimi šobami sta pri pretoku 60 g/min podani dve različni vrednosti merilne negotovosti, ker smo za izvedbo meritev pri tem pretoku uporabili dve različni kritični šobi z različno merilno negotovostjo.

4.3 Rezultati meritev

Na *sliki 5* so prikazana relativna odstopanja med masnim tokom, merjenim z laminarnim merilnikom, in merilnim sistemom s kritičnimi šobami. Kot vidimo, so dobljena relativna odstopanja v vseh primerih manjša kot 0,4 % merjenega pretoka, v večini primerov pa je masni tok, izmerjen z laminarnim merilnikom, večji od masnega toka, izmerjenega z merilnim sistemom s kritičnimi šobami. Pri pretoku približno 262 g/min so opazna večja odstopanja in slabša ponovljivost meritev, kar je najverjetneje posledica nezadostnega časa stabilizacije oz. posledica neustaljenih tlačnih ali temperaturnih razmer pred izvedbo meritev pri tem pretoku. Večje število

**Slika 4 :** Razširjena merilna negotovost merjenega pretoka z laminarnim merilnikom (O) in merilnim sistemom s kritičnimi merilnimi šobami (•)**Slika 5 :** Relativno odstopanje med masnim tokom, merjenim z laminarnim merilnikom, in merilnim sistemom s kritičnimi šobami

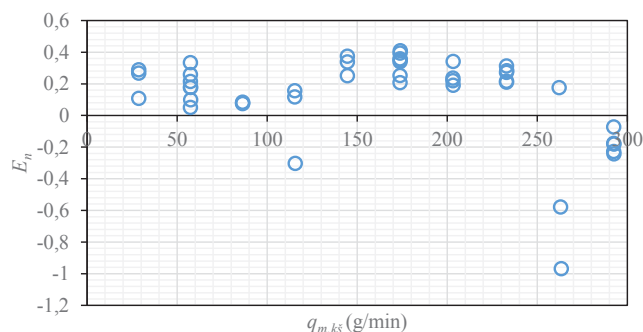
merilnih točk pri pretoku 60 g/min je posledica izvedbe meritve z dvema kritičnima šobama, katerih merilni območji se prekrivata (z vsako so bile narejene tri ponovitve).

Za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev smo uporabili vrednost E_n , ki se pogosto uporablja v analizi rezultatov medlaboratorijskih primerjav [6]:

$$E_n = \frac{q_{m,lam} - q_{m,kš}}{\sqrt{U(q_{m,lam})^2 + U(q_{m,kš})^2}} \quad (14)$$

Kadar je vrednost E_n manjša ali enaka ena, so rezultati primerjalnih meritev skladni (v skladu s podanimi merilnimi negotovostmi).

Na *sliki 6* so prikazane vrednosti E_n za vse izvedene

**Slika 6 :** Vrednosti števila E_n

meritve masnega toka. Kot vidimo, absolutna vrednost E_n le v enem primeru presega vrednost ena, in sicer pri pretoku 262 g/min, kjer je bila opažena slaba ponovljivost izmerkov. Za 41 od skupno 43 merilnih točk je vrednost $|E_n| < 0,5$. Rezultati tako potrjujejo ustreznost uporabljenega merilnega modela in ovrednotenih merilnih negotovosti merjenja pretoka z laminarnim merilnikom pretoka plina.

5 Zaključek

Prispevek podaja merilni model za določanje pretoka z laminarnim tokovnim elementom, ki temelji na uporabi brezdimenzijskih parametrov. Postavitev merilnega modela je izvedena za laminarni tokovni element na podlagi rezultatov umerjanja z vlažnim zrakom v tujem akreditiranem kalibracijskem laboratoriju v merilnem območju med približno 25 g/min in 300 g/min. Podrobno je predstavljena tudi analiza merilne negotovosti merjenega masnega toka plina (zraka).

Laminarni merilnik pretoka smo validirali z izvedbo primerjalnih meritev masnega toka suhega zraka z merilnimi sistemom s kritičnimi merilnimi šobami, ki jih v laboratoriju LMPS uporabljamo kot referenčni (v spodnjem območju pretokov tudi kot delovni) etalon. Rezultati medsebojne primerjave kažejo, da je absolutna vrednost E_n v vseh merilnih točkah, z izjemo ene, manjša od ena. Več kot 95 % merilnih točk ima vrednost $|E_n| < 0,5$. Rezultati potrjujejo ustreznost uporabljenega merilnega modela in podanih merilnih negotovosti merjenega pretoka z laminarnim merilnikom pretoka v njegovem celotnem merilnem območju.

Literatura

[1] Durst, F.: Fluid Mechanics, An Introduction to the theory of fluid flows, Springer-Verlag

Berlin Heidelberg, 2008.
 [2] Wright, J. D., Cobu, T., Berg, R. F., Moldover, M. R.: Calibration of laminar flow meters for process gases, Flow Measurement and Instrumentation 25/2012, str. 8-14.
 [3] Koeroghlian, M., Hall, M. J., Matthews, R.: Calculating a Viscosity Correction for Humid Air in a Laminar Flow Element, SAE Technical Paper 2018-01-0206, 2018.
 [4] Wright, J. D.: The long term calibration stability of critical flow nozzles and laminar flow meters, National conference of standards laboratories conference proceedings 1998, str. 443-462.
 [5] JCGM 100:2008: Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement.
 [6] SIST EN ISO/IEC 17043:2010 Ugotavljanje skladnosti - Splošne zahteve za preskušanje strokovne usposobljenosti.
 [7] TetraTec Instruments: Calibration Certificate No. 12309, O-K-17589-01-00, 2018-09, Nemčija, 2018.
 [8] Picard, A., Davis, R.S., Gläser, M., Fujii, K.: Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007), Metrologia 45/2008, str. 149-155.
 [9] Kutin J.: Snovske in transportne lastnosti plinov (PP-A), Navodilo za delo, Izdaja 1, LMPS, 2011.
 [10] Studnikov, E.L.: The Viscosity of moist air, Journal of Engineering Physics 19/1970, str. 1036-1037.
 [11] Lemmon, E. W., Huber, M. L., McLinden, M. O.: NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties - REFPROP Version 9.0 (User's Guide), Thermophysical Properties Division, NIST, 2010.
 [12] Arhar, K.: Izvedba in analiza merilnega sistema za pretok plina z laminarnim merilnikom. Zaključna naloga 1. stopnje univerzitetnega študija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2019.

Validation of the gas flow rate measuring system with the laminar flow element

Abstract:

The main component of a laminar flowmeter is a laminar flow element, which cross-section is made of capillary passages. The gas flows through the passageway under laminar conditions, therefore the Hagen-Poiseuille equation, in which the gas mass flow rate and the pressure drop are linearly related, could be in the ideal conditions used as the measurement model. However, the assumptions on which this equation is based on are not assured in praxis, therefore slightly modified models are applied. This article presents the measurement model based on non-dimensional parameters. Based on calibration results, the realization of such measurement model and detailed evaluation of its measurement uncertainty is shown for a concrete example. Further, the results of comparative measurements of dry gas flow rate using the laminar flowmeter and the measuring system with sonic nozzles are presented. The results are evaluated using the En number and prove the adequacy of the measurement model and respective measurement uncertainties of the measured flow rate with the laminar flowmeter.

Keywords:

laminar flow element, laminar flowmeter, measurement model, evaluation of measurement uncertainty, comparison measurements

PREHOD V CELOVITO OPREDELITEV CAD-MODELA (MBD)

Uroš Urbas, Nikola Vukašinović, Ivan Demšar

Izvilleček:

Inženirska risba je univerzalna metoda prenosa in prikaza konstrukcijskih zahtev. Že od pojava 3D modelirnih programov pa se obljublja pohitritev tega koraka. Celovita opredelitev modela ali MBD je vzhajajoča tehnologija, ki omogoča hitrejši razvojni cikel in hitrejšo izdelavo in dimenzijsko kontrolo. Je ena od komponent industrije 4.0 in predstavlja boljši način prenosa podatkov med vsemi deležniki v življenjskem ciklu izdelka. MBD omogoča avtomatski prenos informacij iz faze konstruiranja v kasnejše procese, kot sta proizvodnja in kontrola kakovosti. V članku so predstavljeni tehnologija MBD in koraki pri njeni uporabi, prav tako pa primer uporabe MBD na modelu hidravličnega valja.

Ključne besede:

MBD, celovita opredelitev modela, CAD, 3D dokumentacija, tolerance, obdelava

1 Uvod

Digitalizacija razvojnih in proizvodnih procesov je v zadnjih desetletjih temeljito spremenila način dela v industrijskih podjetjih. Zadnji mejnik, ki sisteme v podjetjih veže na način dela iz preteklosti, je priprava 2D tehnične dokumentacije. Tradicionalni proces izdelave 2D risb iz 3D modelov predstavlja delovno intenzivni prepis informacij, ki že obstajajo, v način, ki je razumljiv končnemu uporabniku. Zaradi potrebne količine človeškega dela v tem procesu je postal ta postopek pogost vir zamud, težav pri komunikacijah in napačnih ali neažurnih informacij.

Časi, ki so na razpolago za procese osvajanja izdelka in dimenzijske kontrole kakovosti izdelkov, so postali vse krajši z razvojem proizvodnih in informacijskih tehnologij ter s krajšanjem razvojnih ciklov. Istočasno se kompleksnost izdelkov, geometrijske tolerance in zahteve po kakovosti vse bolj povečujejo. Tehnologija modelov 3D-CAD, obogatenih z dodatnimi informacijami o izdelku (MBD – angl. Model Based Definition in PMI – angl. Product and Manufacturing Information), se s tem razlogom uveljavljajo v večini CAD-okolij in v sistemih za vodenje podatkov o izdelkih PDM (angl. – Product Data Management). PMI je prenesen z MBD skupaj z modelom in metapodatki. Sestavljen je iz anotacij in atributov, ki definirajo geometrijo in specifikacije [1]. Vključuje pa:

- ▶ geometrijske dimenzije in tolerance (GD&T – angl. Geometric Dimensions and Tolerances),
- ▶ 3D anotacije,
- ▶ dimenzije,
- ▶ kvaliteto površin in obdelavo,

- ▶ materiale,
- ▶ zvarne simbole in
- ▶ kosovnice.

Z zapisom vseh ključnih podatkov o izdelku se zmanjšujejo potrebe po izdelavi 2D dokumentacije, krajšajo razvojni časi in manjšajo možnosti napak med procesom razvoja izdelka. Še vedno pa se za individualno in serijsko kontrolo izdelkov praviloma pripravlja ločena kontrolna in merilna dokumentacija, pogosto še vedno v 2D obliki. Na *sliki 1* je prikazan prehod iz proizvodnje, ki temelji na 2D risbi, do prehoda v okolje, ki sloni na 3D modelu in risbi s 3D pripisi (MBE – angl. Model Based Enterprise). Večina podjetij je že naredila prehod iz glavne 2D risbe v 2D risbo, narejeno s 3D programom. Redka podjetja so to nadgradila v tretjo stopnjo. Četrta pa je še precej neizkoriščena.

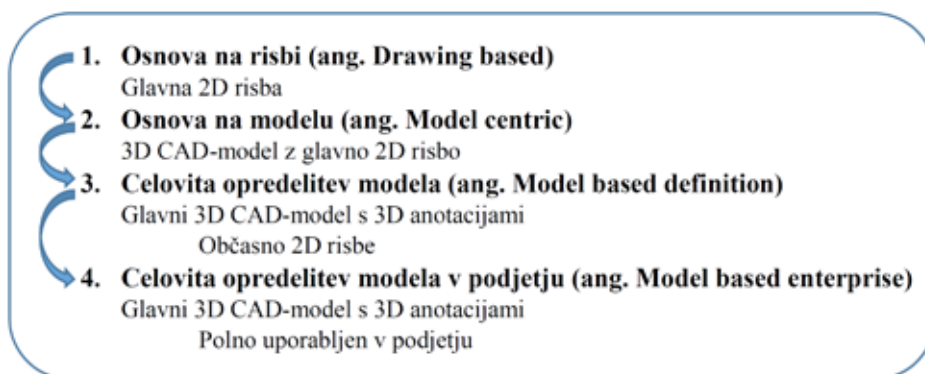
MBD omogoča digitalno nit (ang. digital thread) za tok informacij skozi življenjsko dobo produkta [2], [3]. S celovitim informacijskim modelom izdelka se izpolni eden od pogojev za prehod v pametno tovarno, ki omogoča individualno in računalniško podprto obravnavo vsakega proizvoda.

Celovita opredelitev modela v podjetju ali MBE pa je zadnja stopnja, kjer se 3D CAD-model uporablja za celoten življenjski cikel produkta v podjetju. Verzija, imena, povezave in ostali tehnični podatki so avtomatsko uporabljeni v poročilih, dokumentaciji in ostalih dokumentih.

PMI, vključen v MBD, izboljša in skrajša razvojni cikel izdelka, saj uporabniki lahko vključijo procesne informacije v fazi snovanja, in tako omogoča boljšo komunikacijo, manj napak, hitrejšo in zanesljivejšo upravljanje sprememb [5].

Metoda je predvsem uporabna v industrijah z zahtevnimi izdelki in sestavi, saj se ob tem uporabljajo

Uroš Urbas, mag. inž., **doc. dr. Nikola Vukašinović**, univ. dipl. inž., **dr. Ivan Demšar**, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



*Slika 1 : Prehod v MBD in MBE
(povzeto po [4])*

različne informacije o izdelku in izdelavi. Sem spadata letalska in avtomobilska industrija, ki za popis izdelka potrebuje več kot samo popis geometrije. Če so izdelki enostavni, kjer visoka natančnost in geometrijske tolerance ne pridejo v poštev, prednosti MBD ne pridejo do izraza.

Prednosti MBD

MBD obljublja več prednosti pred tradicionalnim načinom dela. Te so:

- ▶ MBD je lažje interpretirati. Vse informacije so v 3D pogledu. Ni problema z nejasnimi pogledi na risbah.
- ▶ Model MBD se izdelava hitreje. Potrebno je narediti le model, ne tudi risbe.
- ▶ Model MBD je vedno posodobljen. V tradicionalnem načinu potrebujemo model in risbe, v načinu MBD pa le model. Risba izhaja iz modela, ki pa se lahko distribuira posebej. Sistema PDM in PLM morata v načinu MBD slediti le eni datoteki. Prednost pri MBD je ta, da je potrebno vzdrževati le eno datoteko.
- ▶ MBD prinaša avtomatizacijo. S semantičnimi PMI je možno avtomatizirati postopke v kasnejših fazah življenja produkta.

MBD je od klasičnega načina mnogo boljši pri kontroli verzij oziroma revizijah. Podjetja imajo veliko problemov pri ohranjanju povezav med risbami in modeli. Tu so normalno nastopili sistemi PDM (ang. Product Data Management), vendar 2D PDF-i kmalu niso več na sistemu in niso več povezani, ko se pošiljajo in kopirajo po podjetju. Velikokrat se zgodi, da se posodobi model, risbe pa ne.

2 Vrste zapisov pri MBD

Funkcionalnosti MBD so najboljše, če imajo vsi isto programsko okolje, kar privede do tega, da morajo vsi uporabljati isti paket. Če se večje podjetje odloči za določen program, se večkrat to isto zahteva od njihovih dobaviteljev.

Alternativa za to so nevtralni 3D formati. Vsak proizvajalec programske opreme za CAD ima svoj

osnovni format, ki je optimiziran za njihov program. Ko potrebujemo prenos iz enega formata v drugega, pa potrebujemo nevtralne 3D formate. Večina modelirnih programov podpira branje in pisanje nevtralnih formatov.

Pri nevtralnih formatih se moramo zavedati še grožnje njihovega obstoja. Moramo zagotoviti, da bo obstajal še 20 in več let, kolikor zahtevajo nekatere industrije. Zato se mora najti rešitev v standardiziranih nevtralnih formatih. Nevtralni formati pa imajo to slabost, da izhajajo iz glavnega modela, ki ga je potrebno vedno posodobiti, ko se posodobi model. Drug problem pa je, da se večkrat izgubijo tudi informacije o značilkah, uporabljenih za izdelavo modela.

Izbor nevtralnih formatov smo znižali na 4, saj so široko uporabljani, zanesljivi in imajo potencial za nadaljnjo uporabo. Izbrani formati so STEP (ang. STandard for the Exchange of Product model data), 3D XML (ang. eXtensible Markup Language), JT (ang. Jupiter Tessellation) in 3D PDF (ang. Portable Document Format). Predvsem pa so široko uporabljani na področju ogleda inženirskih podatkov, izmenjave podatkov, vključno z natančno geometrijo, uporabo za digitalni prototip, dokumentacijo in arhiviranje in uporabo 3D informacij v okoljih PDM/PLM.

Za MBD in s tem povezano ponovno uporabo informacij je trenutno najbolj primeren STEP AP 242. Industrijski standard, ki definira prikaz GD & T v 3D prostoru, je [6] ASME Y14.41-2012 [7] in služi tudi kot osnova za standard ISO 16792. Modelno osnovano konstruiranje (ang. Model Based 3D Engineering) je standardizirano v ISO STEP AP 242 [8]. Obstaja več različnih načinov, kako prikazovati PMI-podatke v STEP-formatu [9]. Obstaja semantična predstavitev, v kateri je PMI shranjen v računalniško berljivem načinu. To omogoča avtomatsko izrabo podatkov za ponovno uporabo in za posodobitve zasnov, proizvodnje, merjenje, kontrolo kakovosti in za druge kasnejše aplikacije. Semantična predstava je omogočena samo z AP242.

Drugi način je grafična predstavitev, na kateri je PMI prikazan v načinu, ki je berljiv za človeka (je viden na 3D modelu). Grafična predstavitev je podprta tudi v starejših in bolj razširjenih STEP-protokolih,

kot sta STEP 203 in STEP 214. Dva načina grafične predstavitev PMI-elementov in pripisov v AP242 sta z mnogokotnimi črtami (polilinjami) in s ploskovno (ang. tessellated) predstavitvijo, kar pomeni, da so informacije lahko prikazane razbite v geometrijske elemente. Tako je možen točno tak prikaz kot v CAD-sistemu.

Čeprav je 3D PMI ena glavnih lastnosti STEP 242, pa je celoten obseg veliko širši. ISO STEP AP 242 med drugim pokriva tudi planiranje procesov, kontrola podatkov, 3D kompozitni dizajn in podatke o sestavu.

Semantični zapis PMI in ustrezen prenos teh informacij v kasnejše faze omogoča avtomatizacijo na področju CNC-programiranja, analize toleranc, merjenja s CMM (ang. Coordinate-measuring machine) in tudi prikaz in uporabo teh informacij v okolju obogatene, virtualne in mešane resničnosti [10].

2.1 Glavne prepreke in napake pri uporabi MBD

Uporabniki morajo razumeti standarde za GD & T, da se pokažejo glavne prednosti. Zmotno je misliti, da bo MBD avtomatiziralo izdelavo PMI in GD & T. Z napačno uporabo MBD lahko prihaja do napak, ki pa bi jih z uporabo 2D risb enostavno skrili ali spremenili.

Eden glavnih pogojev, ki morajo biti izpolnjeni za povečanje uporabe MBD, je podpora proizvajalcev programskih paketov za 3D modeliranje. Morajo biti kompatibilni in omogočati uporabo in prenos informacij iz enega v druge program.

2.2 Kako poteka delo z MBD, AP242, prenos podatkov v druge programe

Pravilen zapis PMI v modelirnem okolju je nujen za omogočanje MBE. Konstruktorji potrebujejo znanje o kasnejših procesih in fazah življenja produkta. Zahteva preusmeritev v konstruiranje za proizvodnjo (ang. design for manufacturability).

Glavna vprašanja, ki si jih morajo postaviti podjetja pred implementacijo MBD, so:

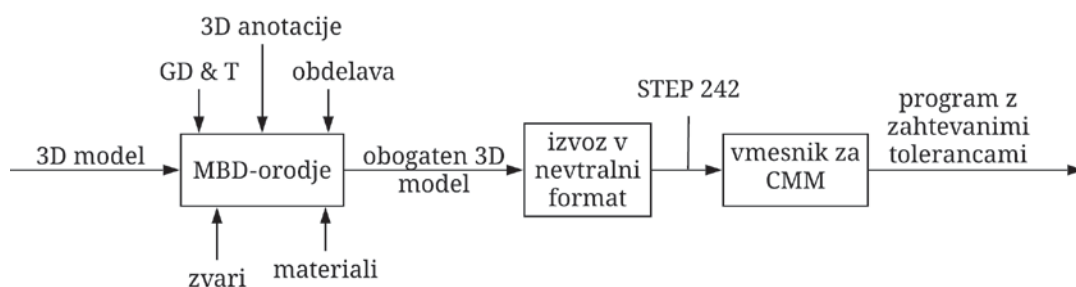
- ▶ Poznamo GD & T?
- ▶ Kakšen je naš CAD-sistem?
- ▶ Znamo postaviti PMI na CAD-model, ali vemo, kakšne so možnosti in omejitve?
- ▶ Kako želimo uporabiti podatke v nadaljnjih fazah?

MBD je najlažje uporabljati, če potekajo vse faze izdelka v enem podjetju in vsi uporabljajo isti program. Če neko podjetje razvija CAD-model, drugo izvaja analize in tretje izdeluje končne izdelke, se morajo podjetja uskladiti glede kompatibilnosti programskega okolja. Če to ni možno, potrebujemo nevtralne formate za izmenjavo podatkov. Že prej smo omenili, da je STEP 242 za to najbolj primeren format. Pri delu [11] je bil narejen pregled možnosti prenosa informacij med posameznimi 3D programi. Test se je izvedel tako, da se je iz posameznega programa najprej izvozila datoteka STEP 242, nato uvozila v isti program in nato še v druge. Testi so pokazali, da se pri vseh modelirnih orodjih prenesejo PMI-informacije v STEP-format. Nekoliko manj uspešen pa je bil ponovni uvoz STEP-formata s PMI-informacijami v programe, saj se je izgubilo kar nekaj grafičnih zapisov, semantični pa so ostali.

3 Uporaba MBD v proizvodnji in kontroli kakovosti

V literaturi je kar nekaj primerov uporabe MBD za avtomatiziranje procesov v fazi izdelave in kontrole kakovosti.

V članku [12] so ugotovili, da je mogoče doseči največ prihrankov z avtomatskim programiranjem CMM. Izvedli so test, s katerim so izdelali in pomerili izdelke s konvencionalnimi in MBD-principi. Ugotovili so uporabne vrednosti MBD, vendar je za doseg uporabne vrednosti potrebno najprej usposobiti kader. Več časa in pozornosti je potrebno posvetiti izdelavi modela, vendar kasneje ni potrebno izdelati tehnične risbe. Pri uporabi CMM je bila ugotovljena velika izboljšava z uporabo MBD, ker so se informacije v program za CMM prenesle neposredno iz MBD.



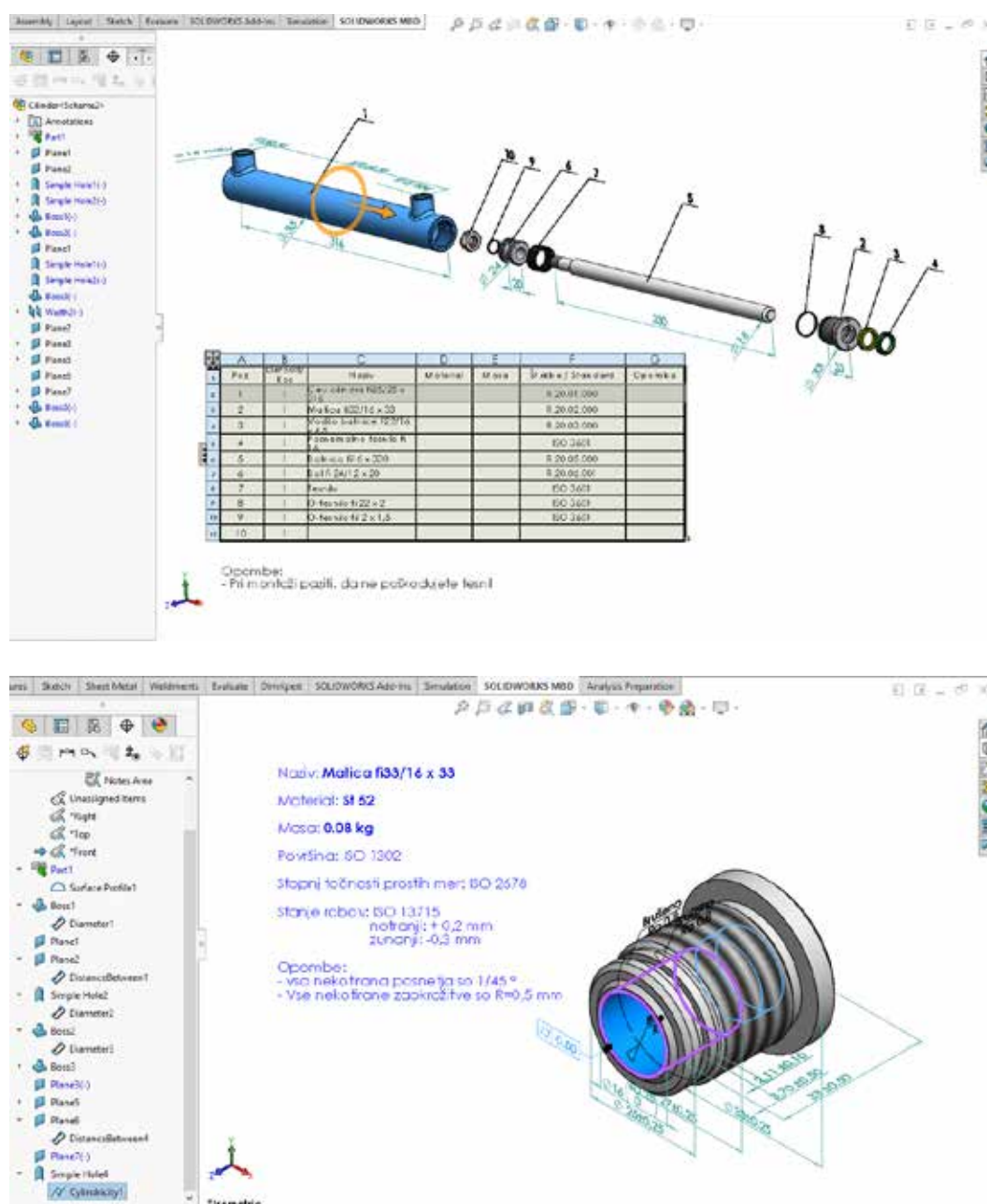
Slika 2 : Uporaba MBD v procesu kontrole kakovosti

Avtorji v članku [13] so podobno ugotovili, da je MBD primeren za definiranje GD & T in uporabo tega za s PMI vodeno kontrolo kakovosti, validacijo in analizo. Skrajšal se je čas za inšpekcijo izdelkov v proizvodnji.

V članku [14] so avtorji testirali uporabnost MBD in MBE. Z uporabo PMI, zapisanega v STEP AP 242, so naredili poizkus, kakšne so razlike v izdelavi s klasično metodo in z MBD. Naredili so več različnih modelov in jih dali izdelati v različna podjetja. Ugotovili so, da je bilo z uporabo MBD manj napak v dobavljenih kosih, saj so imeli proizvajalci na voljo 3D model. Krajši je bil tudi čas dobave. Druga razlika, ki so jo zaznali, je čas celotnega procesa izdelave načrta. V povprečju je

bil čas, potreben za izdelavo polnih kotirnih mer in pripisov s konvencionalnim procesom, 60 ur. To vključuje izdelavo načrta, izdelavo in kontrolo kakovosti. Z uporabo MBD se to skrajša na 15 ur, kar je 75-odstotno zmanjšanje povprečnega časa za celoten cikel.

Na *sliki 2* je prikazana ponovna uporaba informacij, zapisanih v postopku MBD za procese v kasnejših fazah življenja produkta, v tem primeru za kontrolo kakovosti s CMM. Inženirju tako ni potrebno ponovno vnašati predpisanih toleranc z načrtov. S tem se pospeši proces in preprečijo napake pri vnosu vrednosti. Od vmesnika za napravo (CMM) je odvisno, ali potrebujemo nevtralni format ali osnovni model.



Slika 3: Uporaba MBD na primeru sestava (zgoraj) in komponente (spodaj) hidravličnega valja v okolju Solidworks

4 Uporaba MBD na primeru bata hidravličnega valja v okolju SolidWorks

V nadaljevanju je predstavljen praktični prikaz izdelave MBD na primeru hidravličnega valja. Predstavljena sta primera uporabe MBD v primeru sestava (*Slika 3 - spodaj*) in izbrane komponente (*Slika 3 - zgoraj*). Vrste informacij, vsebovane v MBD, se namreč razlikujejo glede na vrsto modela. V primeru sestava MBD vključuje vse podatke, ki so potrebni in pomembni za montažo produkta (kosovnica, pozicije, gabaritne mere, priključne mere, ujemi, opombe za montažo itd.). MBD posamezne komponente mora vsebovati informacije, potrebne za izdelavo in tehnično kontrolo izdelka (oblika, dimenzijske tolerance, geometrijske dimenzije in tolerance, kvalitete površin in obdelavo, material, oznake ipd.).

Proces izdelave obogatene CAD-modela poteka tako, da se najprej definira PMI. To vključuje definiranje anotacijskih ravnin, dodajanje dimenzij in toleranc ter dodajanje geometrijskih toleranc skupaj z bazami. Ti elementi se praviloma postavljajo na določene ravnine. Sledi izdelava 3D pogledov in urejanje PMI. To se kasneje lahko uporabi v 2 ali 2,5D dokumentaciji. 2,5D dokumentacija omogoča normalno uporabo dokumentacije s prednastavljenimi 2D pogledi, primernimi za tisk, v elektronskem pregledovalniku pa omogoča tudi 3D pregled. Za izdelavo 3D PDF je potrebna izdelava ustrezne predloge in priprava pogledov. Večina modelirnih programov že ima opcijo objave v 3D PDF ali v druge nevtralne formate, kot je STEP 242.

5 Izdelava 2,5D dokumentacije

MBD vsekakor stremi k proizvodnji brez papirja in risb. Toda v začetnih fazah implementacije se nima smisla omejiti samo na uporabo celovito opredeljenih 3D modelov. MBD omogoča izdelavo standardnih in posebnih pogledov in projekcij modelov in tako tudi izdelavo 2,5D dokumentacije. Ker se praviloma tudi 3D PMI postavlja v standardne poglede, se te informacije enostavno prenesejo na dokumentacijo. Tako se ta dokumentacija lahko natisne ali pa uporablja elektronska verzija. Ta dokumentacija se od standardne razlikuje tudi v tem, da so informacije povezane. V primeru klika na dimenzijo se osvetli površina, na katero se nanaša. V primeru dela na sestavu se s klikom na kosovnico osvetli izbrani kos na sestavu. Vse to omogoča bolj pregledno delo z dokumentacijo. *Slika 4* prikazuje hidravlični valj v 2,5D dokumentaciji.

Pomemben vidik je tudi varnost podatkov v 3D datoteki. V primeru izdelave kosa pri zunanem izvajalcu se lahko tako s predajo dokumenta z vsemi podatki izdajo ključni podatki. Vendar obstajajo rešitve, kot je 3D PDF, kjer se lahko iz 3D modela enostavno izdelajo pogledi z informacijami, PDF se zaklene ter tako omogoči varnost. 3D PDF omogo-

ča prikaz PMI, nima pa možnosti semantičnega prenosa informacij v kasnejše faze razvoja.

6 Zaključek

Pokazali smo, da MBD in MBE omogočata krajše čase od zasnove do proizvodnje. Z avtomatskim prenosom podatkov je omogočen tudi hitrejši prenos informacij, z manj napakami, kar privede tudi do nižjih stroškov. Pomembno je, da podjetja nadaljujejo ta prehod v MBD. Osredotočiti se je potrebno na dve prednosti, ki jih prinaša MBD – avtomatizacija in ena glavna datoteka.

3D PDF omogoča bolj pregledno 2D dokumentacijo, prav tako tisk dokumentacije na papir, kjer bi to bilo potrebno. Za najboljšo uporabo avtomatizacije, ki jo ponuja MBD, pa je potrebno uporabiti STEP, kjer se informacije prenesejo v kasnejše faze življenja produkta. Nevtralni formati torej rešujejo uporabo različnih modelirnih programov, še vedno pa je problem v tem, da je te nevtralne formate potrebno izvoziti iz osnovnih formatov, v katerih spreminjamo in urejamo podatke in parametre o izdelku. Tako lahko le z redno uporabo in posodabljanjem osnovnih formatov zagotavljamo ažurnost vseh potrebnih podatkov o izdelku.

Viri

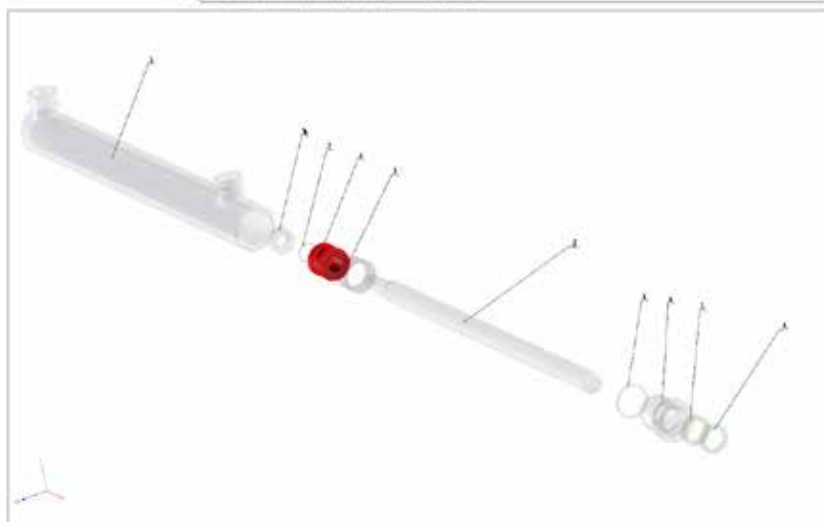
- [1] S. P. Frechette, A. T. Jones, in B. R. Fischer, „Strategy for Testing Conformance to Geometric Dimensioning & Tolerancing Standards“, Twelfth CIRP Conf. Comput. Aided Toler., let. 10, str. 211-215, jan. 2013.
- [2] Allison Barnard Feeney, Simon P. Frechette, in Vijay Srinivasan, „A portrait of an ISO STEP tolerancing standard as an enabler of smart manufacturing systems“, CIRP Conf., let. 2018.
- [3] E. Morse idr., „Tolerancing: Managing uncertainty from conceptual design to final product“, CIRP Ann., let. 67, št. 2, str. 695-717, jan. 2018.
- [4] NIST, „Technical Data Package for Advanced Enterprise“, 2014.
- [5] SIEMENS, „Product and Manufacturing Information (PMI)“. [Na spletu]. Dostopno na: https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/9645_tcm1023-4581.pdf. [Pridobljeno: 26. nov. 2019].
- [6] Robert Lipman, „STEP File Analyzer and Viewer User Guide (Update 5)“, NIST Adv. Manuf. Ser., let. 2018, št. 10, str. 6-200.
- [7] ASME, „Y14.41-2012: Digital Product Definition Data Practices – Engineering Drawing and Related Documentation Practices“, Am. Soc. Mech. Eng., let. 2012.
- [8] ISO, „10303-242:2014. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering – Second edition“, let. 2014.

Številka kosa	R.20.00.000	Datum:	8. 01. 2020
Opombe		Revizija:	2.1
		Materijal:	
		Masa:	1.85

ODOBRITVE		
NAZIV	IME	DATUM
IZDELAL	Urbas U.	18.12.2019
KONTROLIRAL	Vukašinović N.	23.12.2019
ODOBRIL	Demšar I.	23.12.2019

GENERAL NOTES
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
MODEL IS REQUIRED TO COMPLETE PRODUCT DEFINITION
FOR ALL NON-DIMENSIONED FEATURES IN THIS DOCUMENT
ALL DIMENSIONS OBTAINED FROM THE MODEL ARE BASIC
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
THE GENERAL TOLERANCE FOR ALL UNTOLEANCED
SURFACES = 0.2MM
INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ASME Y14.5

Pos.	Delovni list	Škema / Standard	Materijal	Masa	Opomba
1	1	Dev. cilindra 135 x R.20.01.000			
2	1	Matica 833/16 x R.20.02.000			
3	1	Vodilo balnice 135 x R.20.03.000			
4	1	Plazmatično lito ISO 3401			
5	1	Matrica 819 x 330 R.20.05.000			
6	1	Šut 8-24/12 x 20 R.20.06.001			
7	1	Tačnilo ISO 3401			
8	1	Ostrenilo 5.22 x 2 ISO 3401			
9	1	Ostrenilo 112 x 2 ISO 3401			
10	1				



Slika 4 : Hidravlični valj v 2,5D dokumentaciji

- [9] CAX Impelentor Forum, „Representation and Presentation of Product Manufacturing Information (PMI) (AP242)“, let. 2014.
- [10] U. Urbas, R. Vrabič in N. Vukašinović, „Displaying Product Manufacturing Information in Augmented Reality for Inspection“, 52nd CIRP Conf. Manuf. Syst. CMS Ljubl. Slov. June 12–14 2019, let. 81, str. 832–837, jan. 2019.
- [11] David Križaj, „Analiza STEP standarda AP242 in preizkus usklajenosti sodobnih CAD-modelirnikov z njim, Zaključna naloga“, 2018.
- [12] R. Bosiacki, „Exploring the feasibility of supply chain data reuse through standardsbased interoperability for MBD“, Prod. Data J., let. 2017, str. 42–45.
- [13] F. Z. Fang, Z. Li, A. Arokiam, in T. Gorman, „Closed Loop PMI Driven Dimensional Quality Lifecycle Management Approach for Smart Manufacturing System“, 9th Int. Conf. Digit. Enterp. Technol. – Intell. Manuf. Knowl. Econ. Era, let. 56, str. 614–619, jan. 2016.
- [14] T. D. Hedberg, J. Lubell, L. Fischer, L. Maggiano, in A. B. Feeney, „Testing the Digital Thread in Support of Model-Based Manufacturing and Inspection“, J. Comput. Inf. Sci. Eng., let. 2016.

Transition to Model-Based Definition

Abstract:

The engineering drawing is a universal method of conveying design intent. Ever since the first 3D modelling software, there was a promise of skipping the drawing step. Model based definition is a rising technology, which enables a faster development cycle, manufacturing and dimensional control. It is a component of industry 4.0 and presents a better way of data transfer. MBD offers an automated transfer of information created in the design phase to later processes, such as manufacturing and inspection. The article presents the MBD technology and the steps in its use. An example of using MBD on a hydraulic cylinder is also presented.

Keywords:

MBD, Model Based Definition, CAD, 3D documentation, tolerances, surface treatment

VPLIV AVTOMATIZACIJE PROCESA NAMESTITVE LEPILENEGA TRAKU NA UČINKOVITOST PROIZVODNJE

Lan Terseglav, Žiga Gosar, Janez Kušar, Tomaž Berlec

Izvelek:

V mnogih proizvodnih podjetjih, zlasti pri dobaviteljih avtomobilske industrije, se srečujejo z visokimi zahtevami za produkte z nizko dodano vrednostjo. Zaradi tega postaja vse bolj pomembno zniževanje stroškov z optimizacijo proizvodnih procesov.

Eden takih procesov je nameščanje lepilnega traku na polimerne izdelke, ki ga v obravnavanem podjetju trenutno v celoti izvajajo ročno. Namen te raziskave je bil izdelati koncept robotske celice kot predlog za izboljšavo procesa ter primerjati stanji pred avtomatizacijo in po njej, predvsem s stroškovnega vidika, pa tudi z ostalimi kazalniki. Z analizo toka vrednosti je bilo ugotovljeno, da se pri izboljšanem procesu pretočni čas proizvodnje močno zmanjša, prav tako zasedenost proizvodnega prostora. Dokazano je bilo, da je z implementacijo robotske celice v proces še vedno mogoče dosegati kupčeve zahteve tako po obsegu kot tudi kakovosti. Poleg tega je za delovanje robotiziranega procesa potreben en sam delavec, ki bi skrbel za periferijo naprave. Ob tem je potrebno poudariti še to, da se z uporabo robotov izniči negativen učinek starega procesa (npr. vdihavanje hlapljivega topila) na človekovo zdravje, z natančnejšim doziranjem minimalne potrebne količine topila pa se zmanjša še vpliv na okolje. Robotska celica tako sledi smernicam industrije 4.0, ki je vse bolj prisotna v našem okolju. Predelava procesa zahteva začetni vložek, za katerega pa je bilo v sklopu raziskave izračunano, da naj bi se povrnil v dobrem letu.

Ključne besede:

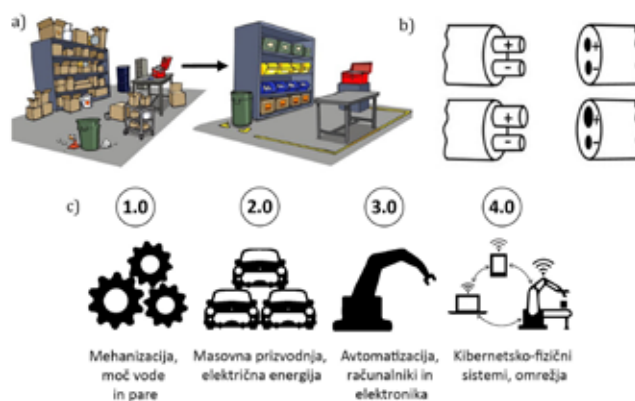
proizvodni proces, namestitev lepilnega traku, izboljšava procesa, robotska celica, vitke metode

1 Uvod

V sodobnem času je na svetovnem trgu mogoče opaziti vse večjo konkurenčnost proizvodnih podjetij. Zahteve končnih kupcev postajajo predvsem v avtomobilski industriji iz dneva v dan večje. Višajo se predvsem zahteve po kakovosti, proizvodni stroški pa se morajo zaradi trenda uvedbe vitkih procesov znižati. Podjetja morajo zagotavljati visokokakovostne produkte v velikih obsegih za nizko ceno, zato je nizka tudi njihova dodana vrednost. Predvsem zaradi dražje delovne sile se je Evropi in ZDA vedno težje zoperstavljati, npr. Kitajski in Indiji, zato smo prisiljeni k vitkemu razmišljanju in razvoju inovativnih pristopov k proizvodnim procesom. [1] K temu usmerjajo tudi svetovno uveljavljene metode, npr. 5S, ki narekuje korake za ureditev delovnega mesta, in metodologija Poka-Yoke, ki omogoča uvedbo pristopa brez napak, s katero zagotovimo kakovost in zmanjšamo izmet. Ob postavitvi novih

procesov pa je potrebno upoštevati še smernice, ki jih narekuje industrija 4.0. Glavni cilji te strategije so namreč fokusirani v ustvarjanje pametnih izdelkov, postopkov in procesov ter pametnih tovarn. [2]

Ena izmed možnih rešitev za optimizacijo proizvodne linije je njena avtomatizacija. Z roboti se je namreč mogoče izogniti delu stroškov, ki jih predstavlja delovna sila. Poleg tega pa robotizacija prinaša še veliko drugih prednosti, kot so pohitritev



Slika 1 : (a) Delovno okolje pred implementacijo 5S metode in po njej [3], (b) primer sistema Poka-Yoke [4], (c) značilnosti štirih industrijskih revolucij [5]

Lan Terseglav, dr. Žiga Gosar, oba Elvez, d. o. o, Ljubljana; izr. prof. dr. Janez Kušar, univ. dipl. inž., doc. dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

procesa, izboljšanje kakovosti oz. zmanjšanje izmeta, boljša urejenost delovnega območja, opravljanje človeku nevarnih ali zdravju škodljivih operacij in še veliko bi jih lahko našeli. Avtomatizacija pa kljub navedenim prednostim ni vedno ekonomsko upravičena, kar je pred uvedbo potrebno preveriti.

2 Analiza obstoječega stanja

2.1 Analiza toka vrednosti materiala in informacij

Glavni in najpomembnejši cilj raziskave je bil izdelava čim bolj natančne analize toka vrednosti materiala VSM (angl. Value Stream Mapping) za obstoječi proces, ki bi omogočila pregled stanja in predvsem primerjavo z avtomatiziranim procesom.

Najprej smo izmerili čase izdelave za posamezne operacije procesa, s katerimi smo si pomagali pri izdelavi VSM-diagrama in pri ostalih kazalnikih. Pomemben element VSM-ja pa je še podatek o taktu kupca. Ta znaša 250.000 parov levih in desnih kosov izdelka na leto, v nadaljevanju pa smo upoštevali še 2 % izmeta, ki trenutno nastaja med procesom izdelave, zato smo uporabili vrednosti 255.000 parov letno kot kupčevo zahtevo. Ker proces lepljenja nalepk poteka v treh izmenah, delavci v vsaki izmeni pa imajo na voljo še polurni odmor za malico, smo uporabili 22,5 ur kot razpoložljiv čas v enem dnevu. V pošttev smo vzeli 42 delovnih tednov v letu in 5 delovnih dni tedensko in z enačbo 1 izračunali takt kupca:

$$TK = \frac{\text{razpoložljiv delovni čas}}{\text{potreba kupca}} = \frac{42t \cdot 5d \cdot 22,5h \cdot 60min \cdot 60s}{255.000par} = 66,7 \text{ s/par} \quad (1)$$

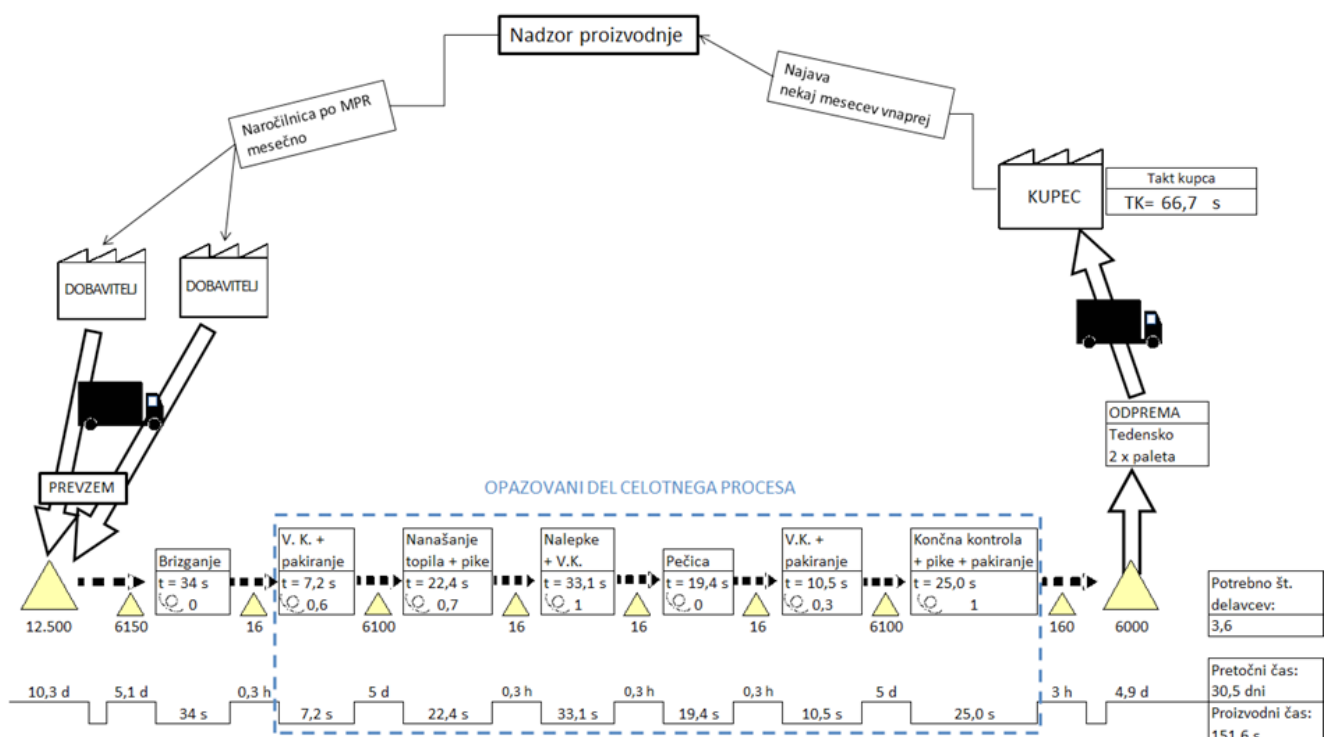
S to vrednostjo in ostalimi informacijami o prodaji, nabavi in logistiki, ki smo jih pridobili od posameznih oddelkov, smo izpolnili oz. izdelali VSM-diagram celotnega procesa, ki je prikazan na *sliki 2*.

Na diagramu je prikazan celoten cikel materiala. V zgornjem delu je prikazan tok informacij: od kupčeve najave prodajnemu oddelku do nabave, ki posreduje naročilnice dobaviteljem, kjer prične teči materialni tok. Od prevzema surovega materiala do odpreme končanih izdelkov lahko spremljamo čase operacij in količine vmesnih zalog, prevedene v čas glede na takt kupca. Glavni pokazatelji v diagramu so pretočni čas, ki v našem primeru znaša 30,5 dni, in proizvodni čas, ki traja 151,6 s, sami smo shemi dodali še potrebno število delavcev za obratovanje procesa. S *slike 2* vidimo, da v obstoječem procesu sodelujejo štirje delavci, trije so polno zasedeni, četrta pa opravlja še druga dela.

3 Avtomatizacija procesa

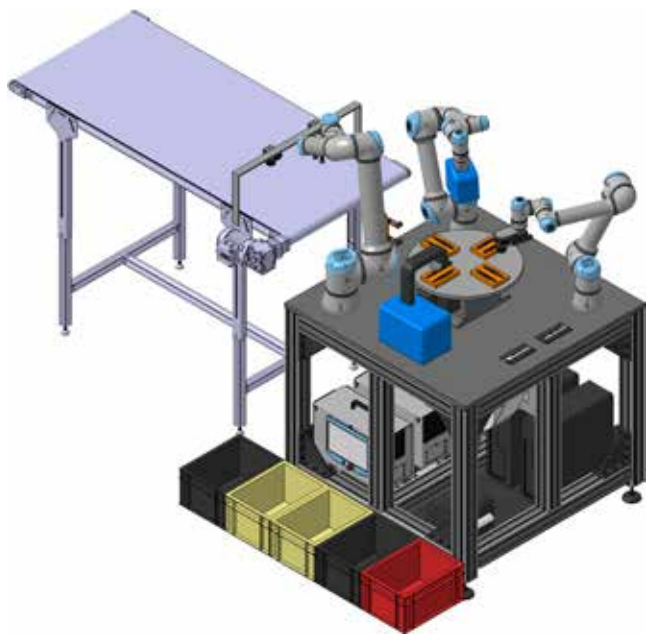
3.1 Robotska celica

Odločili smo se za koncipiranje robotske celice s kolaborativnimi roboti in rotirajočo mizo kot najboljše avtomatsko rešitev. Robni pogoji so bile dimenzije



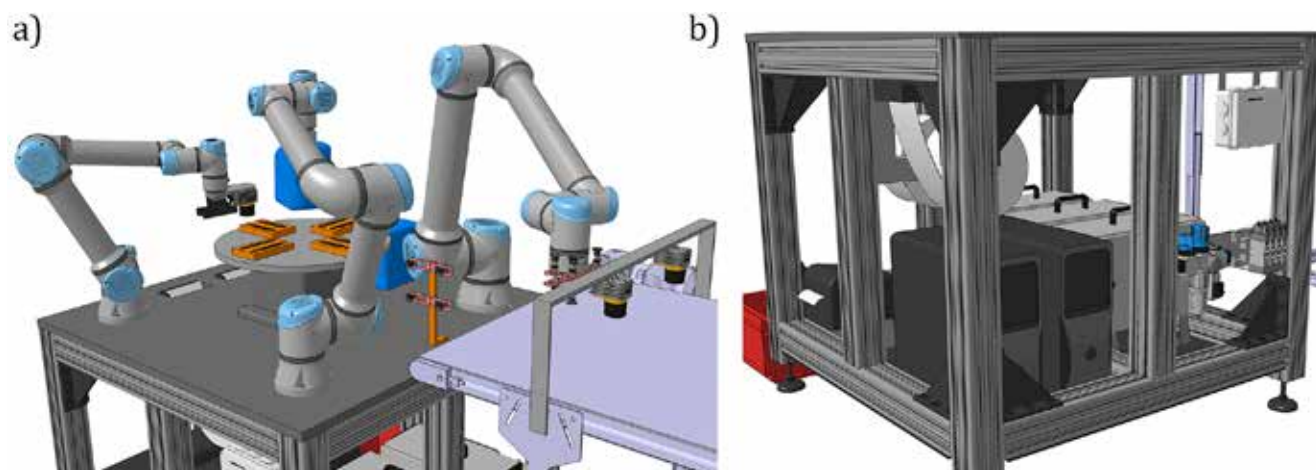
Slika 2 : VSM-diagram obstoječega procesa

palette, ki predstavlja osnovno enoto v proizvodnji oz. 1200 mm x 1200 mm, da bo celico moč namestiti ob stroj, ki proizvaja polizdelke. Druga zahteva je bila, da čas cikla celice (čas ene operacije – postaje rotirajoče mize) ne presega časa procesnega cikla brizgalnega stroja, ki znaša 34 s. V tem času stroj proizvede en par (levi in desni kos) polizdelkov.



Slika 3 : Koncept robotske celice

Končni videz robotske celice je prikazan na slikah 3 in 4. Sestavlja jo spodnji del konstrukcije (slika 4 (b)), kamor spadajo ogrodje, dozirnik trakov ter ostala potrebna strojna oprema, in zgornji del (slika 4 (a)), na katerem so roboti in ostali mehanski sistemi, ki neposredno sodelujejo v procesu nameščanja trakov na izdelke.



Slika 4 : (a) Zgornji in (b) spodnji del robotske celice

Namen izdelave takega koncepta je bil predvsem, da se robotska celica vizualizira in preveri, ali je njena izdelava sploh mogoča in smiselna ter odkrijejo morebitne težave v zasnovi.

3.1.1 Proces delovanja robotske celice

Koncept omogoča izvedbo ene operacije na paru v 34 s ali manj, kolikor znaša čas cikla brizga. Zaradi tega so potrebni trije roboti in 4 stopnje procesa:

Še pred vstopom kosov v omenjeni proces, jih bosta dve kameri, nameščeni na tekočem traku, posneli in s tem določili njuno natančno lokacijo in orientacijo, da ju bo nato robot prijel s sesalnimi prijemali.

V prvem koraku (rotirajoča miza na poziciji 1) bo robot 1 z gumijastimi priseski najprej prijel končani levi in desni kos iz njunih ležišč na rotacijski mizi in ju prenesel do istih kamer, ki bodo obenem služile tudi za pregled granirane površine s strojnim vidom in bodo določile, ali končani kos ustreza dekorativnim zahtevam. Po pregledu se bo dvojno prijemalo na robotu obrnilo za 180° in s prijemali na drugi strani prijel nova polizdelka s traku za ohlajanje, ki ju bo robot s pomočjo drugega prijemala najprej preprijel, nato pa odložil v prazno ležišče na rotacijski mizi, končana izdelka pa bo položil na njuni mesti v embalažni enoti ali v izmetni zaboj, če ne bi ustrezala predpisanim dekorativnim kriterijem. Rotacijski pladenj se bo obrnil za četrtno kroga in pripeljal montažno gnezdo do naslednjega koraka, na prvo pozicijo pa se bo pripeljalo novo ležišče z zaključenimi kosi.

Druga stopnja (pozicija 2) je namenjena pripravi površine. Na tem mestu bo drug robot z za to namenjeno opremo za nanašanje topila pod tlakom hitro, učinkovito in natančno premazal mrežaste površine in jih s tem pripravil na naslednji korak (pozicija 3), kjer bo potekalo lepljenje nalepke.

To je tudi eden izmed najbolj zahtevnih in delikatnih procesov. V tem koraku se bo elektromotor na dozirniku nalepk zavrtel in s tem z dveh navitij odlepil po eno rumeno in eno zeleno nalepko. Ti se bosta priselali na namensko prijemalo, s katerim ju bo robot 3 prijel in obe hkrati pritisnil z določeno silo in časom na površino na kosih. Za določanje natančne lokacije in orientiranosti nalepk in tudi za njuno kontrolo bo skrbela kamera s strojnimi vidom, nameščena ob prijemalo na robotski roki. Miza se bo zatem ponovno zavrtela in gnezdo s kosi privedla do naslednje stopnje (pozicija 4).

Tu bo nameščen sušilnik, ki bo v času operacije z vročim zrakom posušil stik in s tem zagotovil adhezijo med nalepko in polimerno površino.

Zadnji obrat bo končana izdelka dostavil na prvo pozicijo, od koder se bo cikel ponovil.

3.2 Analiza toka vrednosti materiala in informacij za avtomatizirani proces

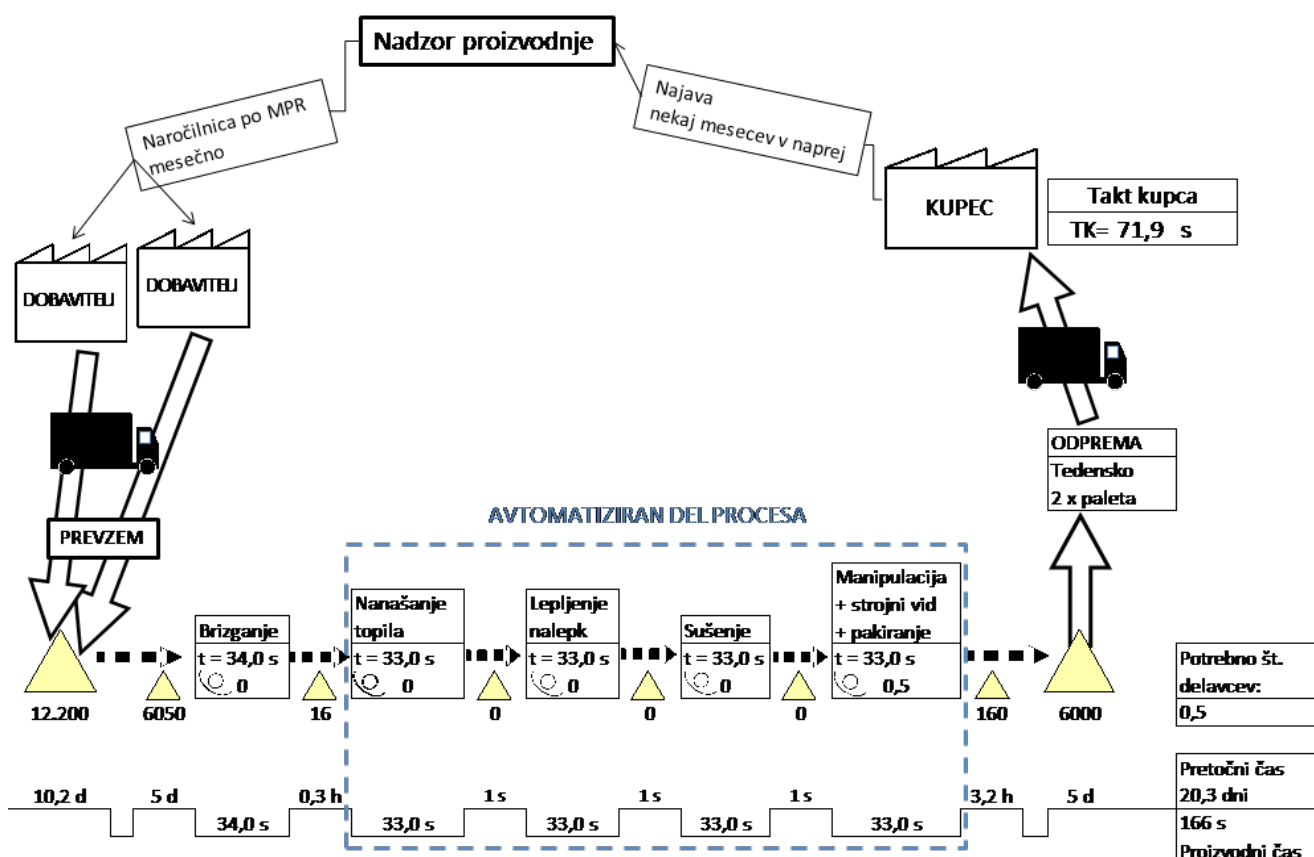
Za primerjavo obstoječega stanja in nove rešitve smo izdelali še analizo toka vrednosti za avtomatizirani proces, ki je do tega trenutka lahko le teoretična.

Potreba kupca na letnem nivoju ostaja enaka, torej 250.000 parov, zaradi robotizacije procesa pa lahko pričakujemo, da se bo izmet zmanjšal na 1 %. V nadaljevanju smo zato za kupčevo potrebo uporabili vrednost 252.500 parov/leto. Poleg tega ima robotska celica 24-urni delavnik (vzdrževalna dela potekajo med vikendi). Te nove podatke smo vstavili v enačbo 2 in izračunali takt kupca za proizvodni proces z robotsko celico.

$$TK = \frac{42t \cdot 5d \cdot 24h \cdot 60min \cdot 60s}{252.500par} = 71,9s/par \quad (2)$$

S temi podatki smo izdelali VSM-diagram (slika 5) še za nov (avtomatizirani) proces:

VSM-diagram je v zgornjem delu, kjer je prikazan tok informacij, ostal nespremenjen, saj smo se osredotočili izključno na proces lepljenja nalepke. Spremembe pri tem bodo najboljše določljive, če ostali pogoji ostanejo enaki. Pri avtomatiziranem procesu se nekoliko spremeni že takt kupca, še bolj pa pretočni in proizvodni čas, ki zdaj znašata 20,3 dni in 166 s. Število potrebnih delavcev zaradi avtomatizacije močno pade, in sicer na 0,5, kar pomeni, da en delavec lahko upravlja s periferijo robotske celice in je pri tem samo 50-odstotno zaseden.



Slika 2 : VSM-diagram obstoječega procesa

Tabela 1 : Primerjava glavnih kazalnikov obstoječega in avtomatiziranega stanja

	Obstoječe stanje	Avtomatizirani proces	Komentar
Organiziranost DM in čistoča	Dobro	Bolje	Nered, ki nastaja pri izvajanju ročnih operacij, bi bil v primeru vgradnje celice odstranjen.
Varnost in zdravje na DM	Slabo	Dobro	Slabe pogoje (ergonomija delovnega mesta, vdihavanje hlapih) lahko najlažje obidemo z uporabo robotov.
Tloris, zasedenost prostora	Sprejemljivo [34 m ²]	Odlično, [16 m ²]	S postavitvijo robotske celice bi se sprostilo ogromno prostora (50 %), saj bi z zdajšnjih dveh lokacij celoten proces preselili v eno celico in njeno bližnjo okolico.
Kakovost, izmet	Dobra, izmet ≈ 2 %	Boljša izmet ≈ 1 %	Trenutno izmet ne zapušča proizvodnje, vendar to zahteva visok davek v časih za kontrolo izdelkov. Z metodami Poka-Yoke in robotizacijo procesa bi te čase lahko skrajšali, proizvajali pa bi tudi manj izmeta.
Št. potrebnih zaposlenih	3,6	0,5	Z avtomatiziranim procesom bi močno padla potreba po delavcih (85 %), ki bi se lahko prekvalificirali za druga opravila. S tem bi se stroški precej znižali.
Pretočni čas	30,5 dni	20,3 dni	Ocenili smo, da bi se v primeru avtomatizacije pretočni čas zmanjšal za več kot 30 %.
Proizvodni čas	151,6 s	166 s	Proizvodni čas se v primeru robotizacije sicer nekoliko podaljša, vendar pa to ne predstavlja težave, saj se je močno zmanjšal pretočni čas, poleg tega pa v tem primeru potrebujemo 3 zaposlene manj.
Operacije, ki dodajajo vrednosti	77,6 %	88,2 %	Izračunali smo, da bi se z robotiziranim izvajanjem procesov za približno 5 % povečal delež operacij, ki dodajo vrednost, v celoti pa bi se izognili nepotrebnim operacijam, ki ne dodajajo vrednosti.
Nepotrebne operacije	9,4 %	0 %	
Vpliv na okolje	Majhen	Še manjši	V tem primeru bi robotska celica lahko zmanjšala vpliv procesa na okolje na dva načina: z zmanjšanjem izmeta bi se proizvajalo manj odpadne plastike, robotski nanos topila pa bi poskrbel za manjše količine te okolju nevarne substance.

4 Rezultati

Z opravljenimi analizami smo pridobili dovolj podatkov, da smo med seboj primerjali obstoječe stanje in stanje v primeru implementacije robotske celice. Nekaj glavnih kazalnikov in njihove primerjave so prikazane v *Tabeli 1*.

4.1 Donosnost naložbe

Ker je vsako investicijo potrebno ekonomsko upravičiti, smo z *enačbo 3* izračunali še donosnost naložbe oz. ROI (angl. Return on Investment). Ocenili smo, da investicija v celico znaša ok. 60.000 €, letni strošek delavca za delodajalca pa 18.000 €. Iz tega sledi:

$$ROI = \frac{\text{začetna investicija} + \text{letni strošek za 0,5 delavca}}{\text{letni strošek 3,6 delavcev}} \quad (3)$$

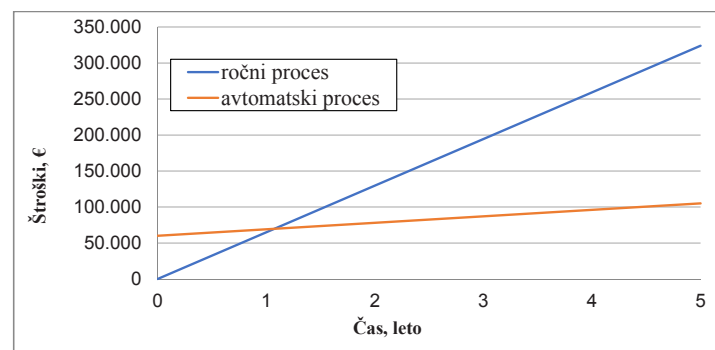
$$= \frac{60.000\text{€} + 0,5 \cdot 18.000\text{€}}{3,6 \cdot 18.000\text{€}} = 1.06\text{leta}$$

Na *sliki 6* je dobro prikazano, da se sicer večji začetni vložek povrne v obdobju 1,06 leta; po petih letih,

kolikor traja projekt, pa bi se prihranki lahko gibali že v rangi 200.000 €.

5 Zaključek

Z implementacijo predloga avtomatizacije bi se ob podobnem proizvodnem času pretočni čas skrajšal za 10 dni. Zasedenost proizvodnega prostora bi se zmanjšala za okoli 50 %, in sicer z zdajšnjih



Slika 6 : Ocenjeni stroški ročnega in avtomatskega procesa v letih trajanja

32 m² na 16 m², predvidevamo pa, da bi se zmanjšal tudi izmet. Z vsemi temi in drugimi izboljšavami bi dosegli dvig dodane vrednosti izdelkom, predvsem pa bi se izognili negativnim vplivom na zdravje zaposlenih pri nanašanju topil. Zmanjšal bi se tudi vpliv na okolje. Nov proces smo tudi ekonomsko upravičili, ko smo izračunali, da bi se investicija povrnila v letu dni. Na podlagi teh izsledkov smo odgovornim v podjetjih, kjer se soočajo s podobnimi težavami, omogočili pregled nad tovrstnim problemom ter podali smernice za optimizacijo proizvodnje.

Viri

- [1] Terseglav, L.: Izboljšava procesa namestitve lepilnega traku: zaključna naloga, Ljubljana, 2019.
- [2] Herakovič, N.: Nekateri tehnološki izzivi industrije 4.0, Ventil 22/2016/1, str.: 10-16.
- [3] What is 5S? (<https://www.5stoday.com/what-is-5s/>).
- [4] Six Sigma Tools – Poka Yoke (<https://www.processexam.com/six-sigma-tools-poka-yoke>).
- [5] Industry 4.0 and How Smart Sensors Make the Difference (<https://bit.ly/2nLISFo>).

The influence of automation of the adhesive tape installation process on production efficiency

Abstract:

Many manufacturing companies, especially automotive suppliers, face high requirements for low value-added products. As a result, cost reduction with the optimization of production processes is becoming increasingly important.

One such process is the fitting of adhesive tape to polymeric products, which is currently a fully manual process in the company in question. The purpose of this research was to create the concept of a robot cell as a proposal for process improvement and to compare the states before and after automation, especially from a cost perspective, as well as with other indicators. The value flow analysis has shown that, with the improved process, the production flow time is greatly reduced, as is the occupancy of the production space. It has been proven that by implementing a robot cell into the process, it is still possible to meet customer requirements in terms of both volume and quality. In addition, only one worker is required to operate the robotic process. It should also be emphasized that the use of robots eliminates the negative effect of the old process on human health (e.g. inhalation of volatile solvent), and the more accurate dosing of the minimum required amount of solvent reduces the environmental impact. The robot cell thus follows the guidelines of Industry 4.0, which is increasingly present in our region. Changing the process requires an initial investment, which was calculated in the research to return in a year.

Keywords:

production process, adhesive tape installation, process improvement, robot cell, lean methods

MOTOMAN HC10

6-osni-kolaborativni robot

YASKAWA

Motoman HC10 je 6-osni kolaborativni robot z nosilnostjo 10kg in polmer dosega R=1200mm. HC10 predstavlja novo generacijo robotov, ki so zmogljivi, cenovno dostopni, vsestransko uporabni, preprosti za uporabo in izdelani za integracijo v industrijske procese. Roboti so namenjeni uporabnikom, ki iščejo preprosto in hitro avtomatizacijo nalog, ki jih industrijski roboti opravljajo v bližini ljudi v sodelujočem načinu delovanja.

Varno sobivanje z uporabniki

Varnostni krmilnik FSU: Functional Safety Unit

Tehnologija PFL Power and Force Limiting

Aplikacija EasyTeach – natančno ročno vodeno učenje in programiranje robota

Brez varnostne ograje

- Vgrajena funkcija kontrole sile ob dotiku na vseh šestih robotskih oseh
- Gibljivi deli robota so oblikovani tako, da preprečujejo možnost poškodb
- Varnostni standard – aplikacija za industrijske robote: ISO 10218-1 (5.10.5 Power and Force limiting)
- Varnostne funkcije za krmilnike industrijskih robotov: ISO 13849-1, PLd, CAT3
- Tehnična specifikacija za delovanje kolaborativnih robotov: TS15066

Enostavno programiranje

- Neposredno premikanje robotske roke s pomočjo ročnega vodenja
- Pametni vmesnik (Smart HUB) za programiranje po principu »enostavnega učenja«



A Biserode Solution

Krmiljen z
YRC1000

IZKUŠNJE I 4.0 PRI INTEGRACIJI ERGONOMIJE V PAMETNE HIŠE

Branislav Šmitek, Zvone Balantič

Izvilleček:

Na vsakem koraku se srečujemo z izrazom industrija 4.0 (angl. Industry 4.0 – I 4.0), ki na prvi pogled opredeljuje le področje razvijajoče se sodobne industrije, v resnici pa je I 4.0 tesno povezan s pojmom internet stvari (angl. Internet of Things – IoT) in internet ljudi (angl. Internet of People – IoP). I 4.0 označuje brezžično povezljivost senzorjev s kibernetskimi sistemi, ki preoblikujejo in obdelujejo signale in jih preko aktuatorjev vodijo do objekta krmiljenja in nazaj. Pri tem v nove okvire postavljamo tudi ergonomijo.

Pregled in analiza teoretičnih izhodišč strokovne in znanstvene literature nas vodi v smeri implementacije I4.0 v pametno bivalno okolje. Analitični pristop ponuja rešitve, ki s pomočjo inteligentnih programskih orodij zanesljivo opravijo svojo nalogo tudi v okviru pametnih hiš.

Industrijski kibernetski sistemi omogočajo suvereno upravljanje proizvodnje z decentraliziranimi procesi, ki se upravljajo sami. Podoben model predstavljamo tudi v okolju pametnega bivalnega okolja, znotraj katerega pametni moduli med seboj uspešno komunicirajo in nas obveščajo o tekočem stanju sistema.

Bivalno okolje prihodnosti bo vsebovalo vse tehnološke elemente industrije 4.0, človek pa se bo še bolj znašel v središču pozornosti. Njegovo interaktivno sodelovanje z okoljem in z adaptiranimi kolaborativnimi roboti bo generiralo nov odnos v sodobnem kibernetskem sistemu. Klasični elementi ergonomije bodo z novo tehnologijo lažje dosegljivi in hitreje prilagodljivi.

Ključne besede:

ergonomija, industrija 4.0, pametna hiša

1 Uvod

Ergonomija in sodobno industrijsko okolje sta intenzivno povezana preko človeka. Medsebojni vplivi okolja na človeka in obratno se z leti in razvojem tehnologije temeljito spreminjajo [1].

V sodobnih okoljih naših domovanj se hote ali ne hote pojavlja čedalje več pametnih aparatov, ki so vse bolj intenzivno povezani v snop medsebojnega komuniciranja. Prav v to komunikacijo na ključnih točkah vstopa človek, ki se mora nastalim razmeram prilagoditi. Seveda imajo prednost zahteve in pričakovanja po ustrezni prilagoditvi delovnega in bivalnega okolja človeku.

I 4.0 na prvi pogled opredeljuje le področje razvijajoče se sodobne industrije, v resnici pa je tesno povezana s pojmom IoT in IoP. I 4.0 označuje brezžično povezljivost senzorjev s kibernetskimi sistemi, ki preoblikujejo in obdelujejo signale in jih

preko aktuatorjev vodijo do objekta krmiljenja [2]. Povratna zveza omogoča normalno delovanje regulacijskega kroga na podlagi dejanskega stanja v okolju – lahko tudi v t. i. pametnih hišah.

Sodobni elementi digitalne transformacije omogočajo vpeljavo popolnoma prilagodljivih sistemov z neprekinjeno izmenjavo podatkov med ključnimi točkami procesa, krmilnimi enotami in objekti krmiljenja. Pri tem v nove okvire postavljamo tudi ergonomijo.

Pametne tovarne so sposobne izdelovati dobrine z večjo učinkovitostjo in so manj podvržene zunanjim vplivom ter zastojem. V pametni tovarni bodo ljudje, stroji, izdelki in drugi viri komunicirali drug z drugim na način, kot to omogočajo socialna omrežja. Objekti v pametni tovarni bodo lahko sami komunicirali s kupci in z dobavno verigo. S tem bodo močno povečali učinkovitost proizvodnega procesa ter poskrbeli za skrajšanje pretočnih časov [3].

I 4.0, pametne tovarne, pametni izdelki itd. so v zadnjem času tema, o kateri se veliko razpravlja na različnih nivojih družbe v Evropi. Proizvodni procesi, ki bodo krmiljeni s pametnimi mrežami in pametnimi sistemi, bodo imeli v prihodnje velik vpliv

Doc. dr. Branislav Šmitek, univ. dipl. org., **prof. dr. Zvone Balantič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede

na naše življenje in na družbo v celoti. Pametna proizvodnja bo vodena s pomočjo inteligentnih programskih orodij, ki bodo povezana s pametnimi orodji in stroji ter napravami [4].

Če človek želi narediti korak v prostoru, enostavno premakne nogo, prenese težišče telesa na drugo nogo in izvede svoj načrtani namen. Ni bilo vedno tako, saj smo v naši rani mladosti večino umskih kapacitet porabili za izvedbo eksperimenta in za pomnjenje naučenega v zvezi s hojo in ravnotežjem. Večini ljudi je pri enem letu uspelo in koraki so tako postali del naše podzavesti. Žal obstajajo tudi fiziološke in/ali kognitivne omejitve, ki so lahko preprečile normalen razvoj sposobnosti hoje pri človeku. Če ljudje želimo pridobljene sposobnosti obdržati čim dlje, je prav, da se zavedamo tudi vplivov okolja na naš načrtani cilj.

Regulacijski krog pri človeku se vzpostavi med upravnim sistemom (US – možgani) in objektom upravljanja (OU – mišice). Signali iz možganske skorje tečejo po osnovni zvezi (OZ – živci) in prihajajo do mišic, da bi le-te opravile svoje delo. Povratna zveza (PZ – živci) je namenjena prenosu povratnega signala skozi merilni člen, kjer se izmerijo odstopki, na podlagi katerih pride do ustreznega odziva na vstopnem signalu [1].

Podobno razmišljanje lahko apliciramo v eksterne sisteme, kjer se srečamo z IoT. Vse bolj se zavedamo, da IoT ne izpolnjuje vseh naših pričakovanj, zato postaja vse bolj aktualen tudi IoP. IoP za razliko od IoT poleg nežive internetne interakcije vključuje še kako žive in dejavne uporabnike. Dejansko je današnji internet še v fazi tovrstnega razvoja, zato na tem področju obstaja še ogromen potencial.

1.1 Inteligenca

Vsem so poznani najrazličnejši testi, ki omogočajo opredeljevanje inteligence pri človeku (angl. Human Intelligence – HI), ki je trdno povezana s kognitivnimi zmožnostmi človeka. Pri tem gre za sposobnost zaznavanja informacije, njene predelave in shranjevanja (senzorji, živčevje in možgani – spomin). Človek svojo inteligenco povezuje tudi z močjo izražanja (jezik in artikulacija). Tako kot pri človeški inteligenci razmišljamo tudi pri umetni inteligenci (angl. Artificial Intelligence – AI), kjer uporabljamo najrazličnejša orodja za obvladovanje tega področja – računalnik, jezikoslovje, ekonomijo, robotiko, optimizacijo, statistiko ... Povezave med področji strukturirajo robotiko, kibernetiko, mehatroniko in še nešteto drugih sistemov. Primerjava človeških možganov s superračunalnikom v splošnem daje povsem jasen rezultat. Absolutni zmagovalec pri zmogljivosti, hitrosti procesiranja, energiji in masi so človeški možgani, toda ocena je splošna

in opredeljena s stotinami različnih dejavnosti, ki jih obvladuje človek. Če želimo poiskati prednosti AI pred HI, se običajno vežemo le na ozko področje dejavnosti ali le na eno dejavnost. Pri tem moramo opozoriti na prednosti AI v hitrosti izvedbe, manjši pristranskosti, večjih operativnih sposobnostih, natančnosti, ponovljivosti ... Nenazadnje – človeški možgani (HI) delujejo analogno, računalniki (AI) pa digitalno. Neposredna primerjava med HI in AI je včasih nemogoča ali vsaj zapletena, toda vsekakor je AI človeku v izjemno pomoč, saj mu lahko zaradi nešteti možnosti posnemanja človeškega vedenja izdatno pomaga.

1.2 »Pametno«

V današnjem času, ko poudarjamo AI v povezavi s HI, se prepogosto navežemo na izraz »pametno«. Pametne rešitve vključujemo v pametne tovarne, okolja, mesta in seveda domove. Življenje postaja »pametno«. Morda je izraz doživel nekoliko preveč inflacije, saj bi bila beseda »udobje« povsem primerna za označevanje vseh tehnoloških, organizacijskih in kibernetičnih rešitev, ki jih uporabimo za bolj lagodno druženje z inovacijami. Res je, da 4. industrijska revolucija prinaša neskončno možnosti za bolj učinkovit preplet med HI in AI, v katerem sodeluje vse bolj zahteven in kritičen uporabnik. Današnja realnost se kaže v IoT, kjer omogočamo vse vrste zamišljenih medsebojnih povezljivosti ljudi in naprav (Wi-Fi, senzorji, nadzorni sistemi, avtomatizacija, regulacija, identifikacija, avtentikacija ...). Singh poudarja, da so »trenutno na voljo rešitve s pametnimi napravami, ki so zelo drage. Cenovno ugodne rešitve s pomočjo pametnega doma pa so še v fazi načrtovanja in razvoja. IoT-naprave v pametnem domu lahko igrajo pomembno vlogo pri ustvarjanju cenovno ugodnih rešitev za varčevanje z energijo.« [5] Spomnimo se, da je večji del tega, kar danes označujemo za »pametno«, znanost poznala že pred leti, samo predraga in nedosegljiva tehnologija je preprečevala širšo in ceneno uporabo teh rešitev. »Modne besede, kot so pametne hiše, pametna mesta ali internet stvari, se v zadnjem času najdejo tako v političnih dokumentih kot v družbi v splošnem. Z nastopom pametnega telefona in naraščanjem uporabe osebnih računalnikov po vsem svetu je povezava z internetom prešla iz potrebe, povezane s poslom, v osnovno potrebo današnjega razvitega sveta. Čeprav so bile rešitve za pametne domove z avtomatizacijo doma na razpolago že od začetka 21. stoletja, potrošniški trg teh rešitev ni v celoti sprejel. Šele sedaj se z vsesplošno uporabo pametnega telefona pojavljajo znaki počasnega povečanja uporabe pametnih domačih naprav.« [6] Pri tesnem sodelovanju AI in HI ne gre pozabiti na zakonitosti marketinških življenjskih ciklov. Vsak še bolj sodoben izdelek postaja žrtev marketinške rasti in pozabe, zato sta razvoj in sodelovanje AI v

tem sistemu tako samoumevna. V obdobju miniatrizacije in mobilnosti postaja tehnološki korak hitrejši od klasičnih marketinških modelov in tako to postaja ključni dodatni faktor pri hitrosti in razširjenosti uporabe sodobnih tehnologij v pametnih sistemih in s tem tudi v pametnih domovih. V želji za novimi in revolucionarnimi pomočniki v obliki IoT včasih brezglavo dravimo naprej, ne da bi se zavedali kibernetičnih vdorov. Ti vdori lahko posežejo v izvajalni del in/ali si prisvojijo različne vrste identitet. Ko govorimo o varnosti in kraji identitete, običajno pomislimo na krajo osebnih podatkov, toda še hujša oblika kraje identitete je, ko si nepridipravi poleg naštetega prilastijo še podatke o naših navadah v okviru »pametnega« okolja. Vsaka mikrostruktura IoT je torej kot člen verige, ki je močna toliko kot njen najšibkejši člen.

2 Metode

Skoraj desetletje mineva od prve omembe I 4.0 na sejmu v Hannovru in do dandanes je izraz dobro prepoznan v okolju pametnih tovarn. Potrebno je izpostaviti, da vse elemente I 4.0 (interoperabilnost, virtualizacija, decentralizacija, delovanje v realnem času, storitvena orientiranost in modularnost [7]) vse bolj uspešno integriramo tudi v drugih okoljih – tudi v pametnih domovih. V industriji je radiofrekvenčna identifikacija (RFID) prepuščena čipom, kar lahko apliciramo tudi v okolje pametnih domov, čeprav je »proizvodnja« v teh okoljih precej drugačna kot v industriji, kjer želimo poseči v komunikacijo znotraj delovnih in poslovnih procesov. Analogija med I4.0 v pametnih tovarnah in pametnih domovih se kaže v uporabi RFID, pametnih komunikatorjev (tablice, telefoni, namenski zasloni ...), optičnih

skenerjev (strojni vid), navidezne resničnosti (VR), IoT, IoP, kolaborativnih robotov ...

Z razvojem pametnih okolij za potrebe uporabe v pametnih hišah sta se do danes oblikovali dve ključni smeri. Prva smer je fokusirana na uporabo pametnih naprav in komuniciranje z njimi s pomočjo pametnih telefonov in oblaka, ki ga zagotavlja posamezni proizvajalec. Druga smer pa je fokusirana na uporabo naprav in komuniciranje z njimi s pomočjo lokalnega sistema. Ta sistem naprave združuje v celoto, do katere je zagotovljen zunanji dostop s pomočjo pametnega terminala.

2.1 Povezava pametnega terminala in oblaka

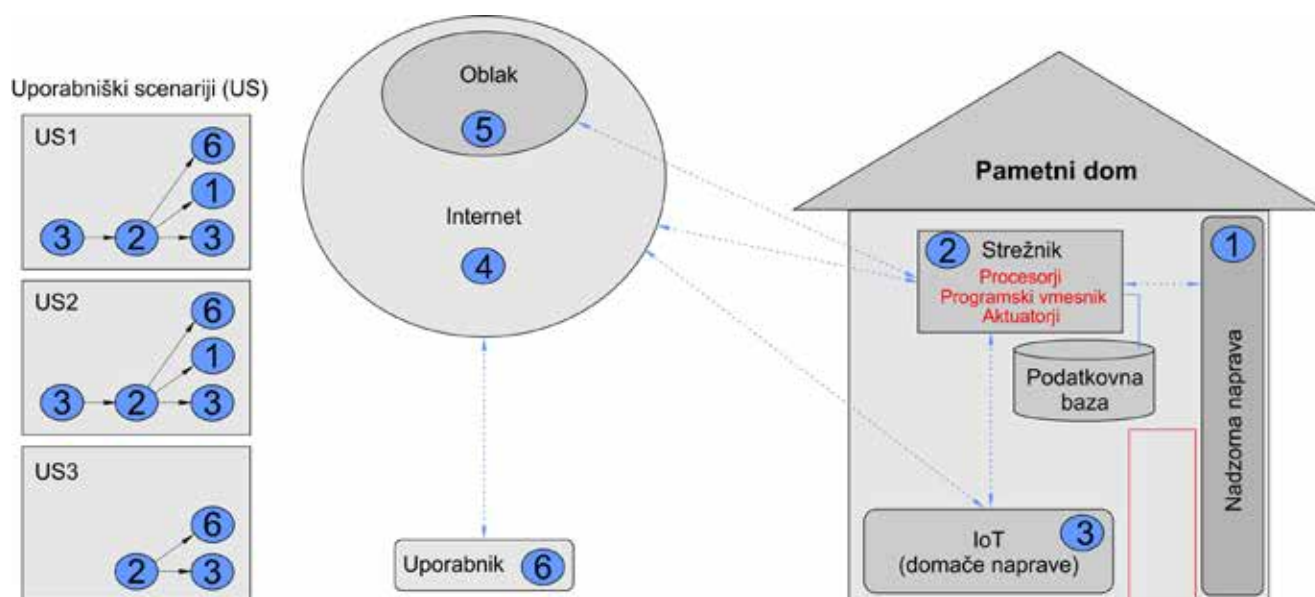
Odločitev o dostopu iz zunanjega okolja je prepuščena uporabniku sistema. Prva rešitev (*slika 1*) je veliko bolj izpostavljena kibernetičnim napadom kot druga. Zaradi enega samega vstopnega mesta za nadzor je druga rešitev (*slika 2*) morda boljša, saj je sistem veliko lažje zaščititi pred neželenimi dostopi.

2.2 Univerzalno pametno okolje – lokalni sistem

Drugo obliko izvedbe pametnega doma so uporabili programerji, združeni v skupnost OpenHAB (angl. Open Home Automation Bus). OpenHAB je odprtokodna, tehnološko neodvisna platforma za avtomatizacijo doma, ki deluje kot središče pametnega doma. Nekatere prednosti platforme so:



Slika 1 : Nadzor pametnih naprav s pomočjo pametnega terminala in oblaka (povzeto po: <https://www.youtube.com/watch?v=DYB2OY4jXnA>)



Slika 2 : Nadzor pametnih naprav s pomočjo lokalnega sistema (povzeto po: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things>)

- ▶ združevanje množice pametnih naprav v en sam sistem,
- ▶ enoten uporabniški vmesnik in skupen pristop k pravilom za avtomatizacijo v celotnem sistemu ne glede na število vključenih pametnih naprav različnih proizvajalcev in
- ▶ prilagajanje željam uporabnika.

Naštete prednosti predstavljajo koncept univerzalne platforme, ki uporabnikom z osnovnimi informacijskimi znanji omogočajo oblikovanje sistema pametnega doma glede na njihove potrebe in okolje.

3 Rezultati

3.1 Nabor pametnih naprav

Danes imamo za gradnjo pametnega doma na razpolago celo vrsto senzorjev za zbiranje notranjih in zunanjih podatkov. Za gradnjo lokalnega sistema uporabljamo senzorje, ki sporočajo podatke lokalnemu portalu in ne v internet. Ti senzorji niso pritrjeni na naprave, ki bi bile vključene v IoT. Zaradi te značilnosti ne moremo govoriti o popolnem IoT, temveč bi ga lahko poimenovali »okrnjeni IoT«.

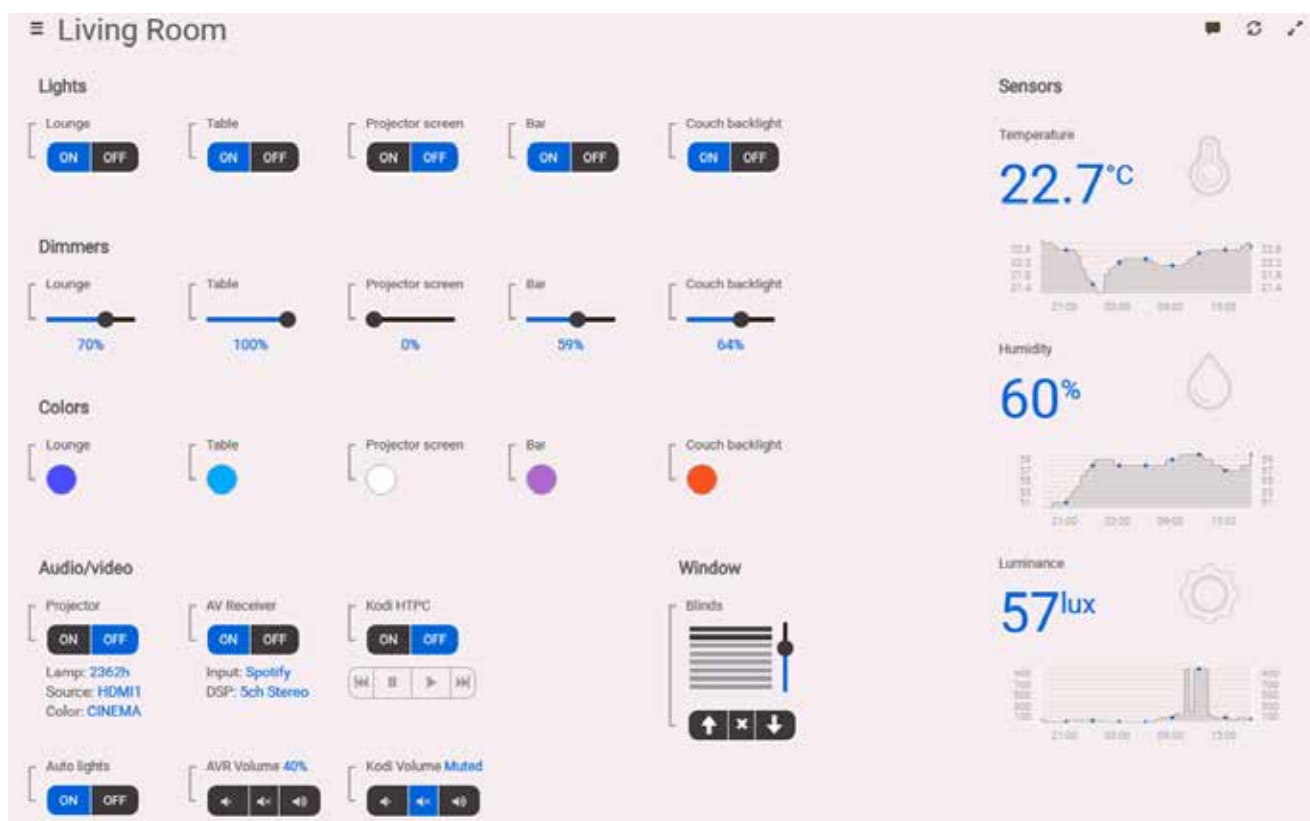
Poleg senzorjev pri gradnji pametnega doma uporabljamo tudi naprave, ki so sposobne izvajati ukaze, ki jim jih na podlagi podatkov senzorjev pošilja osrednji portal. Gre za programiranje delovanja naprav na podlagi pravil, ki jih določijo uporabniki oziroma se generirajo na podlagi tekočih podatkov ali pa na podlagi podatkov preteklih izkušenj.

OpenHAB je predstavnik portalov za gradnjo pametnih domov. Portal komunicira s pametnimi in »manj pametnimi« napravami, izvaja uporabniško definirana dejanja in uporabniku s pomočjo spletne strani pošilja povratno informacijo [7]. Portal s pametnimi napravami in tudi storitvami v spletu komunicira s pomočjo vezi (angl. binding). Uporabniki imajo na razpolago širok nabor vezi in s tem možnost uporabe najnovejših pametnih naprav in spletnih servisov [8]. Ker portal nastaja v odprtokodni skupnosti, se nabor vezi hitro večja in prilagaja novim napravam, ki se pojavijo na trgu.

Portal omogoča ročno krmiljenje pametnih naprav ali avtomatsko odzivanje na podlagi pravil. Povratna informacija se sporoča s pomočjo spletnih tehnologij. V pametni hiši lahko uporabimo sodobne komunikatorje, povezane v enovit sistem s parametri, ki vplivajo na dvig ugodja in udobja človeka v prostoru (slika 3).

Kontrolno ploščo lahko nadomestimo s prenosnikom, tablico ali mobilnim telefonom. Na ta način lahko regulacijo v pametnem domu individualiziramo in poenostavljamo. Uporabimo lahko tudi aplikacije, ki omogočajo poveztljivost nekaterih pametnih naprav v sistem pametne hiše. Na ta način lahko sistem krmilimo s pomočjo zvočnih ukazov, ki jih nekatere naprave (Amazon Alex-a ali Google Smart Home Assistant) brez težav prepoznavajo. Trenutno je posredovanje ukazov možno le v tujem jeziku.

Prikazani način krmiljenja pametnega doma je ena izmed možnosti prilagajanja ergonomskih parametrov bivalnega prostora.



Slika 3 : Upravljalna plošča nekaterih elementov pametnega doma (vir: <https://community.openhab.org/t/overall-skin-based-on-the-orange-tree-theme-with-custom-widgets-and-styles/31307>)

3.2 Stroški gradnje pametne hiše

Po podatkih, ki jih izluščimo iz internetne ponudbe, lahko zelo osnovno obliko upravljalnega sistema v pametnem domu zgradimo že za 80–260 €. Taka osnovna izvedba vsebuje pametne naprave (luči, stikala, zvočno ukazovanje), ki jih krmilimo s pomočjo pametnega telefona in ne s pomočjo portala. Razširitev z vključitvijo portala, termostатов in ključavnic bi stroške povečala za dodatnih 400–1000 €.

Popolna avtomatizacija doma z vključitvijo robotskega sesalca, krmiljenjem avtomatskih garažnih vrat, reguliranjem dodatnih luči, ključavnic in senzorjev bi zahtevala še dodatnih 1000–3500 €.

Vsi navedeni stroški so odvisni od zahtevnosti uporabnika. V primeru, da avtomatizacijo sistemov v hiši izvedejo podjetja, ki so specializirana za tovrstno dejavnost, se lahko stroški zvišajo za dva- do trikrat.

3.3 Načelo naredi sam

Uporabniki, ki imajo nekaj tehničnega in informacijskega znanja, običajno poskusijo avtomatizirati dom sami ali s pomočjo strokovnih priporočil tretjih oseb. Veliko informacij in zbranega znanja ter izkušenj je moč najti na spletu. Stroški izvedbe se tako

lahko zelo znižajo ali pa se razdelijo na posamezne razvojne faze.

Načelo »naredi sam« je tudi osnova za oblikovanje v prispevku predstavljenega portala. Skupnost razvijalcev odprtokodne programske opreme je namreč dopolnila zbirko pametnih ukazov proizvajalcev pametnih naprav. S tem je uporabnikom ponudila možnost gradnje sistema po lastni zamisli in v lastni izvedbi. Danes je na trgu mogoče dobiti raznovrstne pametne naprave, ki so tudi cenovno dosegljive, za katere programerji hitro napišejo programsko opremo, kompatibilno z opisanim portalom. Na ta način se število pametnih domov zelo hitro širi. Tržne analize kažejo na to, da bo do leta 2022 v Evropi že okoli 84 milijonov pametnih domov. V posameznem domu bi lahko bilo tudi do 500 pametnih naprav. Te številke predstavljajo velik izziv proizvajalcem pametnih naprav [9].

4 Razprava

Ergonomija je znanost, ki je vpeta med človeka in njegovo delo, pri tem pa proučuje anatomska, fiziološka, mehanska, kognitivna in organizacijska načela vplivov na zmogljivost človeka pri delu. Ergonomija je interdisciplinarno proučevanje delovnih obremenitev ter iskanje razbremenitev, kadar obremenitev povzroča neudobje ali celo prekora-

čuje tolerančno mejo [1]. Ergonomija se s časom spreminja in prilagaja nastalim razmeram v različnih okoljih (bivalno okolje, promet in varnost, bolnišnice in šole, šport in prosti čas ...). Osnovni namen ergonomije se s časovnim okvirom ne spreminja in izpostavlja optimizacijo določenega sistema s prilagajanjem pogojev sposobnostim in potrebam človeka. Vse to velja seveda tudi za pametne hiše, ko lahko izpostavimo največkrat delujoče sisteme upravljanja razsvetljave, zatemnjevanja in zastiranja sončnega sevanja, ogrevanja/hlajenja, vlažnosti, prezračevanja, avdio- in videosisteme, varnostne in nadzorne sisteme, namakanje vrta, upravljanje gospodinjskih aparatov, avtomatizacija zalog, hranjenje hišnih ljubljencev ...

Osnovne elemente pametnega domovanja že danes intenzivno povezujemo s človeškimi faktorji oziroma z ergonomijo.

Bivalno okolje prihodnosti bo vsebovalo vse tehnološke elemente industrije 4.0, človek pa se bo še bolj znašel v središču pozornosti. Njegovo interaktivno sodelovanje z okoljem in z adaptiranimi kolaborativnimi roboti bo generiralo nov odnos v sodobnem kibernetskem sistemu regulacijskih zank. Klasični elementi ergonomije bodo z novo tehnologijo lažje dosegljivi in hitreje prilagodljivi.

Ko razmišljamo o odprtih možnostih povezav I4.0 s pametnim domom, ne smemo pozabiti na sisteme, ki trenutno še niso tako izpostavljeni. Gre za avtomatsko prilagajanje višine delovnih površin človeku, ki trenutno opravlja ustrezna dela, npr. v kuhinji. V tem okolju je potrebno poskrbeti za diferenciacijo pri delu ob pultu in pri delu ob štedilniku ali npr. pomivalnem koritu. Vsekakor je izjemno aktualna dimenzija pametne hiše usmerjena v trajnostno bivanje in bivanje v starosti, ko je človeku potrebno prilagoditi delovno okolje in priskrbeti nabor ergonomskih pripomočkov. Prav tako je izjemno pomemben tudi razvoj pametnih domov za invalide. Pri razvoju teh zamisli so nepogrešljive izkušnje slovenskih strokovnjakov na URI Soča [11]. Na teh področjih obstaja še nešteto možnosti tudi pri razvoju eksoskeletona in pri sodelovanju kolaborativnih robotov.

Visoka dodana vrednost za družbo je omogočiti ali vsaj spodbujati bivanje v domačem okolju tudi v tretjem življenjskem obdobju, zato za revolucionarne premike na tem področju potrebujemo izkušnje I4.0. Tretje življenjsko obdobje in vse starejša populacija predstavlja velik izziv za bodoče raziskave in implementacijo izkušenj I4.0 v okolje pametnih domov. Današnje rešitve so namenjene izboljšanju ugodja in udobja srednje generacije, ki bo pozitivno praktično izkušnjo prenesla v svojo bodočnost oz. svoje tretje življenjsko obdobje. Danes se vse bolj postavlja vprašanje, ali lahko dodatne pametne naprave v domu nadomestijo poznane oblike skrbi

za zdravje in večjo neodvisnost starejše populacije. Znanja, zbrana s področja raziskav v telemedicini, izboljšujejo izkušnje telezdravja. Različni projekti s tega področja (e-recept, e-napotnica, e-naročanje, e-posvet s specialistom ...) širijo pridobljeno znanje in krepijo razvoj telemedicine prihodnosti. Bolnišnice bomo še vedno potrebovali, kljub temu pa je vse večji razvoj pametnih naprav, ki so povezane z zdravjem, vizija, ki jo je potrebno podpirati in spodbujati. Veliko raziskovalnega napa bo v bodoče treba nameniti tudi povezovanju pametnih domov v večje celote, pametne soseske, ki bodo lahko združene v pametna mesta. Z uporabo pametnih sistemov bomo kakovost življenja vsekakor dvignili na višji nivo in v resnici živeli ergonomijo.

Literatura

- [1] Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., Ergonomija v teoriji in praksi, Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2016.
- [2] Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., »Izzivi človeških faktorjev v industriji 4.0,« IRT 3000: inovacije, razvoj, tehnologije, izv. letn.12/4, pp. 178-182, 2017.
- [3] Herakovič, N., »Izzivi industrije 4.0,« v Avtomatizacija strege in montaže 2015 - ASM'15, Ljubljana, 2015.
- [4] Herakovič, N., »Nekateri tehnološki izzivi Industrije 4.0,« Izv. 1, pp. 10-16, 2016.
- [5] Singh, P. P., Khosla, P. K., Mittal, M., »Energy Conservation in IoT-Based Smart Home and Its Automation,« Studies in Systems, Decision and Control, Izv. vol. 206, 2019.
- [6] Serrenho, T., Bertoldi, P., Smart home and appliances: State of the art - Energy, Communications, Protocols, Standards, EUR 29750 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
- [7] Directorate general for internal policies, »Policy department A: Economic and scientific policy Industry 4.0,« 2016. [Elektronski]. Available: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf). [poskus dostopa 9 jan 2020].
- [8] Open HAB, »Introduction,« 9. jan. 2020 a. [Elektronski]. Available: <https://www.openhab.org/docs/>.
- [9] Open HAB, »Add-on Reference,« 9. jan 2020 b. [Elektronski]. Available: <https://www.openhab.org/addons/>.
- [10] Sforza, M., »Twenty-two million smart homes in Europe: from science-fiction to reality,« 9. jan. 2020. [Elektronski]. Available: <http://www.cityfied.eu/news/articlesinterviews/twenty-two-million-smart-homes-in-europe-from-science-fiction-to-reality.kl>.
- [11] Ocepek, J., Jenko, M., Zupan, A., »Dom IRIS in njegova vloga v rehabilitaciji,« Izv. 2, 2010.

14.0 experiences by ergonomics integrating into smart homes

Abstract:

On every step, we encounter the term Industry 4.0, which at first glance defines only the field of an emerging modern industry, but in reality, I 4.0 is closely related to the concepts of the Internet of Things – (IoT) and the Internet of People (IoP). I 4.0 indicates the wireless connectivity of sensors with cybernetic systems that transform and process signals and through the actuators guide these signals to the control object and back. With that approach we are also putting ergonomics in new frames.

A review and analysis of the theoretical background of the professional and scientific literature leads us towards the implementation of I 4.0 in a smart living environment. The analytical approach offers solutions that reliably accomplish their mission, including intelligent software tools even with smart houses.

Industrial cybernetic systems enable the optimal management of production through decentralized, self-managed processes. We can also present a similar model in a smart living environment, where smart modules successfully communicate with each other and inform us about the current state of the system.

The living environment of the future will contain all the technological elements of Industry 4.0 in which human will be in the spotlight even more. Its interactive collaboration with the environment and with adapted collaborative robots will generate a new relationship in the modern cybernetic system. By implementation of new technologies, classic elements of ergonomics will be easier to reach and more flexible.

Keywords:

Ergonomics, Industry 4.0, Smart House

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



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

časopis **industrija**

**Vaša sigurna pot
do tržišča v Srbiji**



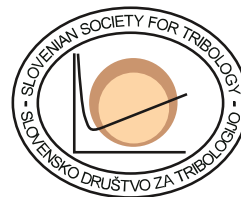
**Promovišite svoj posao i predstavite
Vašu kompaniju.**
Najnovije vesti, intervjui, reportaže
sa sajmova u Srbiji i regionu,
predstavljanje kompanija, sve na
jednom mestu.

www.industrija.rs
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



SLOTRIB 2020

**POSVETOVANJE O
TRIBOLOGIJU,
MAZIVIH IN
TEHNIČNI DIAGNOSTIKI**

JUNIJ 2020

Hotel Slovenija, Portorož

**Več informacij dostopnih na:
www.tint.fs.uni-lj.si**

KONTAKT

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJU

prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik SDT
Joži Sterle – tajništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana

Tel.: 01 4771 460
Fax: 01 4771 469

E-mail: jozi.sterle@tint.fs.uni-lj.si

NASLEDNJA GENERACIJA BIONIČNIH INOVACIJ

Janez Škrlec

Bionika je v visoko razvitih državah dosegla izjemen napredek, predvsem na področju vsadkov, umetnih organov, vmesnikov in bioničnih okončin. Generator razvoja so vedno večje zahteve in potrebe na področju medicine in zdravstva ter vedno boljši aplikativni dosežki s pomočjo nanotehnologije in biotehnologije



Bionični vplivi na preoblikovanje človeškega telesa bodo v prihodnosti drastični

Bionične tehnologije, sploh tako imenovana človeška bionika (*Human bionics*), so danes močno osredotočene na človeško telo. Bionične okončine bodo v prihodnosti celo prehiteli sposobnosti človeških okončin, tehnologija urejanja genov pa nam že danes teoretično omogoča, da se gibljemo z genomi. V prihodnosti pa bi lahko celo gledali, razmišljali in čutili na radikalno različne načine. Se pa seveda že danes zastavlja resno in pomembno vprašanje, ali smo pripravljeni, da svoje telo obravnavamo kot kose strojne opreme?

Da bi si lažje predstavljali trende tehnološkega razvoja, povezanega z bioniko, v članku izpostavljam nekatere današnje dosežke in tudi dileme, ki so povezane z nadaljnjim razvojem. V svetu se zadnja leta osredotočajo na to, da bi se stroški zahtevne protetike drastično znižali, hkrati pa bi z učinkovitim razvojem bionike radi zmanjšali socialno stigmo invalidnosti.

Janez Škrlec, inž., Razvojna raziskovalna dejavnost, Zgornja Polskava

Nemška korporacija *Ottobock* je izdelala protetične okončine za medicinsko uporabo in zdaj izdeluje bionične eksoskelete za delavce, da bi izboljšali svoje zmogljivosti v tovarnah. *Roam Robotics* je na primer ustvaril eksoskelet za smučarje, nekateri drugi proizvajalci izdelujejo rehabilitacijske eksoskelete. Teh inovacij bo v prihodnje izjemno veliko. Za realizacijo tovrstnih naprav in sistemov pa razvojniki in proizvajalci potrebujejo vedno manjše motorje, kompleksnejše mehansko-električne sklope in vedno boljše baterije. Strojna oprema bioničnih naprav bo nekoč prekašala sposobnosti človeškega telesa, čeprav je to izjemno dovršeno, zapleteno in kompleksno.

Izzivi in nove priložnosti

Izdelati bionične okončine, ki bodo funkcionalne, estetske in družbeno sprejemljive, ni majhen izziv, še zlasti, ker je človeško telo neverjetno zapleteno. Moč, spretnost in senzorične povratne informacije roke je res težko ponoviti, vendar razvoj bo na neki točki prišel tudi do teh dosežkov. V družbenih medijih imamo že danes veliko ljudi, ki trdijo, da bi si zdrave ali nekoliko okvarjene okončine zamenjali z bioničnimi. Zanimive so raziskave, da si mlajši ljudje, ki so jim morali amputirati okončine, želijo personalizirane – manj naravne protetične nadomestke kot pa starejši, ki so si želeli, da so bionične roke čim bolj podobne naravnim, celo po videzu kože. Zanimiva je ugotovitev znanstvenikov, da so ljudje pripravljeni celo eksperimentirati s svojim telesom. Umetne okončine so še vedno daleč od naravnih funkcionalnih človeških okončin, vendar se je treba zavedati, da bo bionične okončine mogoče vedno bolj nadgraditi z razvojem novih tehnologij in novih materialov.

Velike obete pa predstavljajo bionični organi. Po napovedih znanstvenikov bodo že v 20 letih vsi bionični organi sinhronizirani z osebnimi performansami in aplikacijami pametnega telefona, kar bo ljudem omogočilo dosežke, kakršnih si doslej

nismo znali niti predstavljati. Prihodnost bo vedno bolj zapletena in v svetu je vse več podjetij, kot sta na primer kalifornijski *Kernel* in *Neuralink*, ki rešujejo vprašanja, kako napraviti ljudi, še zlasti pa delavce, učinkovitejše. Namen visokotehnoloških podjetij je ustvariti nevronske protetike, ki bo človeškemu možganu omogočala, da v realnem času komunicirajo s strojno inteligenco, vključno z umetno inteligenco (AI) in internetom. Čeprav razvoj bionike v povezavi z drugimi vedami prinaša revolucionarne rešitve, bo razvoj na določenih področjih vseeno omejen zaradi etičnih in ekonomskih vidikov. Potencial za integracijo vmesniških naprav s človeškim telesom pa kaže tudi najnovejši razvoj z organskimi tranzistorji (OTFT). V bistvu gre za razvoj bioničnih sistemov naslednje generacije. Cilj tega razvoja je izdelati bioelektronske



Bionična lutka, ki ima integrirane mnogoštevilne bionično-medicinske vsadke in naprave je bila predstavljena v decembru 2019 v oddaji TV Slovenije Ugrizni znanost. Levo na sliki je urednica oddaje Renata Dacinger in desno Janez Škrlec. Foto: RTV Slovenija.

naprave, ki bi zelo avtentično posnemale funkcije resničnih udov in organov. Tehnologija je

zagotovo del našega življenja in bo postala del našega evolucijskega potovanja.



SEJEM MEGRA

**MEDNARODNI SEJEM
GRADBENIŠTVA
ENERGETIKE,
KOMUNALE IN OBRTI**

25. - 28. 3. 2020
Gornja Radgona

GRADIMO Z NARAVO!



DECENTRALIZIRAN ODDALJENI VHODNO-IZHODNI SISTEM CPX-AP-I

Nov vhodno-izhodni sistem (I/O) v IP65/IP67 podjetja Festo podpira integracijo zmogljivih vhodno-izhodnih modulov in ventilskih terminalnih vmesnikov v najpomembnejših gostiteljskih sistemih (*slika 1*). Zasnovan je na FESTO-vem inovativnem AP komunikacijskem sistemu CPX-AP-I in zagotavlja neprekinjeno izmenjavo podatkov od obdelovancev do oblaka – prilagojeno uporabnikovim potrebam (*slika 2*).



Slika 1: Decentraliziran oddaljeni vhodno-izhodni sistem CPX-AP-I

Nekaj osnovnih značilnic sistema CPX-AP-I (*slika 1*):

- ▶ ultralahek in kompakten,
- ▶ vhodno-izhodni link master in vhodno-izhodni link povezovalniki,
- ▶ kratki časi bus ciklov do 250 μ s,
- ▶ 2 kByte vhodno-izhodnih procesnih podatkov,
- ▶ vzporedno procesiranje podatkov v realnem času in procesiranje podatkov v nerealnem

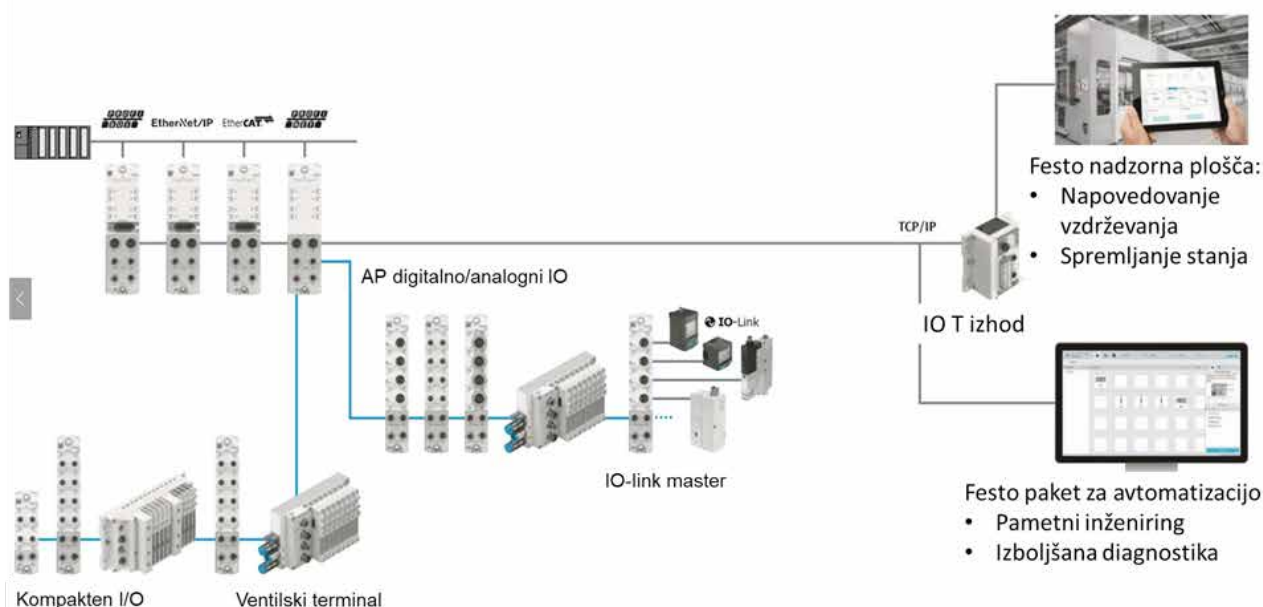
času,

- ▶ teoretično do 500 modulov v linijski, zvezdasti in drevesni topologiji,
- ▶ dolžina kablov med moduli do 50 m,
- ▶ najboljše razmerje med ceno in performancami v kombinaciji z ventilskimi terminali in decentraliziranimi vhodno-izhodnimi terminali.

Sistem CPX-AP-I sestavljajo:

bus moduli CPX-AP-I-PN-M12 (profi net), CPX-AP-I-PB-M12 (profi bus), CPX-AP-I-EP-M12 (EtherNet modbus) in PX-AP-I-EC-M12 (EtherCat) ter I/O moduli CPX-AP-I-8DI (8-kanalni digitalni vhodni moduli), PX-AP-I-4DI4DO (digitalni vhodno-izhodni moduli), CPX-AP-I-4DI (4-kanalni digitalni kompaktni moduli), CPX-AP-I-4IOL (4-kanalni IO link master), CPX-AP-I-4AI-U-I-RTD (4-kanalni analogni vhodni moduli), VAEM-AP (pnevmatični vmesnik VTUG) in VMPAL-AP (pnevmatični vmesnik MPA-L).

Sistem CPX-AP-I omogoča povezavo do 500 modulov in ventilskih terminalov v standardni bus sistem. Tudi obstoječe ventilske terminale je mogoče enostavno integrirati. Povezava z IO T prehodom,



Slika 2: Vse je povezano: od pnevmatike do elektrike, od obdelovalcev do oblaka

enostavna integracija in parametriranje IO-lon enot, z mrežnim serverjem in širokim naborom funkcij s programskim orodjem Festo Automation suite naredi uporabnikov sistem brezmejno povezljiv (slika 2). Povezuje vse: od pnevmatike do elektrike, od obdelovancev do oblakov.

Komunikacija in napetostno napajanje potekata po dveh ločenih povezovalnih kabljih. To omogoča na primer oblikovanje različnih napetostnih con. Lahko ga je fleksibilno integrirati v aplikacije katere koli velikosti.

Trdni, kompaktni in ultralahki CPX-AP-I so primerni za montažne stroje z omejenim prostorom vgradnje, za strežne sisteme, menjalnike orodij ter mobilne aplikacije, kjer se zahteva majhna masa in je prostor vgradnje omejen. Kompatibilni so z vsemi komercialno razpoložljivimi gostiteljskimi sistemi.

Nov komunikacijski AP-sistem bo brez težav integriral prihodnje Festove ventilske terminale v uporabnikove aplikacije. Prav tako je mogoče enostavno vključiti obstoječe ventilske terminale serij, kot sta VTUG ali MPA-I, z vmesnikom AP na CPX-AP-I (slika 3).

Z dodanimi novimi funkcijami so lahko uporabljene kot na primer preklopni števec ciklov in za nadzor napetostnih obremenitev. Priključeni so lahko v oblak. To omogoča uporabo inteligentnih orodij kot je enota za preventivno vzdrževanje in spremljanje stanja v sistemu.



Slika 3 : Ventilski terminal VTUG – Festo

Festo-vo programsko orodje »Automation suite« je namenjeno za pametno inženirstvo in diagnostiko. Nastavljivi I/O moduli pomagajo zagotavljati da so vse aplikacije individualno optimizirane z CPX-AP-I. navzkrižna komunikacija med moduli odpira popolnoma nove možnosti za hitre aplikacije in odločitve. Z integracijo platforme v zagon programskega orodja »Automation suite« inženiring in nadzor spremljanja stanja kakor tudi diagnostika bo za uporabnika enostavnejša.

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, <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar

ELEKTROMAGNETNI VENTIL ZA VODO

Elektromagnetni ventili za vodo so vgrajeni v številne aparate bele tehnike, kjer je treba regulirati dotok vode: v pomivalnem in pralnem stroju, hladilniku in še kje. Dokler naprave delujejo brezhibno, uporabnik pogosto niti ne ve, da so vgrajeni v naprave.



Pri okvari delovanja aparatov pa se pojavijo vprašanja, kje kupiti rezervni ventil in koliko stane. Cena ventila je odvisna od vrste, izvedbe in kakovosti. Primeren, kakovosten elektromagnetni ventil za vodo je mogoče najti tudi v spletni trgovini S3C, kjer so kupcem na voljo različni elektromagnetni ventili. Cene so konkurenčne in zelo ugodne.

Podjetje S3C zagotavlja hitro dobavo elektromagnetnih ventilov za vodo kakor tudi cevi, priključkov in elektromagnetnih ventilov za hidravliko.

Vir:

S3C d. o. o., Tržaška cesta 116, 1000 Ljubljana, tel. 01/423-22-22, faks 01/423-22-00, e-pošta: info@s3c.si

KROGELNE PIPE SERIJE **STERIFLU**

Podjetje Samson SED predstavlja novost v svojem proizvodnem programu. To so krogelne pipe Steriflu 942 z ročko ali pa s pnevmatičnim pogonom.



Slika 1 : Krogelni ventil z ročko

Ročni krogelni ventil **Steriflu 942** z oplaščenim ročajem iz nerjavnega jekla ima dimenzije 1/4"-4" (slika 1).

Osnovne lastnosti krogelnega ventila Steriflu 942 z ročko:

- ▶ priključki so varjeni (podaljšani za orbitalno varjenje DIN 11850, ASME BPE, ISO 1127) ali kot TC-priključki (Tri Clamp) vseh standardnih dimenzij;
- ▶ Drainable design s »True ID port opening«;
- ▶ vreteno je tesnjeno z V-tesnilnimi obroči;
- ▶ pritrdilna plošča EN ISO 5211 omogoča neposredno montažo pogonov;
- ▶ ročaj z napravo za blokiranje;
- ▶ standardni material sedeža, skladen s FDA 21CFR177.1550;
- ▶ varilni nastavki z nadzorovano vsebnostjo delta ferita (lažje varjenje);
- ▶ primeren za postopke čiščenja CIP in SIP;
- ▶ antistatična naprava;
- ▶ temperaturno območje do 220 °C (odvisno od aplikacije);
- ▶ notranja površina 0,6 µm polirana, elektropolirana zunanja površina.

Krogelni ventil **Steriflu 342** ima lahko pogon z enostranskim ali dvostranskim pnevmatičnim valjem

(slika 2). Pogon ima aluminijasto ohišje s posebno alodur zaščito proti koroziji. Izdelujejo ga v velikostih DN 8-100 (1/4"-4").



Slika 2 : Krogelni ventil Steriflu 342 s pnevmatičnim pogonom

Osnovno telo krogelnega ventila Steriflu 342 s pnevmatičnim pogonom je zgrajeno in obdelano enako kot ventil z ročko, razlikuje se le v načinu upravljanja in ima optično indikacijo položaja že v standardni izvedbi. Ventil je primeren za uporabo do +160 °C temperature medija. Hod pnevmatičnega pogona je lahko z omejitvijo ali brez omejitve.

Vir:

GiA-S Industrijska oprema d.o.o., Industrijska 5 (skladišče in uprava: Industrijska 1K), 1290 Grosuplje, Slovenija, Tel: +386 1 7865 300, Fax: +386 1 7863 568, e-mail: info@gia.si, internet: www.samson-slo.com; www.giaflex.com, g. Dušan Lebar

PRECIZNA KROGLIČNA VRETENA PROIZVAJALCA THOMSON LINEAR



Visoko natančni procesi in aplikacije pogosto zahtevajo kroglična vretena z natančnostjo P3. Strokovnjaki menijo, da se lahko takšna natančnost doseže le s krogličnimi vreteni, izdelanimi z brušenjem (ground-thread screws).

Proizvajalec THOMSON LINEAR pa sedaj izdeluje vretena z natančnostjo P3 ($12 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$), ki so izdelana s postopkom valjanja PST (Precision Screw Forming Technology). S tem se stroški izdelave krogličnih vreten zmanjšajo za 70 % v primerjavi z dražji krogličnimi vreteni, izdelanimi z brušenjem.

Lastnosti krogličnih vreten THOMSON LINEAR:

- ▶ dolžine do 15 m; premeri med 12 in 80 mm; koraki 5 do 50 mm,
- ▶ maksimalne dinamične obremenitve do 480 kN,
- ▶ na voljo z enojnimi ali dvojnimi maticami (prirobnice ali cilindrične),
- ▶ namenski izdelki že pri majhnih količinah; posebne rešitve za težke pogoje delovanja.

Več informacij o izdelkih proizvajalca **THOMSON LINEAR** dobite pri podjetju **INOTEH**.

Vir:

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

*Slika 1: Obdelava krogličnih vreten z valjanjem
(vir: www.thomsonlinear.com)*



Vitka proizvodnja.

item. Your ideas are worth it.®

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

INOTEH
www.inotech.si **A BIBUS GROUP COMPANY**
Inotech d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

PLINSKE POTEZNE VZMETI

Podjetje Bansbach, ki ga zastopa Inotech, ima v svojem prodajnem programu plinske potezne vzmeti, ki omogočajo kontrolirano vlečenje in pozicioniranje.



Potezne plinske vzmeti BANSBACH

Enako kot standardne plinske vzmeti je mogoče tudi potezne plinske vzmeti izbirati glede na različne sile ter druge lastnosti, kot je npr. končno blazenje ali vgradne mere. Po želji so lahko te vzmeti tudi z blokiranjem v poljubnem položaju.

Značilnosti:

- ▶ hod 10–600 mm,
- ▶ sila 30–4000 N,
- ▶ velika odpornost proti koroziji,
- ▶ minimalna vrednost trenja,
- ▶ optimalno gladko delovanje.

Več informacij o plinskih vzmeteh in drugih proizvodih podjetja BANSBACH dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

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

NOVA GENERACIJA VRTLJIVIH PRIKLJUČKOV – HEAVY DUTY 360°

Parker je razvil novo generacijo vrtljivih priključkov s krogličnim ležajem – serija Heavy Duty 360°, ki so primerni tudi za zahtevne pogoje delovanja.

Kombinacija preizkušenega in zanesljivega krogličnega ležaja z novo obliko in konceptom tesnjenja zagotavlja večje pretoke, manjši padec tlaka, široko temperaturno območje uporabe ter večjo korozijsko odpornost. Optimizirana je tudi vzdržljivost, ki se še posebej odraža v zahtevnih pogojih uporabe.

Vrtljivi priključki Heavy Duty 360° imajo nazivni tlak 420 bar. Nova tesnilna enota je zasnovana tako, da zagotavlja neprekinjeno in zanesljivo tesnjenje tudi pri nizkih temperaturah. Temperaturno območje delovanja je med -40° C in +95 °C.

Zahvaljujoč novi zasnovi je bil zmanjšan nagib, ki ščiti vse notranje dele in preprečuje iztiskanje tesnilnih elementov. Nova konstrukcija in manjše trenje zagotavlja večjo obstojnost vseh komponent brez opazne obrabe pri nazivnem tlaku 420 bar.

Novi vrtljivi priključki nadomeščajo prejšnje vrtljive priključke (serije DG101, DG102 itd.). Dimenzije sta-



rih in novih priključkov so enake, tako da je zamenjava enostavna. Vrtljivi priključki z drsnimi ležaji pa so ostali nespremenjeni (serije DVGE, DVVE).

Vir:

Parker Hannifin Sales CEE s. r. o., Češka republika – Podružnica Novo mesto, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com, spletna stran: www.parker.com, Miha Šteger

UNIVERZALNI REGULATORJI UNIDRIVE M



Unidrive M

Podjetje Digitax HD dopolnjuje družino univerzalnih regulatorjev z Unidrive M, ki ima odlične servolastnosti in zelo kompaktno izvedbo. Digitax HD omogoča poleg servoregulacije še regulacijo standardnih indukcijskih motorjev, vektorskih motorjev in PM-motorjev.

Unidrive M je namenjen za dinamične aplikacije in deluje kot samostojna enota ali pa je povezan v modularni sistem. Poleg osnovne izvedbe je tudi v Profinet, EtherCAT ali Ethernet izvedbi. Model M750 ima vgrajeno Ethernet in Profinet komunikacijo, Model M751 Modbus komunikacijo in Model M753 EtherCAT krmilnik.

Programiranje se izvaja v Codesys okolju in ima vgrajen Advanced Motion krmilnik. Na voljo so analogni ali puls/direction vhodi za centralizirano pozicioniranje, dvo-kanalni in varnostni vhodi STO. Opcijsko z razširitvenimi karticami so na voljo tudi ostale industrijske komunikacije: DeviceNet, CANopen.

Regulatorji Unidrive M so minimalne velikosti, a so maksimalno uporabni.

Vir:

PS, d. o. o., Logatec, Kalce 30b, 1370 Logatec, tel.: 01/750-85-10, e-pošta: ps-log@ps-log.si, internet: www.ps-log.si, g. Andrej Zupančič

NAJMANJŠI 5-POTNI VENTIL

Podjetje SMC predstavlja najmanjši (najožji) 5-potni elektromagnetni ventil na svetu JSY1000, ki je širok le 6,4 mm.

Nova serija ventilov in ventilskih blokov JSY je v primerjavi z drugimi kompaktnjša in lažja. Zaradi teh lastnosti je ustrezna v primerih uporabe, kjer sta pomembni velikost in masa, hkrati pa se ohranjata modularnost in velik pretok komprimiranega zraka. Ta je pri najmanjši različici serije JSY še vedno cca 200 NI/min ter presega 1500 NI/min pri največji različici.

Serija ventilov nima le kompaktne zasnove, izboljšana sta tudi hitrost in odzivni čas. Prav tako so odlične električne lastnosti ventila. Poraba posamezne tuljavice je le 0,2 W ali manj, kar pripomore k nižji skupni porabi električne energije in prihrankom energije napajanja in hlajenja.

Serija JSY je zasnovana modularno. Tako zagotavlja vsestranskost pri konfiguraciji ventilskega otoka, skupaj z dodatnimi naborom



Slika 1 : Serija ventilov JSY

opreme pa omogoča prilagoditev in izbor funkcij, priklonov in komunikacij, da ustrezajo željam stranke, vgradnja pa je hitra in ekonomična.

»Serija JSY ni kompromis, temveč rezultat razvoja, ki bo s svojo velikostjo, performancami in kakovostjo zadovoljila še tako zahtevne stranke.« Zaradi majhne mase in majhnih dimenzij je še posebej primerna za robotske in ostale gibajoče se in rotirajoče aplikacije (barvanje, varjenje, manipulacija, ideksne mize).

Podjetje SMC, ki tesno sodeluje z uporabniki svojih komponent, je ventil razvilo kot odgovor na njihove zahteve po optimizaciji in racionalizaciji proizvodnje.

Vir:

SMC Industrijska avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421, mobil: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: prodaja@smc.si, internet: www.smc.si, www.smc.eu, g. Marko Omerzu

ZNAČILNOSTI VODNO IN ZRAČNO HLAJENIH HLADILNIKOV INDUSTRIJSKE VODE

Industrijski hladilniki vode so lahko vodno ali zračno hlajeni (*slika 1* in *slika 2*). Med seboj se razlikujejo po načinu odvajanja toplote, ki nastane pri hlajenju. Za pravilno izbiro ustreznega sistema glede na lastne potrebe je potrebno poznati različne dejavnike, ki so pri tem pomembni. Med njimi so poznavanje zgradbe hladilnika in razlik v hlajenju kondenzatorjev, mesto namestitve hladilnika, kakšna naj bo hladilna kapaciteta, pretok vode, nominalni tlak vode in temperatura okolice in stroški.

1 Zgradba in delovanje hladilnika

Vsi hladilniki imajo enake osnovne komponente, kot so uparjalnik, kompresor, ekspanzijska naprava in kondenzator. Vse komponente so povezane v zaprto zanko hladilnega kroga, tako da ohladijo vodo ali pa mešanico vode in glikola. S pomočjo kompresorja hladilno sredstvo kroži skozi zaprto zanko od kondenzatorja do ekspanzijske naprave,

nato do uparjalnika ter nazaj do kompresorja. Ko hladilno sredstvo kroži, ga uravnava ekspanzijska naprava (pogosto ekspanzijski ventil). Uparjalnik odvzame toploto tekočini in jo prenese na hladilno sredstvo. Zaprta zanka pomeni, da se mora toplota, ki jo je nase vezal uparjalnik, nekje izločiti. Ta vloga pripada kondenzatorju. Hladilno sredstvo, ki je prevzelo toploto, s pomočjo uparjalnika in kompresorja vstopi v kondenzator. Glede na to, kako



Slika 1: Vodno hlajeni hladilnik industrijske vode



Slika 2 : Zračno hlajeni hladilnik industrijske vode

kondenzator ohladi to hladilno sredstvo, se hladilniki industrijske vode delijo v vodno hlajene in zračno hlajene.

Pri zračno hlajenih hladilnikih se za hlajenje kondenzatorjev, ki hladijo hladilno sredstvo, uporablja zrak iz okolice. Hladilno sredstvo, ki ga je treba ohladiti, potuje skozi cevi, ki so nameščene v kondenzatorju. Ventilatorji črpajo zrak iz okolice in ga usmerjajo skozi kondenzator ter tako hladijo. Zrak se pri tem ogreje in izstopa iz kondenzatorja. Topel zrak se odvaja v ozračje ali pa se uporabi za ogrevanja prostorov.

Pri vodno hlajenih hladilnikih pa se hladilno sredstvo v kondenzatorjih hladi z vodo. Vodno hlajeni kondenzatorji so cevno-cevni ali pa ploščni. Voda, ki doteka v kondenzator, je iz različnih vodnih virov (vodni stolp, zbiralnik, reka, vrtina, ...). Hladilna voda teče čez cevi ali plošče, v katerih je hladilno sredstvo, in prevzema odvečno toploto ter tako zniža temperaturo hladilnega sredstva. Topla voda teče v odtok ali pa se uporabi za industrijske namene.

2 Značilnosti namestitev hladilnikov industrijske vode

Hladilni sistemi so lahko nameščeni v zaprtem prostoru, zunaj industrijskega objekta, v prostorih z visokimi temperaturami, v utešnjem prostoru, kakor tudi v zelo suhem okolju, kjer vode lahko primanjkuje.

V notranjih prostorih je mogoče namestiti tako zračno hlajene kot vodno hlajene hladilnike. Zračno hlajenim hladilnikom je treba zagotoviti ustrezno prezračevanje, da se vzdržuje stalen in enakomeren dotok svežega zraka v prostor, kar zagotavlja temperaturo, pri kateri lahko hladilnik nemoteno deluje. Vodno hlajeni hladilniki ne potrebujejo prezračevanja, ker za hlajenje uporabljajo vodo. Večina vodno hlajenih hladilnikov je nameščenih v notranjosti objektov. Toplota, ki nastane pri procesu ohlajevanja z vodnim hladilnikom, se odvede preko vodnih stolpov, suhi hladilec v odtok ali vrtine.

OMEGA AIR

Air and Gas



Hladilniki vode in toplotne črpalke



Suhi hladilci / adiabatni sistem



Hladilni stolpi



Priprava stisnjenega zraka in plinov



OMEGA

AIR

OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana

T +386 (0)1 200 68 00
F +386 (0)1 200 68 50

info@omega-air.si

Cesta Dolomitskega odreda 10
SI-1000 Ljubljana, Slovenija
www.omega-air.si

Tudi zunaj so lahko nameščeni tako zračno hlajeni hladilniki kot tudi vodno hlajeni. Pri zračno hlajenih hladilnikih se toplota iz kondenzatorja odvede neposredno v okolico. Zaradi različnih vremenskih pogojev morajo biti električne inštalacije v hladilniku ustrezno konfigurirane, saj lahko pride v primeru prevelikih ali pa prenizkih temperatur do prenehanja delovanja hladilnika oziroma okvare.

Vodno hlajeni hladilniki zelo dobro delujejo v visokotemperaturnih pogojih, ker za hlajenje ne potrebujejo zraka. Zato jih pogosto lahko postavijo v prostore, kot so kompresorske postaje, strojnice, oziroma v prostore s slabim prezračevanjem.

Kondenzator pri vodno hlajenih hladilnikih je manjši kot pri zračno hlajenih, zato so primernejši v ute-snjenih prostorih. Pri obeh vrstah hladilnikov z enako hladilno kapaciteto je lahko zato razlika v velikosti kar precejšnja, kar pomeni, da bo vodno hlajeni hladilnik zavzel manj prostora.

V območjih, kjer primanjkuje vode, je najboljša izbira zračno hlajeni hladilnik, ker za delovanje ne potrebuje vodnega vira, uporabnik ima manj skrbi glede čiščenja in odstranjevanja vode, prav tako pa je veliko bolj prijazen do okolja kot vodno hlajeni hladilnik.

3 Upoštevanje vseh stroškov

Vodno hlajeni hladilniki so običajno nekoliko cenejši v primerjavi z zračno hlajenimi, vendar je potrebno upoštevati večje operativne stroške, v večini primerov je potrebno zagotoviti tudi vodni vir, kar prinese dodatne stroške. Zračno hlajeni hladilniki so v osnovi dražji, strošek porabe električne energije je večji. Pri nakupu zračno hlajenega hladilnika nam ne nastanejo dodatni stroški (dodatni vodni vir).

Najpomembnejši faktorji pri izbiri med vodno hlajenim in zračno hlajenim hladilnikom so učinkovitost posameznega sistema, velikost in postavitev prostora, okolica, stroški vode, elektrike in vzdrževanja.

4 Kako izbrati ustrezen hladilnik?

Izbira hladilnika industrijske vode ni enostavna. Najpomembnejši faktorji pri izbiri so hladilna kapaciteta, pretok vode, nominalni tlak vode, temperatura okolice itd. Če uporabnik ni prepričan, kako izbrati ustrezen hladilnik industrijske vode, mu bodo z veseljem pomagali v podjetju OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana. Nekaj standardnih primerov hladilnikov industrijske vode je prikazanih na njihovi spletni strani: www.omega-air.si.

www.omega-air.si



Slika 3 : Primer uporabe hladilnika vode v industriji

© Ventil 26(2020)1. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 26(2020)1. Printed in Slovenia. All rights reserved.

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

Volume **Letnik** 26
 Year **Letnica** 2020
 Number **Številka** 1

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

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

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ prof. dr. Maja Atanasijević-Kunc, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Ivan Bajsić, FS Ljubljana
- ▶ doc. dr. Andrej Bombač, 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 Kopač, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ prof. dr. Darko Lovrec, FS Maribor
- ▶ izr. prof. dr. Santiago T. Puente Méndez, University of Alicante, Španija
- ▶ doc. dr. Franc Majdič, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Gojko Nikolić, 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 Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ prof. dr. Brane Širok, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko Šitum, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez Tušek, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao Yamada, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana
Lektoriranje: Marjeta Humar, Andrea Potočnik
Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
Tisk: Schwarz Print, 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 4771-772 in + (0) 1 2518-567

Naklada: 1.500 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 5-odstotni davek na dodano vrednost.

BEHIND AND BEYOND THE CHICAGO CONVENTION – THE EVOLUTION OF AERIAL SOVEREIGNTY, EDITED BY PABLO MENDES DE LEON & NIAL BUISSING, WALTERS KLUWER 2019, ISBN 978- 94-035-1131-3, 444 STRANI, 160 €

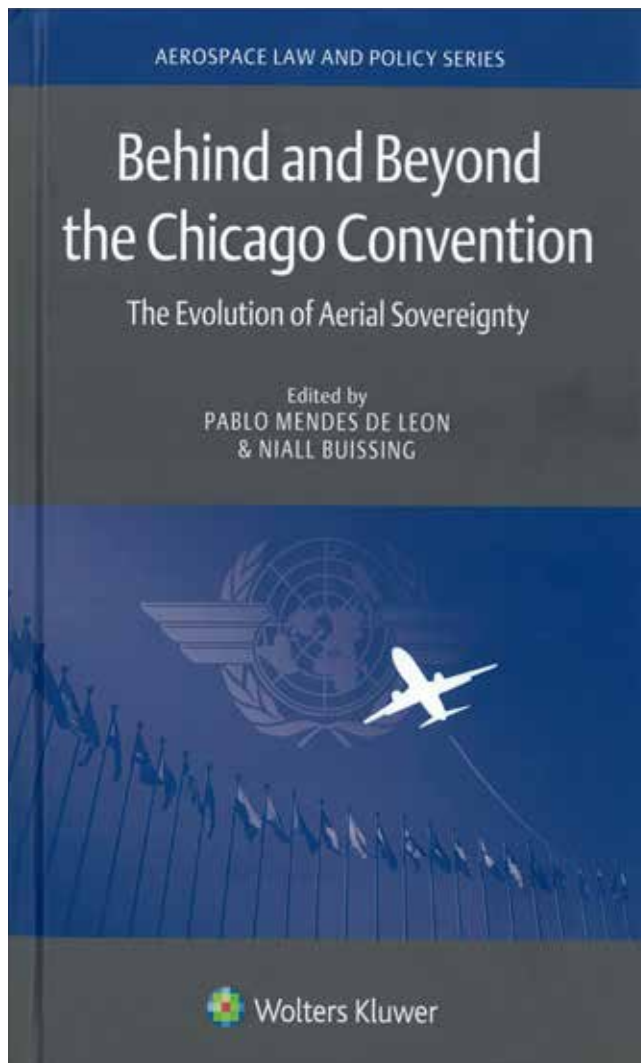
Delo *Zadaj in onkraj Čikaške konvencije – Razvoj zračne suverenosti* je prav gotovo izborna delo, ki bo razveselilo pravnike, ki se ukvarjajo z mednarodnim letalskim pravom. Delo, ki sta ga uredila Pablo Mendes de Leon, profesor letalskega in vesoljskega prava in direktor Mednarodnega inštituta letalskega in vesoljskega prava Univerze v Leidnu, in Niall Buissing, univerzitetni koordinator na omenjenem inštitutu, nam že takoj na začetku postreže s predstavitev tridesetih avtorjev, ki so svoja razmišljanja o razvoju zračne suverenosti objavili v tej knjigi. Delo ima 29 poglavij s podpoglavji in dve prilogi: Pariško konvencijo iz leta 1919 in Čikaško konvencijo iz leta 1944.¹ Knjiga je nastala ob 75. obletnici Mednarodne organizacije civilnega letalstva (ICAO) in ob 100. obletnici Pariške konvencije – predhodnice Čikaške konvencije. Spodbudne besede so knjigi namenili tudi generalna sekretarka ICAO dr. Fang Liu, Cora van Nieuwenhuizen, ministrica za infrastrukturo in upravljanje z vodami Nizozemske, in dr. Peter Tomka, sodnik in bivši predsednik Mednarodnega sodišča pravice ter predsednik mednarodne svetovalne uprave Mednarodnega inštituta za letalsko in vesoljsko pravo Univerze v Leidnu.

Avtorji prispevkov nam v svojih razmišljanjih ponudijo veliko zanimivih in v bodočnost usmerjenih idej. Vse pa se začne s prvo mednarodno konferenco, ki je postavila temelje mednarodnega civilnega letalstva z uzakonitvijo načela »o popolni in izključni suverenosti države v zračnem prostoru nad svojim ozemljem«. Vincent Correia predstavi zapuščino Pariške konvencije iz leta 1919 in razloži, kako se je pojem zračne suverenosti razvijal do nastanka Čikaške konvencije. Temu prikazu sledi Peter Haanappel z analizo suverenosti v zraku ali zračne suverenosti. Tu se srečamo s terminom »horizontalna suverenost«, ki ga bodo avtorji na koncu knjige dopolnili z »vertikalno zračno suverenostjo«. Že na samem začetku bo bralec dobil potrditev teze, da je pojem suverenosti dinamičen pojem, ki s hitrim razvojem mednarodnega letalskega prava dobiva vedno nove oblike in praktične rešitve! Dodati pa je treba, da pravo vedno malo zaostaja za razvojem tehnike! S pojmom zračne suverenosti se ukvarja tudi Stephan Hobe, ki trdi, da je zračni prostor naravno podaljšanje dr-

žavnega ozemlja v zrak. Ana Korent razvija misel o razvoju pojma zračne suverenosti. Pozornost posveti t. i. vertikalni zračni suverenosti, ki ni omejena z mednarodnim letalskim pravom in je izražena v maksimi *ad sidera ad astra* (v prevodu: *od zemlje do zvezd*). Vendar je, pravi Korentova, država omejena v svoji suverenosti in navaja 3. bis člen Čikaške konvencije (načelo neuporabe orožja proti civilnemu letalu v letu), ki je v praksi razdelil države na tiste, ki so ratificirale to spremembo Čikaške konvencije, in tiste, ki še vedno prisegajo na klasično državno (zračno) suverenost. V nadaljevanju avtorji razmišljajo o suverenosti glede na vpliv mednarodnih organizacij in drugih regionalnih organizacij (Jiefang Huang & Mathieu Vaugeois) na upravljanje ICAO. Aleksander A. Batalov predstavi ruski pogled na vpliv suverenosti. Žal se ta avtor izogne predstaviti primera, ko je leta 1983 rusko vojaško letalo sestrelilo južnokorejski KAL007, reakcija držav članic ICAO pa je pripeljala do sprejema dopolnitve Čikaške konvencije s 3. bis členom (države se vzdržijo uporabe orožja zoper civilno letalo v letu).

Fernando Fiallos predstavi stanje v Latinski Ameriki. Tam se vprašanja, povezana s suverenostjo, urejajo v organizaciji LACAC (22 držav članic), ki predvsem svetuje državam na področju mednarodnega letalskega prava. Nikolaj Ratajczyk predstavlja vpliv suverenosti na regionalni ravni v Evropi. V ospredju sta zlasti Evropska unija in Agencija za letalsko varnost (EASA). Ana Masutti raziskuje suverenost v odnosu do upravljanja z zračnim prometom. Poudarek je na enotnem evropskem nebu (SES), ki pa ni preveč uspešen in zato evropski zračni prostor ostaja še vedno zelo fragmentiran. Fernando Fiallos se je spoprijel z brezpilotnimi letali in ureditvijo v Čikaški konvenciji. Še posebej ga zanima odnos med 5., 6. in 7. ter 8. členom Čikaške konvencije, ki je v odnosu do omenjenih členov *lex specialis*. Brezpilotna letala se že danes uporabljajo za različne namene (nadzor, fotografiranje, video), med katerimi so tudi potencialni prevoz potnikov, blaga in pošte, celo v vesolju. To bo morda bistveno spremenilo naše razumevanje državne suverenosti. Francis Schubert obravnava omejitve na nebu glede storitev zračne navigacije. 28. člen Čikaške konvencije zavezuje države pogodbenice,

¹ Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu (ICAO).



da v izvedljivem obsegu zagotovijo na svojem ozemlju letališča radijsko in meteorološko službo in druge navigacijske naprave za olajšanje zračne plovbe v skladu s standardi in priporočili, ki bodo občasno sprejeta v skladu s Čikaško konvencijo (odstavek (a) 28. člena). Vse to zahteva finančna sredstva. Čezmejno sodelovanje bi bilo lahko rešitev pri uresničevanju tega člena. Ida Bagus Rahmadi Supancana predstavlja nekaj tehničnih rešitev, ki pa so lahko povezane tudi z vprašanjem suverenosti (vprašanje delegacije FIR Singapurju). Dejan Kong raziskuje odvisnost Globalnega navigacijskega satelitskega sistema od suverenosti (GNSS). Opredeljuje se do notranje in zunajzračne suverenosti in odgovornosti tistega, ki zagotavlja signal GNSS. Catherin Erkelens se ukvarja s suverenostjo in upravljanjem prometa (ATM) – SES kot primer dobre prakse in čezmejno sodelovanje. Človek bi pričakoval, da sta pojma civilno in državno letalo jasna, vsaj letalski stroki. Ricardo de Oliviera raziskuje oba termina in ugotavlja, da je razvoj mednarodnega letalskega prava predvsem usmerjen k pojmu civilnega letala. Civilno letalo je podaljšek državne suverenosti. Vsaka podobnost s stečajem AA je čisto naključje (op. avtorja). Čikaška konvencija se, kot je znano, uporablja samo za civilna letala, ki niso

državna (vojaška, policijska in carinska), in služijo za prevoz potnikov, prtljage, tovora in pošte. Robert Lawson QC govori o globalni letalski družbi. Regula Dettling-Ott predstavlja evropski čezmejni letalski trg. Nacionalni prevoznik ni več absolutno pravilo, sedaj gre za »skupnostnega prevoznika« (Community Air Carrier). Vendar pa ATM ostaja izključno nacionalna pristojnost. Laura Pierallini nadaljuje z razmišljanjem o suverenosti in tretjih državah. Predstavi nam bistvo sporazumov o letalskih storitvah (ASA). Gre za odprto nebo in zametke politike o sodelovanju s tretjimi državami in t. i. »European designation clause«. Kdo je odgovoren za oskrbovanje letala na letališču (t. i. ground handling)? Ali lahko pri tem pomaga tudi Čikaška konvencija? Spori v zvezi s tem niso tako redki, iztožljivost pa ni tako preprosta. José Ignacio Garcia Arboleda predstavlja temo o bilateralizmu z izmenjavo prevoznih pravic. 6. člen Čikaške konvencije določa, da se redni zračni promet sme izvajati nad ozemljem države pogodbenice ali v njeno ozemlje le, če je ta država izdala posebno dovoljenje ali na drug način to odobrila. Čikaška konvencija ne razume suverenosti kot absolutnega pojma, čeprav je to osnova mednarodnega letalskega prava. Alan Khee-Jin Tan predstavi svoje razmišljanje na primeru azijskih izkušenj. Kot sam pravi, je bil polet od bilateralizma do multilateralizma zelo dolg. Azijske države so le počasi liberalizirale 3. in 4. zračno svobodo, 5. pa še ostaja nerešeno vprašanje. Steven Truxal razmišlja o zračni suverenosti v sistemu Čikaške konvencije. Suverenost prve zračne konference (Paris 1919) je izhajala iz Westfalskega miru. Izključna in popolna suverenost je postala aksiom tako Pariške kot tudi Čikaške konvencije. Prav na razvoju letalskih družb pa je mogoče opazovati spreminjanje zračne suverenosti. Letalske družbe niso več v celoti državne (letalska družba kot podaljšek državne suverenosti), ampak so privatizirane. Ali torej ICAO še rešuje nanjo naslovljena vprašanja? Odgovor je za enkrat pozitiven, saj sama Čikaška konvencija ne pomeni ovire za nadaljnji razvoj mednarodnega civilnega letalstva. Pai Cheng prinaša razmišljanja Kitajske o državni suverenosti, o čarterskih poletih, rednem letalskem prometu in kabotaži. Njegova razmišljanja poudarjajo, da 1. člen Čikaške konvencije velja za vse in ne samo za države članice ICAO. Seveda pa je potrebno 1. člen Čikaške konvencije brati skupaj z ostalimi členi v smislu Dunajske konvencije o pravi mednarodnih pogodb. Kitajska je druga največja država na svetu in mednarodno civilno letalstvo je zanj pomemben vir gospodarske stabilnosti. Tudi Pai meni, da Čikaške konvencije ni treba spreminjati, ker nudi dovolj možnosti za razvoj letalskega prometa. Michael Whitaker predstavlja ameriški pogled na Čikaško konvencijo. Pravi, da smo v obdobju, ko je mogoče katerikoli točki na Zemlji povezati z neprekinjenim poletom. Letalstvo je doživelo res velike spremembe tako glede velikosti letal, opreme, števila pilotov, boljše izrabo goriva, velik doseg in tišje kabine.

Rajesh Singh začne svoja razmišljanja z maksimo: *Cujus est solum ejus est usque ad coelum et ad infer-*

nos (Kdor je lastnik zemlje, njegovo je tudi tisto, kar je nad njo). Za Singha je suverenost Čikaške konvencije ugodnost in poguba. Mednarodno pravo je podlaga mednarodnemu letalskemu pravu, poguba pa, ker države vztrajajo pri absolutni suverenosti. Morten Hans Jakobsen & Peter Sand razmišljata o 83. bis členu Čikaške konvencije. Ta člen ureja prenos nekaterih nalog in obveznosti na drugo državo. S tem členom je omogočeno, da država registracije prenese na drugo državo suverene dolžnosti in odgovornosti glede varnostnega nadzora. S tem pa je rigidna interpretacija načela suverenosti izzvana s praktično rešitvijo. Brian F. Havel opozarja na novo vsebino suverenosti. Zemlja je zavita v eno samo nebo in vsaka država je točka vstopa v mrežo med seboj povezanega neba, ki so jo stkale letalske družbe. Suverenost lahko definiramo kot perfekten racionalen paradoks: obstaja kot dejstvo, ki ga je mogoče zavreči. Roberto Casar razmišlja o bodoči suverenosti v mednarodnem civilnem letalstvu. Brendan Lord proučuje bodočo suverenost v mednarodnem civilnem letalstvu. Gre

za to, da imamo danes v suverenosti dve področji, ki se prekrivata: horizontalno in vertikalno zračno suverenost. Suverenost držav je omejena z mejami, ki določajo, kje se t. i. horizontalna suverenost neha. Horizontalne meje so bolj ali manj natančno določene (arbitraža v primeru Piranskega zaliva). Povsem nekaj drugega pa je vertikalna zračna suverenost. Zaradi tehnološkega napredka je težko določiti, do katere višine sega državna zračna suverenost. Prag te vertikalne zračne suverenosti je odvisen od interesa posamezne države ter seveda interesa in sposobnosti države, da to višino ubrani. Meja med zračnim in vesoljskim pravom pa odpira še številna druga vprašanja, še posebej zato, ker termina zračni prostor in letalo v Čikaški konvenciji nista jasno definirana.

Razvoj zračne suverenosti odpira številna in ne samo pravna vprašanja. Predvsem pa je odvisna od razvoja civilnega letalstva in pripravljenosti držav, da razmišljajo o zračni suverenosti kot eni od možnosti za povezovanje in napredek vsega sveta.



IRT 3000
INOVAČIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številok)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature

**UGODNOSTI ZA
NAROČNIKE REVIE**

Vsak novi naročnik prejme
majico in ovratni trak

NAROČITE SE! ☎ 01 5800 884 ✉ info@irt3000.si 🌐 www.irt3000.si/narocam



Na voljo tudi digitalna različica revije

WWW.IRT3000.COM

OGLAŠEVALCI

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana.....30 ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje.....9 ▶ FESTO, d. o. o., Trzin.....1, 76 ▶ HENNLICH, d. o. o., Podnart.....31 ▶ ICM, d. o. o., Vojnik.....17, 22, 23 ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija.....57 ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi.....63 ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana.....56 ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje.....1 ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....73 ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....1, 67 ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin.....1, 74 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.)
Novo mesto.....1 ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri.....1, 2 ▶ POMURSKI SEJEM, d. o. o., Gornja Radgona.....59 ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana.....1, 4 ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica.....19, 72, 75 ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana.....62 ▶ UL, Fakulteta za elektrotehniko.....13, 27 ▶ UL, Fakulteta za strojništvo.....8, 57 ▶ YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica.....49 ▶ ZAGREBAČKI VELESAJAM, d.o.o., Zagreb.....16 |
|--|--|

NOVE KNJIGE

- [1] Anonim: **Designers' Handbook for Electro Hydraulic Servo and Proportional Systems** – Četrta izdaja priročnika za projektiranje elektrohidravličnih servo- in proporcionalnih sistemov posreduje celo več koristnih informacij kot zelo uspešna predhodna tretja izdaja, ki je postala prava biblija elektrohidravlike. V obsegu preko 800 strani obravnava vprašanja, kot so:
- ▶ kako računati izgube tlaka v priključnih ploščah in krmilnih blokih,
 - ▶ kako analizirati in krmiliti mehanske obremenitve, vključno pri transportnih trakovih, trikotnih obremenitvah,

- ▶ dinamične lastnosti ventilov in načini njihovega vključevanja v krmilne sisteme,
- ▶ elektronska oprema s poudarkom na zaznavilih in oblikovalnikih krmilnih signalov ter
- ▶ mobilna oprema elektronskih sistemov, vključno z akumulatorji in napravami za njihovo polnjenje.

Če je certificiranje elektrohidravlike vaš končni cilj, je ta izdaja priročnika lahko osnova za njegovo pripravo. Naročilo: na spletnem naslovu: www.hydraulicspneumatics.com/Bookstore-O (izpolnite PDF-obrazec).

ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE

12. Internationale Fluidtechnische Kolloquium - IFK
12th International Fluid Power Conferenc
12. Mednarodni kolokvij o fluidni tehniki

09. – 13. 03. 2020 | Dresden, ZRN

Vodilna tema kolokvija:

- ▶ Fluid Power – Future Technology!
(Fluidna tehnika – tehnologija prihodnosti!)

Vzporedna prireditve:

- ▶ Razstava s srečanjem pod geslom:
Get Together-Abendt, 09. 03. 2020 v
Internationale Congress Center Dresden (ICC).

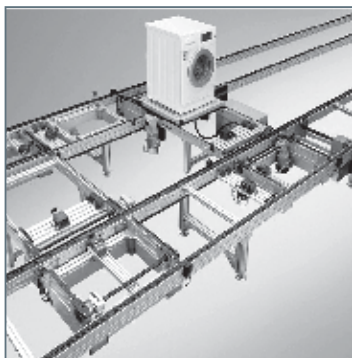
Informacije:

- ▶ www.ifk2020.com

Zanesljiv partner vaše proizvodnje



OLMA7
SINCE 1947

Rexroth**ORGATEX®****LEANPRODUCTS®****BOSCH****OPL**
automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.
Dobrave 2
SI-1236 Trzin, Slovenija
Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: info@opl.si
www.opl.si

ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] [Brezkontaktna zaznavala za mobilne stroje - www.novo-technik.de](http://www.novo-technik.de) (Kontaktlose Sensoren als Erntehelfer - O + P 63(2019)11-12, str. 40) - Pri merilnikih poti in zasukov se uporabniki pogosto odločajo za magnetna merilna zaznavala. Načelo delovanja s Hallovim efektom jim pri tem zagotavlja zanesljivo delovanje pri merjenju absolutnih vrednosti tudi v grobih okoljskih razmerah. So cenovno dostopni in primerni za uporabo pri mobilnih napravah in strojih na različnih področjih, kot so: gradbeništvo, rudarstvo, kmetijstvo itd.
- [2] [Hidravlično baliranje sena - www.kuhn-usa.com](http://www.kuhn-usa.com) - (Machine Automatically Wraps Silage Bales Using Hydraulic Power) - Računalniško krmiljen stroj za silažno baliranje sena uporablja hidravlični pogon in krmiljenje, ki omogoča učinkovit in hiter transport, nalaganje, ovijanje in razlaganje bal sena ali slame. Gre za balirni stroj, traktorski priključek, podjetja Kuhn North America, Brodhead, Wis., ZDA, z oznako SW4014. Za ogled delovanja stroja obiščite spletni naslov www.hydraulicspneumatics.com/bit.ly/HP1906Kuhn.
- [3] [Nove poti izobraževanja za hidravliko - www.fluid.de](http://www.fluid.de) - (Trompeter, R.: Fluid 52(2019)6 - str. 14) - Predstavljen je sodoben koncept izobraževanja za področje hidravličnih naprav in sistemov. Dobri strokovnjaki, ki se spoznajo na sodobno tehniko in tehnologijo delovanja pogonskih in krmilnih naprav, ki delujejo po načelih fluidne tehnike, so iz različnih vzrokov težko dosegljivi. Predstavljen je nov koncept njihovega usposabljanja z uporabo povezave e-učenja in praktičnega dela, ki naj bi pomembno izboljšal sedanje stanje.
- [4] [Obravnavanje dimenzioniranja delovnih valjev za natančno krmiljenje - www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com) - (Cylinder Sizing Considerations for Precision System Control) - Slabo delovanje fluidnotehničnih naprav je lahko posledica nepravilnega dimenzioniranja ali nepravilne vgradnje. Projektanti lahko povzročajo takšne napake, npr. s specificiranjem manjšega premera valja, da bi dosegli višjo hitrost aktuatorja. Takšna izbira povzroča tudi zmanjšanje zmogljivosti valja. V prispevku so podana navodila, kako se izogniti takšnim napakam. Obiščite spletni podnaslov: bit.ly/HPO519Cyl.Size.
- [5] [Pametne sestavine in vzdrževanje - www.fluid.de](http://www.fluid.de) - (Bechem, B.: Intelligente Helfer im Feld - Fluid 52(2019)6 - str. 25) - Pametne sestavine lahko zagotavljajo pravočasno preventivno vzdrževanje. Podjetje Camozzi je na lanskem Hannoversem sejmu med drugim predstavilo kiber-fizikalni sistem preventivnega vzdrževanja inteligentne proizvodnje in za to potrebne sestavine za izgradnjo IIoT s takšno nalogo. Predstavljene so vrste pametnih sestavin z vsemi potrebnimi podatki.
- [6] [Predmontaža hidravličnih cevovodov - www.hansa-flex.com](http://www.hansa-flex.com) - (Vormontage von Rohr- und Schlauchleitungen - Schlauch-Rohr-Schellen; O + P 63(2019)10, str. 34) - Predmontaža kovinskih in gibkih cevovodov je zahtevno opravilo. Klasične cevne objemke (nem.: Rohr-Schellen - SRS) so namenjene za pritrditev kovinskih cevi in gibkih cevovodov, pri tem jih je sočasno potrebno pridrževati in z orodjem pritrdjevati, lahko pa so v pomoč izvedbe Hansa-Flex SRS-objemke. Več o tem v prispevku.

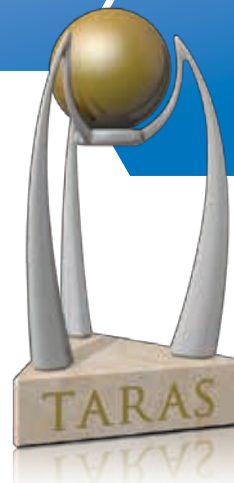
INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2020

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev 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.



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

Portorož, 8. in 9. junij 2020

www.forum-irt.si

Dogodek poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

Glavni pokrovitelj



Nacionalni pokrovitelj



Pokrovitelji



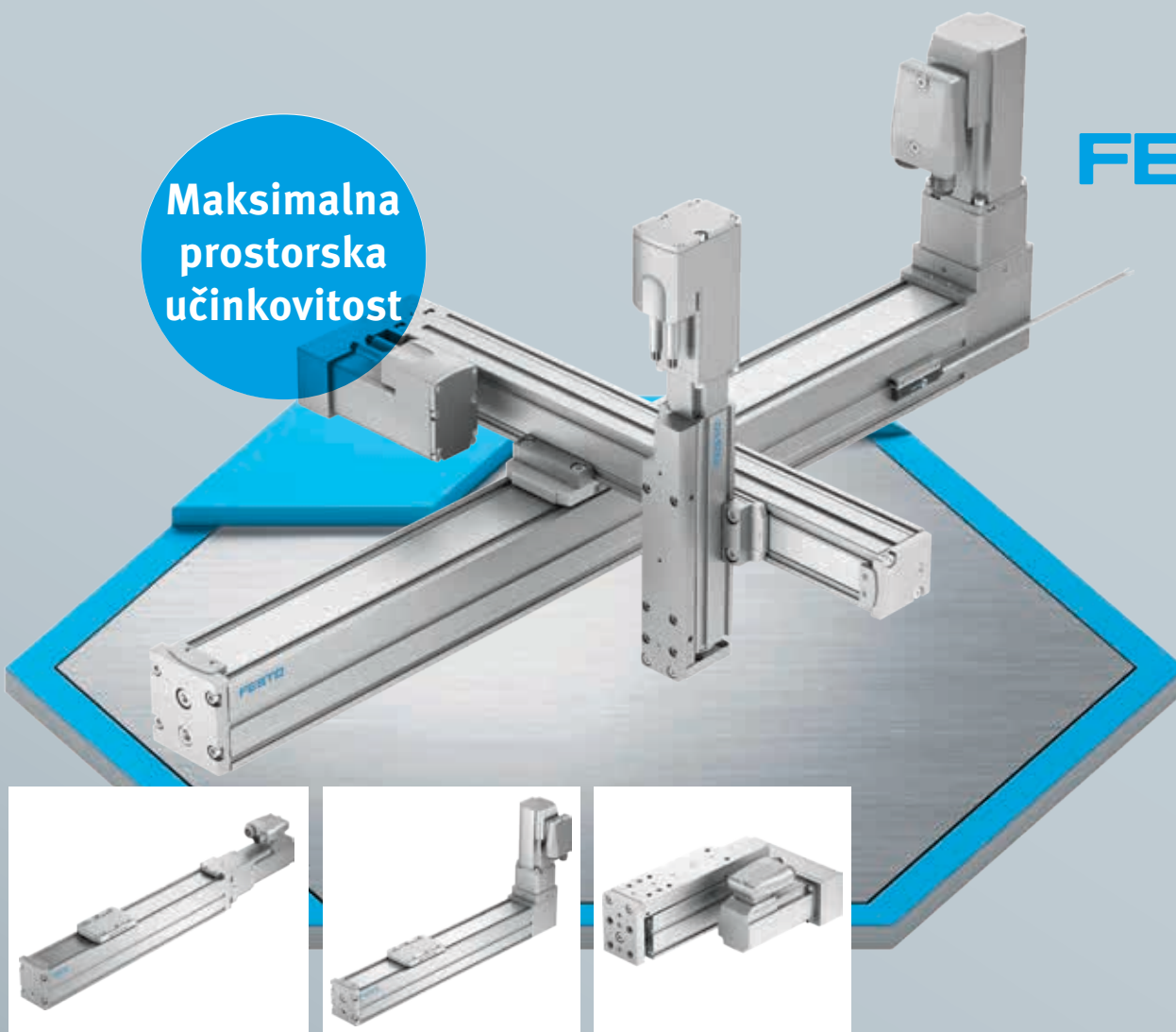
INDUSTRIJSKI
FORUM **IRT**
forum-irt.si

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01 5800 884 | faks: 01 5800 803
e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si | Organizator dogodka: PROFIDTP, d. o. o., Gradišče VI 4, 1291 Škofjica
Organizacijski vodja dogodka: Darko Švetak, darko.svetak@forum-irt.si

Električne linearne osi ELGC in mini vodila EGSC

Maksimalna
prostorska
učinkovitost

FESTO



Vi želite enostavno in gladko povezljivost?
Vi iščete trajne in združljive koncepte?
Mi povežemo sedanost s prihodnostjo

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

**Mehansko neomejena in ekstremno kompaktna montaža –
to je povezljivost Festo.**

Ko so v montažnih sistemih, testirnih in preskuševalnih sistemih, stregi majhnih delov, namiznih aplikacijah in elektronski industriji pomembne majhne dimenzije, ponujajo optimizirane in cenovno ugodne osi ELGC ter mini vodila EGSC optimalno razmerje vgradnih dimenzij in delovnega prostora strežnih sistemov. Vključno z edinstveno »one-size-down« montažo brez prilagoditvenih delov.

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766-947
sales_si@festo.com
www.festo.si