

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 25 / 2019 / 1 / Februar

Razvoj dvopotnega tokovnega ventila

Analiza dogodkovnih procesov

Vzdrževanje hidravličnih naprav

Hidravlika skozi čas

industrijska

olja in maziva



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

Parker

IMI
Precision Engineering

MIEL®
OMRON
www.miel.si



PPT commerce

HIDRAVLICNE NAPRAVE



Obdelovalni stroj



Hidromehanska oprema



Ladijski vitel

VSEŽIVLJENJSKO IZOBRAŽEVANJE



V zadnjih nekaj mesecih so slovenska informativna glasila namenila veliko pozornosti vseživljenjskemu izobraževanju. To je zelo pohvalno, ker v tako hitro se spreminjajočem svetu brez stalnega učenja ne gre. Kaj pa je pravzaprav vseživljenjsko izobraževanje? Najbolj preprosta in uveljavljena definicija pravi, da med vseživljenjska izobraževanja sodijo vsa izobraževanja, ki jih človek opravi po zaključku formalnega izobraževanja. Pri tem se pojavi kar nekaj vprašanj, kot so: kako se vodi ta evidenca in kako v ta način izobraževanja uvrstiti tiste, ki se učijo individualno, na primer iz strokovnih revij, v podjetju s pogovori s svojimi sodelavci pri reševanju problemov, ob nakupu novega pametnega telefona, z obiskovanjem sejmov in razstav. Nekateri temu ne rečejo vseživljenjsko izobraževanje, ampak vseživljenjsko učenje, kar je verjetno bolj prav.

Vsi, ki oblikujemo revijo Ventil, se trudimo, da naše bralce informiramo o novostih s področja tehnike in naravoslovja in da bralci lahko rečejo, da je to zanje neke vrste izobraževanje. Na strojniškem področju, na področju mehatronike, elektronike in še nekaterih drugih področjih, ki jih pokriva revija Ventil, to delamo že več kot dve desetletji. Prav s tega vidika je zelo pomembno, da take revije obstajajo, da so dostopne najširšemu krogu bralcev in da jih ljudje tudi prebirajo.

Ali v današnjem svetu za strojnika, elektronika, mehatronika in druge poklice s področja naravoslovja in tehnike obstaja kakšna druga pot kot vseživljenjsko izobraževanje? Ja, je, ampak samo tista, ki vodi v zastoj in propad.

Po objavah v slovenskih medijih je v Sloveniji v vseživljenjsko učenje vključenih relativno veliko državljanov. V starostni dobi med 35. in 49. letom se na primer vseživljenjsko izobražuje kar dobra tretjina našega prebivalstva. Od teh pa jih je kar dve tretjini vključenih v izobraževanje v svojem poklicu oziroma na delovnem mestu. To je z vidika revije Ventil zelo dobro in v primerjavi z drugimi evropskimi državami višje. V primerjavi z Združenimi državami Amerike pa malo. Tam se namreč celo življenje uči kar 73

odstotkov vseh odraslih ljudi. Z vidika naroda bi bilo potrebno, da se v vseživljenjsko učenje vključi čim več ljudi.

V podjetjih je zelo pomembno vseživljenjsko učenje od starejših delavcev, ki so svoje znanje pridobili z izkušnjami. Znanje, ki ga nekdo pridobi zveč desetletnim delom v podjetju, je neprecenljive vrednosti. Kako to znanje prenesti na mlajše, pa je velik problem. To še posebno velja za naša podjetja, v katerih se pogosto želijo starih delavcev znebiti takoj, ko izpolnijo pogoje za upokožitev. V normalnih državah starejše na odhod v pokoj »pripravijo«, jim ponudijo zelo različna sodelovanja z namenom, da znanje ostane v podjetju. Z delno zaposlitvijo starejših po upokožitvi veliko znanja ostalo v podjetju in na neformalen način prešlo na mlajše. Res je, da danes v dobi interneta mladi zelo hitro prehitijo starejše in da zelo hitro pridejo do znanja, vendar je na strojniškem področju zelo veliko znanja, ki se pridobi z izkušnjami in praktično ne zastari.

Predstavnica Svetovnega gospodarskega foruma pravi, da se bomo morali leta 2022 učiti 101 dan vsako leto, da bi lahko sledili tehnološkemu razvoju. To pomeni eno tretjino časa. Če to pretvorimo v delovne ure zaposlenega, pomeni skoraj polovico delovnega časa.

Vsi pa vemo, da danes v enem dnevu lahko pridobimo toliko informacij in tudi znanja, kot smo ga pred desetletji v celotnem življenju. To pa pomeni, da moramo izbirati, katera znanja so za nas pomembna.

Pri tako hitrem spreminjanju potrebnih znanj za življenje, za delo in zaslužek pa je vprašanje, kaj pri tem delajo formalne izobraževalne ustanove.

Če na primer klasičnatelna fakulteta študentom ne da dovolj sodobnega znanja za industrijo in za njen razvoj, bo ta ustanova prej ko slej izgubila pomen in tudi študente. To se v praksi dogaja. Kje je rešitev? Rešitev je relativno preprosta. Vsaka tehnična fakulteta se mora vključiti v vseživljenjsko učenje svojih diplomantov in tudi drugih, ki delajo na tem področju. Če smo bolj konkretni in navedemo predlog za Fakulteto za strojništvo v Ljubljani. Slednja bi morala spoznati, da danes slovenska industrija temelji le na nekaterih zelo učinkovitih in v svetu konkurenčnih proizvodnjah. Med te lahko štejemo učinkovito izrabo energije, kar je potreba vsake družbe, livarstvo, orodjarstvo in proizvodnjo delov mobilnih sredstev. Vseživljenjske učne programe za prej navedena področja bi morala sestaviti industrija. Program pa bi morali izvesti skupaj fakulteta in industrija. Obojestranska korist bi bila v takšni izvedbi neizmerna. To bi bilo dolgoročno sodelovanje med univerzo in industrijo – pravo vseživljenjsko izobraževanje in učenje.

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[®]



 INTERVJU	
Mehanik s predanostjo: prof. dr. Franc Kosel, univ. dipl. inž. strojništva	6
 DOGODKI • POROČILA • VESTI	14
 NOVICE • ZANIMIVOSTI	23
 HIDRAVLICNI VENTILI	
Jaka Čadež, Anže Čelik	
Razvoj dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem - 2. del	38
 ANALIZA DOGODKOVNIH PROCESOV	
Tadej Krivec, Dejan Gradišar, Miha Glavan, Gašper Mušič	
Obdelava kompleksnih dogodkov pri spremljanju proizvodnega procesa	46
 VZDRŽEVANJE HIDRAVLIKE	
Franc Majdič	
Vzdrževanje hidravličnih naprav - 3. del	54
 HIDRAVLIKA SKOZI ČAS	
Darko Lovrec	
Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas - 1. del: zgodnji začetki in prve črpalke	60
 PREDSTAVITEV	
Center za sodelujočo robotiko na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljana	70
Pametni ortopedski vsadki	72
 AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Kompaktni valj AEN-S/ADN-S (FESTO)	74
OMRON kolaborativni roboti serije TM (MIEL Elektronika)	75
Stäubli elektrokonektorji (STAUBLI)	77
 NOVOSTI NA TRGU	
Vakuumsko prijemalo Kenos® KVG (INOTEH)	78
 PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Prednosti linearnih vodil brez mazanja (HENNLICH)	80
 LETALSTVO - INTERVJU	
Branko Brodnik - intervju z letalskim zdravnikom	82
 LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA	
Nove knjige	77
Literatura - letalstvo	85

MEHANIK S PREDANOSTJO: PROF. DR. FRANC KOSEL, UNIV. DIPL. INŽ. STROJNIŠTVA

Dragica Noe

Zanj prav gotovo velja misel velikega Leonarda da Vincija: *Znanost o mehaniki je od vseh najbolj plemenita*. Svoje odlično znanje in ljubezen do matematike je uspešno združil v teoretičnih raziskavah na področju mehanike, elastomehanike, mehanike fluidov ter raziskavah gradiv, svoja dognanja pa potrjeval z eksperimentalnim delom. Kot pedagog je bil strog, vendar pravičen, kot kolega prešeren, vendar nekoliko po gorenjsko prepričan v svoj prav. Predvsem pa je zavzeto delaven.



Prof. dr. Franc Kosel

Ventil: Lani ste objavili knjigo o svoji življenjski poti, delu v stroki in znanosti ter prejeli nagrado za svoje življenjsko delo. Kakšni občutki vas pri tem navdajajo?

Prof. dr. Kosel: Najprej se vam lepo zahvaljujem za vaše povabilo na pogovor. Res je, konec leta 2018 je izšla moja knjiga, v kateri sem skušal na kratko opisati svojo življenjsko pot od rane mladosti do odhoda v, upam da, zasluženi pokoj. Kar zadeva nedavno priznanje Zveze strojnih inženirjev Slovenije bi

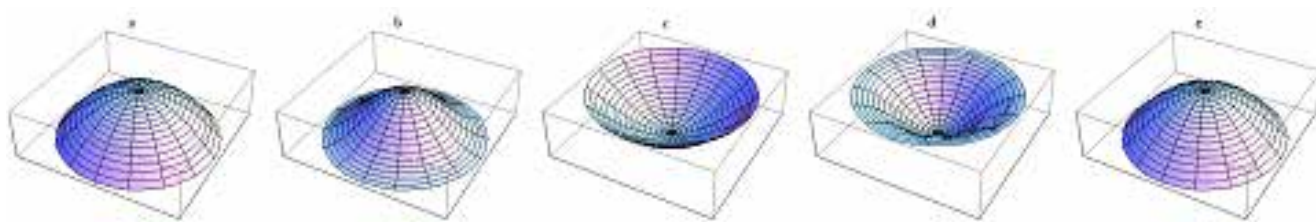
dodal, da nikoli nisem spodbujal okolice, da bi me predlagala za kakšno priznanje ali nagrado, tako da sem bil še toliko bolj vesel tega priznanja, saj mi potrjuje, da sem v svoji akademski karieri uspešno razvijal področje mehanike v strojništvu.

Ventil: V knjigi ste podrobno predstavili svojo življenjsko pot od vajenca v tekstilni tovarni do uglednega profesorja na zahtevnem področju strojništva. Ali menite, da vas je ta pot izoblikovala v zavzetega raziskovalca in skoraj deloholika?

Prof. dr. Kosel: Vajeništvo iz kovinske stroke sem opravljal v tovarni tekstilnih strojev in naprav Koviinar iz Kranja. Delovni teden je bil šest dni, le nedelja je bila dela prosta. Da sem prišel pravočasno v tovarno na prakso, ki se je pričela ob šesti uri, sem moral zjutraj vstati najkasneje ob pol štirih, domov pa sem se vračal okoli petih popoldne. Če sedaj razmišljam, bi lahko pritrnil, da sta me že vajeništvo in tudi delo doma na kmetiji zelo utrdila in verjel sem, da je za uspeh potrebno trdo delati. V času študija sem se preživljal z inštruiranjem matematike ter bil tudi demonstrator pri matematiki. Raziskovalnemu delu in delu s študenti sem posvetil veliko časa, pogosto sem se po kosilu vračal na fakulteto in delal tudi do desete ure zvečer. Lahko bi pritrnil, da me je življenjska pot izoblikovala v zavzetega raziskovalca in verjetno tudi deloholika.

Ventil: V tem pogovoru želimo nekoliko obsežneje predstaviti vaše znanstvene, strokovne in pedagoške dosežke, ki so najbrž bili tudi osnova za podelitev nagrade Zveze strojnih inženirjev Slovenije za življenjsko delo v letu 2018. Lahko nekoliko osvetlite področja svojega znanstvenega delovanja?

Prof. dr. Kosel: Svoje znanstveno in raziskovalno delo sem usmerjal na področje nelinearne mehanike gradiv in konstrukcij. Problematiko sem obravnaval



Slika 1: Parabolična lupina ob dvosmernem preskoku sistema

tako s stališča nelinearne zveze med obremenitvenim in premičnim stanjem, kamor sodijo raziskave statičnih, dinamičnih, stabilnih in nestabilnih stanj vitkih konstrukcijskih elementov in vitki konstrukcijski elementi in konstrukcije, ki delujejo na osnovi preskoka sistema, ter nosilnost konstrukcijskih elementov v nadkritičnem področju. Nadalje sem raziskoval mehanska stanja s stališča nelinearne zveze med tenzorjema napetosti in deformacij, kot je na primer nosilnost konstrukcijskih elementov v elasto-plastičnem območju. Proučeval sem tudi mehanska in premična stanja konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiv, ki imajo lastnost faznih transformacij pri temperaturnih obremenitvah. Določal sem tudi napetostna, deformacijska in geometrijska stanja konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiv z utrjevalnim reološkim modelom, ki so v obremenjenem stanju v elasto-plastičnem območju. Mehanska stanja sem proučeval tako v obremenjenem stanju kakor tudi po razbremenitvi.

Zelo zanimivo področje, s katerim sem se tudi ukvarjal, so raziskave mehanskih stanj konstrukcijskih elementov, ki so izdelani iz gradiv z oblikovnim spominom. Študij različnih geometrijskih stanj konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiv z oblikovnim spominom, ki so izpostavljeni različnim zunanjim obremenitvam in temperaturam, se nanaša na izkoriščanje oblikovnih spominskih lastnosti teh gradiv za transformacijo toplotne energije v mehansko delo. Ta gradiva se med drugim uporabljajo za izdelavo vitalnih elementov v mehanizmih in aktuatorjih, za izdelavo regulacijskih elementov ter za uporabo teh gradiv na različnih področjih v medicini.

Raziskave na področju nelinearne mehanike obremenitvenega kolektiva fluid-deformabilno telo so bile usmerjene v geometrijsko optimizacijo lopatic vodilnikov reverzibilne vodne turbine, aksialnih in radialnih turbopuhala s stališča optimalne mase in izkoristka ter geometrijsko optimizacijo stabilnosti vitkega aeroprofila v fluidnem toku.

Pri raziskavah na področju nekovinskih kompozitnih gradiv je bil cilj določiti optimalno število plasti, vrsto gradiva in orientacijo vlaken posameznega sloja glede na obliko in način obremenitve konstrukcijskega elementa ter napake v večslojnih kompozitnih konstrukcijskih elementih in problem razslojevanja. Sem sodijo tudi statične in dinamične raziskave neprebojnih plošč in lupin.

Pri znanstvenem in raziskovalnem delu sem sodeloval s člani Laboratorija za nelinearno mehaniko in seveda tudi s številnimi raziskovalci, ki so pod mojim mentorstvom dosegli naziv magister ali doktor tehničnih znanosti s področja strojništva. Sodeloval sem tudi z drugimi raziskovalci Fakultete za strojništvo v Ljubljani in Mariboru ter tudi z drugih fakultet in univerz. Še posebno plodno je bilo dolgoletno sodelovanje s prof. dr. Ladislavom Koscem z Naravoslovnotehniške fakultete. Raziskovala sva vpliv dinamičnega temperaturnega polja na življenjsko dobo gradiv za delo v vročem, zaostale napetosti v strojnih elementih po toplotni in mehanski obdelavi, pri določanju mehanskih stanj v toplotno in mehansko statično in dinamično obremenjenih gradivih, ki predstavljajo mikromehanske obremenitvene kolektive, kot so na primer razpoke v heterogenem gradivu, ali vpliv oksidnih klinov in drugih vključkov v osnovni matrici gradiva.

Ventil: *Katero vaše raziskovalno in znanstveno delo je še posebej pomembno za stroko?*

Prof. dr. Kosel: Pravzaprav je vsako uspešno znanstveno in raziskovalno delo na področju mehanike, ki predstavlja možnost razvoja novih izdelkov, pomembno za strojništvo. Zato bi omenil le z mojega zornega kota nekaj najzanimivejših raziskav.

Razvoj mehanike, ki omogoča popis mehanskega stanja pri ovirani povračljivosti v ravninskih konstrukcijskih elementih, izdelanih iz gradiv z oblikovnim spominom, pomeni možnost širše uporabe teh gradiv na raznih področjih tehnike in medicine.

Razvoj neprebojnih plošč in lupin, izdelanih iz nekovinskih kompozitnih gradiv, omogoča širšo uporabo na področju zaščitnih sredstev, ki preprečujejo penetracijo krogel in drugih izstrelkov.

Prav tako je za stroko pomemben razvoj mehanike na področju opisa mehanskih stanj vitkih konstrukcijskih elementov, ki delujejo na principu preskoka sistemov (*slika 1*).

Ventil: *Objavili ste številna znanstvena dela. Jih lahko razvrstite v posamezna področja?*

Prof. dr. Kosel: Samostojno in v soavtorstvu sem objavil v domačih in mednarodnih revijah in na kon-

ferencah doma in v tujini skupno okoli petsto dvajset znanstvenoraziskovalnih in strokovnih del.

Obe deli, magisterij leta 1973 in doktorat leta 1974, sodita na področje geometrijsko nelinearne, snovno pa linearne mehanike. Ta del mehanike omogoča obravnavo enoslojnih in večslojnih, enkrat in večkrat povezanih enoosnih, ravninskih ter lupinastih konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiva z izotropnim ali ortotropnim reološkim modelom. Pri tem je bilo treba raziskati ravnotežna stanja na deformiranem sistemu. Sem sodijo vitke nosilne konstrukcije, ki delujejo v podkritičnem ali v nadkritičnem območju, in vitalni elementi mehanizmov, ki delujejo na principu preskoka sistema kot posledica temperaturnih ali mehanskih obremenitev.

Naslednje področje predstavljajo dela, pri katerih je bilo potrebno uporabiti geometrijsko linearno, snovno pa nelinearno mehaniko. V tem primeru so konstrukcijski elementi izdelani iz gradiv z linearno ali nelinearno utrjevalno karakteristiko kot posledico generacije dislokacij v gradivu. Sem sodijo tehnološki problemi večkratnega plastičnega preoblikovanja in določanje končnega premičnega stanja po razbremenitvi.

Kar nekaj mojih mednarodnih objav je s področja gradiv z oblikovnim spominom. Ti elementi so fleksibilni in se mehansko preoblikujejo v martenzitnem stanju, pod vplivom temperaturnih obremenitev pa martenzit preide v avstenit, ob tem pa geometrija elementa preide v prvotno obliko, ki jo je element imel pred preoblikovanjem v martenzitnem stanju.

S področja mehanike fluidov bi omenil nekaj del, ki obravnavajo probleme geometrijske optimizacije aeroprofilov, deformabilnih letalskih kril in turbopuhhal v fluidnem toku.

Lahko bi omenil tudi več objav s področja toplotno obremenjenih konstrukcijskih elementov, kot so vezani termomehanski problemi, kjer se zaradi dinamične zunanje mehanske obremenitve generira v elementu temperatura kot posledica notranjega trenja. Obravnavana sta pojav in širjenje razpok na orodjih za delo v vročem in konstrukcijah, ki so izpostavljene toplotni in mehanski dinamični obremenitvi, kjer se po pojavu mikrorazpok takoj prične tvoriti oksidni klin in mehanizem širjenja razpok postane intenzivnejši.

Ventil: Katera dela so v svetovnem merilu dosegla največ zanimanja?

Prof. dr. Kosel: Na osnovi odzivov, ki jih še vedno prejemam po internetni aplikaciji Research Gate, je mnogo člankov, kjer sem avtor ali soavtor, aktualnih v svetu na področju strojništva in mehanike. Še posebno zanimanje je za članke iz mehanike konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiv z utrjevalno



Slika 2 : Mobilne drobilne naprave

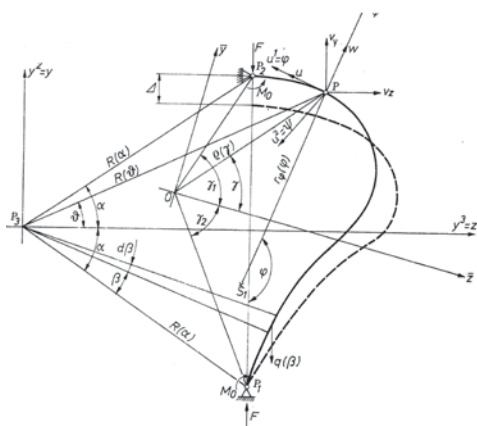
karakteristiko, in članke, ki opisujejo mehaniko konstrukcijskih elementov, ki delujejo na principu preskoka sistema, ter konstrukcijskih elementov, ki so izdelani iz gradiv z oblikovnim spominom.

Ventil: Vemo, da ste v celotnem aktivnem obdobju sodelovali tudi z različnimi podjetji in inštituti. Katera strokovna dela bi izpostavili v svojem opusu?

Prof. dr. Kosel: Moje strokovno delo je temeljilo predvsem na sodelovanju s slovensko industrijo in njihovimi razvojnimi oddelki in inštituti.

Že v okviru svoje diplomske naloge sem skupaj z mentorjem prof. dr. Markom Škerljem sodeloval pri uspešni sanaciji Francisove turbine za takratno tovarno Litostroj. Kasneje sva sodelovala še pri projektiranju drobilnih naprav za podjetje Rudis. Dimenzionirala sva nosilno konstrukcijo za mobilne drobilne naprave za površinski kop v kraju Potočari blizu Djurdjevika v Bosni in Hercegovini, ki so jih konstruirali ter izdelali v Strojnih tovarnah Trbovlje (slika 2).

Naslednji zanimiv projekt za industrijo je bil razvoj smuči za tovarno športnega orodja Elan iz Begunj na Gorenjskem. Sodelovati smo pričeli že v letu 1977. Nekaj študentov je v okviru tega sodelovanja delalo svoje diplomske naloge. Spoznanja v tovarni, da se med vožnjo v zavojih smučka najbolje obnaša, če po vsej dolžini nalega na podlago – sneg, so botrovala razvoju tako imenovane *carving* smučke.



Slika 3: Opis mehanskega stanja pri dimenzioniranju na trajno dinamično trdnost vitalnega preklopnega elementa mikrostikala



Slika 4: Optimizirano pero mikrostikala

Sodeloval sem še v številnih drugih projektih, kot so:

- ▶ razvoj vojaške čelade iz nekovinskih kompozitnih gradiv;
- ▶ dimenzioniranje in izdelava statičnega izračuna za nosilne konstrukcijske elemente bivalnih kontejnerjev za ekstremne pogoje bivanja od $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ pozimi in poleti do $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mehanska analiza je bila izdelana po takratnih GOST-standardih (Rusija);
- ▶ kontrola mehanskega stanja strojne opreme v radiju 50 m okoli atomskega reaktorja v okviru nostrifikacije strojne opreme jedrske elektrarne Krško po standardih dobavitelja opreme Westinghouse;
- ▶ geometrijska optimizacija preklopnega peresa mikrostikala, ki mora po standardu zdržati milijon preklopov, za tovarno Iskra iz Kranja (slika 3 in 4);
- ▶ izboljšanje mehanizma avtomatske varovalke tako, da se je čas odklopa skrajšal za okoli 30 %, to je iz $6 \cdot 10^{-4}$ na $4 \cdot 10^{-4}$ sekunde za tovarno Eti iz Izlake;
- ▶ dimenzioniranje večjega števila cilindričnih posod večjih nosilnosti, to je silosov, ki delujejo ali v nadtlaknem ali pa v podtlaknem območju;
- ▶ izdelava študije vzrokov porušitve silosa nosilnosti 500 ton za sodišče;
- ▶ sodelovanje pri razvoju visokoprostorskih hladilnikov brez prečne vezi.

Notranji upogibni moment

$$M^{ij} = DG^{ijkl} \kappa_{kl} + BH^{ijkl} \varepsilon_{kl}$$

Diferencialni enačbi za določitev mehanskega stanja v trenutku preskoka sistema

$$w = - \frac{\partial u(\sigma)}{\partial \varphi} = - u'(\varphi)$$

$$u''''(\varphi) + u'(\varphi) - \frac{r'(\varphi)}{r(\varphi)} [u''(\varphi) + u(\varphi)] = \frac{r_{\varphi}^2 M_{\varphi}}{E(\varphi) \mathcal{J}(\varphi)}$$

Ventil: Kot pedagoga so vas študenti še posebej cenili. Za strojnika zahtevna področja mehanike ste jim podajali z lahkoto in zagnanostjo. Kje ste našli navdih za to?

Prof. dr. Kosel: Kot sem že omenil, sem kot študent inštruiral matematiko. Že takrat sem začutil, da z veseljem poučujem predmete, za katere je potrebno znanje matematike. Po opravljenem izpitu z odlično oceno iz matematike sem na povabilo profesorja postal demonstrator. Študentom sem takrat in pozneje vedno skušal na čim bolj pregleden način predstaviti in deducirati razmeroma zahtevno teorijo mehanike s kredo na tablo z vsemi izpeljavami. Študentje so takšen pristop zelo spoštovali, tako da sem ob 70-letnici Univerze v Ljubljani dobil tudi priznanje na predlog študentov Fakultete za strojništvo.

Kot asistent sem vodil vaje pri predmetih Mehanika in Višja matematika na rednem in izrednem študiju v Ljubljani. Kasneje sem z izvolitvijo v naziv univerzitetnega učitelja predaval Elasto- in Plastomehaniko ter Trdnost, občasno pa tudi predmet Višja matematika v dislociranih centrih. V kasnejšem obdobju sem bil nosilec ali sonosilec več predmetov na visokošolskem strokovnem študiju: Tehniška mehanika I, Trdnost nekovinskih kompozitov v elasto-plastičnem področju, Tehniška mehanika III, na smeri Letalstvo pa predmet Lahka gradnja v letalstvu.

Na univerzitetnem študiju sem bil nosilec ali sonosilec naslednjih predmetov: Trdnost, Mehanika fluidov, Višja trdnost, Stabilnost konstrukcij, Termomehanika, Trdnost nekovinskih konstrukcij.

Na drugi stopnji novega bolonjskega študija je Katedra za mehaniko pod mojim vodstvom uvedla smer Mehanika gradiv, sistemov in procesov. Na to smer magistrskega študija se je prijavilo v vsaki generaciji med dvajset in petindvajset študentov. Smer je ena zahtevnejših na Fakulteti za strojništvo.

Študentje naj bi na tej smeri pridobili znanja, s katerimi bi bili sposobni reševati tudi najzahtevnejše probleme v strojništvu.

Napisal sem tudi dva učbenika, in sicer Trdnost : Zbirka rešenih nalog in Višja trdnost : Zbirka rešenih nalog.

Ventil: Bili ste mentor številnim diplomantom. Katera področja mehanike so v glavnem obravnavali v svojih diplomskih delih in kašno je bilo vaše sodelovanje z njimi? Ali so bile teme povezane s proizvodnjo?

Prof. dr. Kosel: Pod mojim mentorstvom je skupno diplomiralo okoli dvesto študentov, to je na visokošolskem, univerzitetnem in novem bolonjskem magistrskem študiju. Trije med njimi so prejeli tudi Prešernovo nagrado.

Teme diplomskih nalog so bile povezane z reševanjem praktičnih problemov za industrijo. Pogosto so študentje predlagali svojo temo, ki so jo dobili v tovarni, ki jih je štipendirala. Zaradi tega so bile teme diplomskih nalog iz širokega spektra strojništva in mehanike. Ker diplomska naloga predstavlja zaključeno delo, so morali diplomanti na osnovi zunanjih obremenitev vedno najprej izračunati s sredstvi mehanike notranje veličine stanja, nato pa določiti dimenzije bodoče konstrukcije. Teme nalog so bile tako s področja snovno ali geometrijsko linearne ali nelinearne mehanike. Konstrukcijski elementi pa so bili lahko obremenjeni tako s statičnimi kot z dinamičnimi mehanskimi in/ali termičnimi obremenitvami. Sem sodijo razmeroma zahtevni problemi določanja mehanskih stanj konstrukcijskih elementov po teoriji velikih premikov, elementov iz gradiva z oblikovnim spominom, dimenzioniranje in analiza premičnega stanja po razbremenitvi elementov v elastoplastičnem območju, izdelanih iz gradiva z utrjevalno karakteristiko. Zelo zahtevne diplomske naloge so bile tudi s področja dimenzioniranja in oblikovanja geometrije slalomskih smuči. Z ozirom na to, da sem na univerzitetnem študiju predaval tudi predmet Mehanika fluidov, na letalskem oddelku pa predmet Lahka gradnja v letalstvu, je bilo kar nekaj tem s področja letalstva.

Ventil: Bili ste tudi mentor 28 doktorandom (po COBISS-u). To je zelo veliko število. Prav gotovo je mentorstvo zahtevalo veliko zavzetega dela. Kako so nastale ideje za teme doktorskih disertacij in v kakšni meri so bile povezane z vašim znanstvenim delom?

Prof. dr. Kosel: Posebej veliko svojega časa sem posvetil podiplomskemu študiju, kjer sem bil nosilec ali sonosilec naslednjih predmetov: Elasto- in termomehanika, Nelinearna mehanika gradiv, Stabilnost, Snovanje in optimiranje konstrukcij, Numerične metode in Eksperimentalna mehanika.

Pod mojim mentorstvom je naziv magister tehničnih znanosti doseglo 15 podiplomskih študentov in naziv doktor tehničnih znanosti 28 kandidatov. Večkrat pa sem bil tudi somentor tako na dodiplomskem kakor tudi na podiplomskem in doktorskem študiju.

Veliko doktorskih tem je bilo povezanih z mojim znanstvenoraziskovalnim delom, zlasti s področij geometrijsko in snovno linearne in nelinearne mehanike, kot so problemi stabilnosti enoslojnih in večslojnih konstrukcijskih elementov, preskok sistema lupin, geometrijska optimizacija v elastičnem in elastoplastičnem območju, mehanika spremljanja procesa preoblikovanja elementov v plastičnem območju. V zadnjem času so bile zelo zanimive teme tudi s področja določanja mehanskih stanj konstrukcijskih elementov, izdelanih iz gradiv z oblikovnim spominom, saj je bilo na tem področju v svetu objavljenih malo raziskav. V laboratoriju za nelinearno mehaniko smo imeli ustrezno opremo, s katero smo lahko uspešno preverjali analitično določene rezultate. Nekatere teme doktorskih nalog so bile določene na osnovi želje tovarn, kjer so bili doktorandi v delovnem razmerju, seveda je bila tema določena tako, da je vsebovala prispevek k znanosti na določenem področju.

Kar nekaj mojih doktorandov je kasneje pridobilo pedagoške nazive od docenta do rednega profesorja na Univerzi v Ljubljani, pa tudi izven Slovenije (slika 5).

Ventil: Kakšna je pri tem vloga mentorja?

Prof. dr. Kosel: Moje mnenje je, da je mentorjeva naloga doktorandu predstaviti problematiko teme, predlagati in predpisati literaturo in izpiti ter ga po opravljenih izpitih pri delu na nalogi sproti spremljati, mu svetovati in ga spodbujati. Poudaril bi, da je zelo pomembno sprotno spremljanje in da nikoli ne sme biti škoda časa za to. Ko doktorand po analitični ali numerični poti določi ustrezne rezultate,



Slika 5 : Predavanje prof. Kosela na fakulteti v mestu Chongqing (Kitajska), kjer je zaposlen prof. dr. Jin Chen, njegov doktorand

mu mentor svetuje, lahko pa mu v svojem laboratoriju omogoči tudi preverjanje rezultatov po eksperimentalni poti. Ko se analitično ali eksperimentalno potrdi pravilnost rezultatov, mu mentor svetuje, v kateri mednarodni reviji naj bi se delo objavilo, saj je objava v kredibilni mednarodni reviji eden od pogojev za pristop doktoranda k uradnemu zagovoru pred doktorsko komisijo.

Ventil: *Nosilno področje revije Ventil je fluidna tehnika. Ste v svojem strokovnem in znanstvenem delu raziskovali tudi na področju fluidov?*

Prof. dr. Kosel: Na področju fluidne tehnike sem se ukvarjal s temami, vezanimi na probleme v letalstvu in na vodnih in zračnih napravah. Tako je bilo pod mojim mentorstvom izdelanih več diplomskih nalog s področja leta letala in helikopterja ter analize aerodinamičnih lastnosti profila kril in rotorjev v podin nadzvočnem toku. Izdelane so bile tudi nekatere doktorske naloge, ki so obravnavale geometrijsko optimizacijo stabilnosti vitkega aeroprofila v fluidnem toku in geometrijsko optimizacijo elementov turbopuhala in lopatic vodilnika reverzibilne vodne turbine.

Ventil: *Bili ste predstojnik Katedre za mehaniko. Lahko opredelite osnovne smernice dela na katedri in v laboratoriju?*

Prof. dr. Kosel: Katedra za mehaniko je bila sestavljena iz Laboratorija za nelinearno mehaniko, Laboratorija za numerično modeliranje in simulacije ter Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij. Organizirana je bila tako, da je imel vsak član svoje zadolžitve, predvsem v okviru posameznega laboratorija.

Da sem lahko za vse svoje predmete uvedel laboratorijske vaje, ki jih pred tem pri večini predmetov s področja mehanike ni bilo, sem ustanovil Laboratorij za nelinearno mehaniko. Izdelali smo koncepte in programe vaj, na tej osnovi pa izdelali načrte za preizkuševališča za vse laboratorijske vaje pri posameznih predmetih ter zbrali sredstva in nato preizkuševališča tudi izdelali. Dopolnili smo študijske programe in, kar je bilo morda še najbolj zahtevno, pri Republiški izobraževalni skupnosti pridobili dodatna sredstva za izvedbo laboratorijskih vaj, saj so vaje, pri katerih so študenti aktivno sodelovali, potekale v majhnih skupinah. Da smo lahko izvajali vse laboratorijske vaje na fakulteti, smo v okviru laboratorija izdelali tudi lasten nizkoturbulenten računalniško voden vetrovnik (slika 6).

Vodje laboratorijev so samostojno skrbeli za uspešno delo, tako da je bila katedra v okviru fakultete uspešna. Pedagoško delo znotraj katedre je bilo razdeljeno glede na strokovno področje posameznega laboratorija in tako, da so bili pedagoški delavci uravnoteženo pedagoško obremenjeni.



Slika 6 : *Doma izdelan vetrovnik za vaje in raziskave*

Ventil: *Več let ste bili predstojnik Oddelka za letalstvo. Kako vidite vlogo tega oddelka za slovenski prostor?*

Prof. dr. Kosel: Predstojnik Oddelka za letalstvo sem bil kakih petindvajset let. To nalogo sem prevzel, ko se je izr. prof. dr. Dominik Gregl upokojil. Sedaj je delo prevzela mlada generacija, ki ima znanje in izkušnje.

Z zgodovinskega stališča lahko trdim, da je Slovincem letalstvo v krvi. Edvard Rusjan je bil prvi slovenski letalec. Prvič je poletel na področju Malih Rojc v okolici Gorice 25. novembra 1909 z dvo-krilnim letalom lastne konstrukcije EDA I, ki ga je zgradil skupaj s svojim bratom. Oddelek je ustanovil zelo ugleden profesor mehanike na Univerzi v Ljubljani akademik prof. dr. Anton Kuhelj, ki je v takratni Jugoslaviji konstruiral kar nekaj manjših letal. Zaradi tega menim, da je lahko Fakulteta za strojništvo v Ljubljani ponosna, da ima Oddelek za letalstvo. Znani dogodki v zvezi z letališči in letalskimi podjetji v Sloveniji so sicer vplivali na zmanjšanje vpisa študentov na oddelek, vendar mislim, da se bo število študentov na oddelku v prihodnje zopet povečalo.

Ventil: *Kakšni so bili uspehi tega oddelka na znanstvenem in strokovnem področju?*

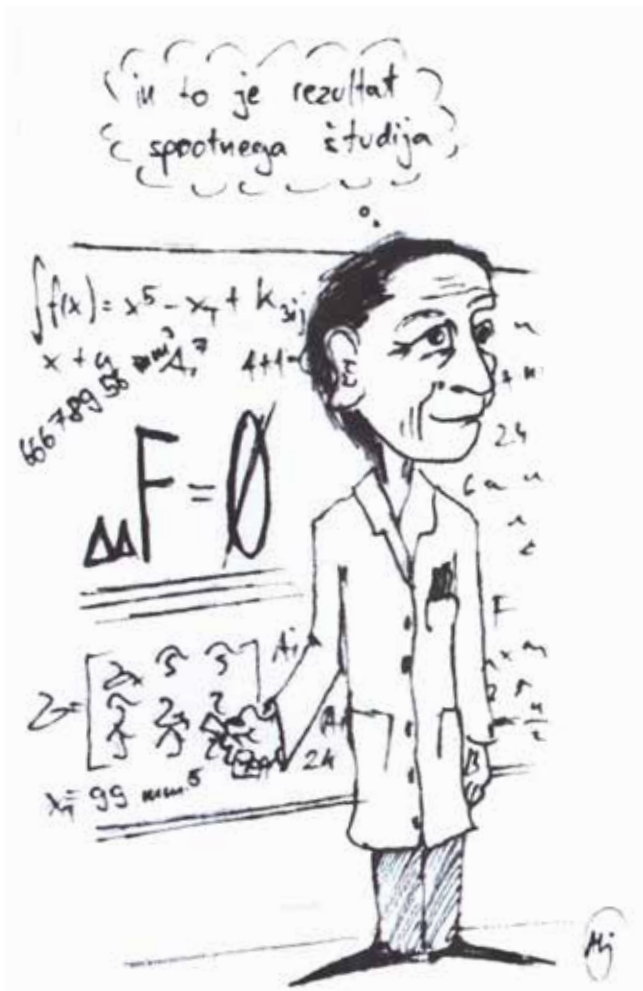
Prof. dr. Kosel: Mnogo diplomantov Oddelka za letalstvo je kasneje opravilo razmeroma zahteven izpit za pridobitev licence za pilotiranje potniških letal. Po ustanovitvi Laboratorija za aeronavtik, ki smo ga opremili z računalniško vodenim strojem za obdelavo kompozitnih gradiv, so študentje oddelka za del laboratorijskih vaj zadnjih nekaj let vsako leto oblikovali trupe in krila brezpilotnih daljinsko vodenih letal in pričeli tekmovali na mednarodnem tekmovanju Design/Build/Fly v Združenih državah Amerike. Na tekmovanje je vedno odšla ekipa okoli dvajsetih študentov letalske smeri. Bistvo tekmovanja je, da ekipa skonstruira in izdelava letalo po zahtevah, ki jih na novo objavi organizator. Prvega septembra vsako leto organizator predstavi nove

zahteve, ki so vedno drugačne. Vsako daljinsko vodeno letalo mora opraviti štiri naloge, pomembne so čim manjša masa letala, tehnične rešitve, nosilnost, pravilna moč pogona in drugo.

V letu 2015 je bila naša ekipa osmič na tekmovanju v Tucsonu, Arizona. V ekipi je bilo 20 študentov in mentor. Dosegli so prvo mesto v konkurenci 84 ekip z vsega sveta. Uspeh naših študentov je bil objavljen tudi v slovenskih medijih.

Ventil: Na Fakulteti za strojništvo ste opravljali več pomembnih funkcij. Katera je po vašem mnenju glavno poslanstvo univerzitetnega profesorja, znanstvenika in pedagoga?

Prof. dr. Kosel: Res je, na fakulteti sem bil okoli petindvajset let predstojnik Katedre za mehaniko in predstojnik Oddelka za letalstvo ter okoli dvajset let tudi vodja Laboratorija za nelinearno mehaniko. Bil sem član Inštituta za matematiko, fiziko in mehaniko (INFM) in dve mandatni obdobji dekan Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Med pomembnejšimi nalogami bi omenil večletno predsedstvo v Podiplomski komisiji, ki se je kasneje preoblikovala



Tako so prof. Kosela videli študenti pri predavanjih, vir: študentko glasilo ŠRAUF

Opus: 125 izvirnih znanstvenih člankov, objavljenih v revijah doma in v tujini, 277 objav na konferencah, 110 poročil o raziskovalnih delih, izvedenih projektih in elaboratih, dva patenta, mentor 200 diplomantom, mentor 15 magistririjev, mentor 28 doktorandom, član uredništev revij, programskih konferenc.

v Komisijo za doktorski študij. V času dekanovanja sem bil član Senata na Univerzi v Ljubljani, član Doktorske komisije in Komisije za inovacije. Bil pa sem tudi dvanajst let predsednik skupščine združenja strojnih fakultet Jugoslavije. Po mojem mnenju je najpomembnejše poslanstvo profesorja vzgoja mladih ljudi v odgovorne in znanja polne inženirje in doktorje znanosti, ki bodo kasneje v industriji ali akademskih krogih postali nosilci razvoja novih konkurenčnih izdelkov.

Ventil: V zadnjem obdobju se je upokojilo veliko število pedagogov na FS. Občutek imamo, da bo v delu nastala vrzel. Ali menite, da bi njihovo sodelovanje pri znanstvenem in pedagoškem delu pripomoglo k bogatejšemu in uspešnejšemu delu? Še posebno, ker jih je še veliko v dobri življenjski kondiciji.

Prof. dr. Kosel: Mislim, da s tem Slovenija na področju kakovosti znanstvenoraziskovalnega dela izgublja, saj bi mnogo profesorjev, ki so morali oditi v pokoj zaradi znanega zakona o uravnoteženju javnih financ, z veseljem sodelovalo z mlajšo generacijo pri posredovanju svojih izkušenj.

Ventil: Po zaključku aktivne kariere si veliko ljudi izbere kakšne konjičke. Kam boste usmerili svojo delovno energijo, saj verjamem, da je imate še dovolj?

Prof. dr. Kosel: Z ženo sva se preselila na Gorenjsko, kjer sem si še v času službovanja sezidal hišo v naravi. Imava sadovnjak, njivo in nekaj gozda, tako da se sedaj ukvarjava predvsem z minikmetijstvom. Lahko bi rekel, da je vse, kar pridelava, biološko nepoporečno in s tem, upam, tudi bolj zdravo. Najini pridelki pa so predvsem zelenjava, sadje, sadni sok in žganje.

Ventil: Hvala za vaše odgovore in mnenja. Upamo, da boste v pokoju še naprej ustvarjalni in da boste morda pripravili kakšen članek za revijo Ventil.

Prof. dr. Kosel: Morda se bo v prihodnjih letih kaj koristnega še zapisalo tudi na področju, ki bi bilo zanimivo tudi za bralce revije Ventil.

Izr. prof. dr. Dragica Noe
Uredništvo revije Ventil
UL, Fakulteta za strojništvo

MEDNARODNI

INDUSTRIJSKI SEJEM 2019

Celjski sejem
9.–12. april 2019

- Najpomembnejši proizvajalci in nosilci ključnih blagovnih znamk
- Premierne predstavitve novih dosežkov industrije
- Največji v regiji!

FORMA TOOL – orodjarstvo in strojegradnja
VARJENJE IN REZANJE
MATERIALI IN KOMPONENTE
NAPREDNE TEHNOLOGIJE

Medijski partner



www.ce-sejem.si



CELJSKI SEJEM

Z DIGITALIZACIJO DO NOVE DODANE VREDNOSTI

Tomaž Perme

Nove tehnologije ponujajo še nikoli videne tržne priložnosti. To velja še toliko bolj za digitalizacijo na področju izdelave strojev in naprav. Pri tem je cilj podjetja Festo podpreti in spremljati uporabnike in partnerje na poti v digitalno dobo. V sozvočju s tem so bile tudi glavne teme 17. Festove tehniške novinarske konference, ki je bila v začetku decembra v Delftu na Nizozemskem, usmerjene v digitalne rešitve in izdelke na področju interneta stvari in industrije 4.0, s katerimi dajejo osnovni uporabnosti novo dodano vrednost.

Dodana vrednost z digitalizacijo in umetno inteligenco

»Izdelki Festo so že več desetletij sledili načelu 'vgradi in pozabi'. To vodilo velja še vedno, vendar pa lahko zdaj po zaslugi digitalizacije poleg osnovne uporabe nudijo tudi dodatno dodano vrednost,« pojasnjuje dr. Frank Melzer, član uprave Festo AG, zadolžen za menedžment tehnologij in izdelkov in novi predsedujoči vodstvenega telesa nemške platforme industrija 4.0.

Festo je spomladi 2018 naredil še korak naprej in si s prevzemom podjetja Resolto Informatik GmbH utrl pot do rešitev z umetno inteligenco za aplikacije v realnem času. Podatki zaznavali se lahko s to rešitvijo interpretirajo neposredno na procesu ali ob procesu oziroma stroju, kar omogoča še dodaten prihranek energije, skrajšanje časa ciklusa ter zmanjšanje okvar strojev in napak pri proizvodnji.

Programska rešitev SCRAITEC iz Resolta, na primer, prepozna normalno stanje sistema in z analizo podatkov zaznaval v realnem času zazna vsako odstopanje od običajnega delovanja. Tako zagotavlja zgodnje in natančne napovedi, postavlja diagnoze in daje priporočila za ukrepanje. »Tema analitike in umetne inteligence bo imela velik vpliv na naš portfelj izdelkov, saj se lahko algoritmi AI vključijo tako v oblak kot neposredno v izdelke podjetja Festo,« pravi Melzer o prednostih prevzema.

Pametne rešitve

Pametne rešitve, kot so na primer pametni telefoni v primerjavi s klasičnimi prenosnimi, so prinesle ne

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



Pri digitalizaciji gre podjetje Festo še korak naprej in ponuja rešitve z umetno inteligenco za uporabo v realnem času. (Foto: Festo AG & Co. KG)

le veliko dražjo strojno opremo, temveč zaradi digitalizacije tudi nove poslovne modele in nove trge. Temu sledi tudi tehnologija avtomatizacije, ki v času digitalizacije usmerja razvoj klasičnih izdelkov za avtomatizacijo, kot so pogoni, krmilni sistemi, ventili ali enote za stisnjen zrak, v pametne rešitve. Te rešitve združujejo vedno več funkcij in omogočajo komunikacijo med seboj kot tudi z višjimi ravni v piramidi avtomatizacije zaradi naprednih tehnologij zaznavanja, vgrajene inteligence in programskih funkcij.

Primer pametne rešitve najdemo kar v pripravi stisnjenega zraka. Klasična enota za pripravo stisnjenega zraka serije D s filtri ter oljnim in vodnim ločevalnikom skrbi za visoko kakovost stisnjenega zraka. Enako funkcijo imajo tudi sestavine serije MS, pri čemer pa njihov modul za energetske učinkovitost MSE6-E2M omogoča še veliko več. Opremljen je z zaznavali tlaka, pretoka in rabe stisnjenega zraka in zbira podatke o stanju, jih ovrednoti ter se v primeru odstopanj ustrezno odzove. Lahko samo pošlje sporočilo o odstopanju od običajnega delo-



Modul za energetska učinkovitost MSE6-E2M za pripravo stisnjenega zraka zbira in analizira podatke za znavajal, odkriva odstopanja od običajnega delovanja ter s tem skrbi za energetska učinkovito obratovanje pnevmatičnih naprav. (Foto: Festo AG & Co. KG)

vanja, v izrednih primerih pa lahko tudi ustavi dovajanje stisnjenega zraka. Tega lahko ustavi tudi, če ni potrebe po stisnjenem zraku. S tem lahko uporabnik privarčuje tudi do 30 odstotkov energije.

Spremljanje stanja naprav v oblaku

Pravočasno zaznavanje nepravilnosti in izvedba nujnih ukrepov za preprečitev odpovedi opreme je osnova za učinkovito delovanje proizvodnega sistema. To na osnovi novih tehnologij omogočajo nadzorne plošče *Dashboards* in prehod za dostop do interneta stvari *IoT-Gateway CPX-IOT* podjetja Festo.

Nadzorne plošče so vnaprej pripravljene in ne zahtevajo dodatnega programiranja ali namestitve programske opreme. Z zbranimi in jasno predstavljenimi podatki imajo vodje proizvodnje in upravljavci naprav tako izboljššan pregled nad stanjem naprav v proizvodnji. Nadaljnja obdelava podatkov in dolgoročne analize se izvajajo v oblaku, rezultati pa se prav tako prikazujejo na nadzornih ploščah.

Festo tako podpira proizvajalce strojev in naprav ter končne uporabnike tudi z vizualizacijo in pripravo podatkov. Rezultat tega je večja produktivnost z izboljšano skupno učinkovitostjo opreme OEE, manjši stroški zaradi večje energetske učinkovitosti ter manj zastojev zaradi izčrpane diagnostike, nadzora stanja in izboljšane vzdrževanja. Upravljavci naprav lahko primerjajo nadzorne sisteme strojev in naprav na



*Vnaprej oblikovane nadzorne plošče *Dashboards* omogočajo vodjem proizvodnje in upravljavcem naprav izboljšano operativno preglednost proizvodnje. (Foto: Festo AG & Co. KG)*

različnih lokacijah in ugotovijo možnosti za prihranek energije. Podatki so jim neprestano na voljo.

IoT-prehod CPX-IOT – strojna oprema za neomejeno komunikacijo – povezuje sestavine in module na ravni opreme, kot so na primer ventilski otoki CPX/MPA, modul za energetska menedžment MSE6-E2M ali sistemi za strego, v oblak *Festo Cloud* z vmesnikom OPC UA. CPX-IOT zbira informacije in podatke ter stanje naprav, ki so nanj povezane z vmesnikom Ethernet in standardiziranim komunikacijskim protokolom, kot je na primer OPC-UA. Zbrane podatke pošlje nato v oblak po drugi povezavi Ethernet s protokolom IoT. Vnaprej pripravljene nadzorne plošče prikazujejo podatke, informacije in stanja naprav v ustrezni obliki, s čimer je uporabniku prihranjeno težavno in predvsem zamudno programiranje. Primeren varnostni IT-mehanizem skrbi za varnost podatkov.



*Prehod za internet stvari CPX-IOT skrbi za zbiranje in varen prenos podatkov v oblak *Festo Cloud*. (Foto: Festo AG & Co. KG)*



Prva, povsem digitalna aplikacija za vzdrževanje za upravljalce naprav in vodje proizvodnje podjetja Festo (Foto: Festo AG & Co. KG)

Oblak omogoča pripravo in spremljanje podatkov, ki se nato uporabijo za analize trendov ter za vzpostavitev sistemov zgodnjega opozarjanja in samodejnega obveščanja o nepredvidenih dogodkih. Prehod CPX-IOT povezuje oblak s krmilniki in zagotavlja sporočanje ustreznih informacij v zeleni obliki ob zelenem času.

Prehod CPX-IOT omogoča za vsak Festov element vnaprej konfigurirane nadzorne plošče z možnostjo nadaljnje prilagoditve in pogledom v spletnem brskalniku z grafikoni in semaforji. Jasnost in preglednost omogočajo posebni pripomočki, kot so diagrami za spremljanje rabe energije, preventivno vzdrževanje, prikaz ključnih kazalnikov delovanja in za izboljšanje skupne učinkovitosti opreme OEE. Rešitev za spremljanje stanja izboljša odkrivanje in prepoznavanje vzrokov napak, zagotavlja preglednost rabe energije, omogoča pregledne in jasne podatke v grafični obliki ter nudi vpogled v zgodovino podatkov.

Digitalni menedžment vzdrževanja

Smartenance, prvi povsem digitalni izdelek podjetja Festo, je programska oprema za digitalni menedžment vzdrževanja, ki odpravlja zamudno preventivno vzdrževanje in je namenjena vodjem proizvodnje in upravljalcem naprav. Z aplikacijo *Smartenance* podjetje Festo pospešuje digitalizacijo in podpira uporabnike pri vstopu v obdobje industrije 4.0.

Smartenance temelji na tehnologiji v oblaku in ni specifičen za nobenega proizvajalca. Aplikacija je sama po sebi razumljiva in zato hitra ter enostavna za nastavitve. Zagotavlja preprost in cenovno ugoden uvod v svet digitalizacije. Sestavljena je iz dveh delov: mobilnega urnika vzdrževanja v obliki aplikacije za pametne telefone in tablice ter nadzorne plošče v obliki spletne strani, kjer lahko vodje proizvodnje upravljajo in dokumentirajo naloge vzdrževanja. Končni uporabnik lahko določi roke vzdrževanja posamezne naprave ter spremlja in ovrednoti

njihovo izvajanje. Digitalni urnik vzdrževanja omogoča lažje, hitrejše in varnejše vzdrževanje. Vzajemno preverjanje omogoča vodjem proizvodnje in upravljalcem naprav večjo zanesljivost ter manj procesov in usklajevanje vzdrževanja.

Uporabniki po prenosu aplikacije iz trgovin Apple ali Google kupijo licenco za *Smartenance* v *Festo App World* (www.festo.com/appworld). Z veljavno licenco lahko uporabniki samostojno prenesejo naloge in intervale vzdrževanja iz systemske dokumentacije, ki so jih dobili od proizvajalca stroja ali naprave. Sistem je takoj pripravljen za uporabo in vsak upravljalcev naprav lahko vidi in obdela vse naloge. Vodje proizvodnje samodejno vidijo vse zaključene in odprete naloge z enim samim pogledom.

Smartenance je uporaben tudi za izdelovalce strojev. Aplikacija jim namreč omogoča neposreden prenos vzdrževalnih nalog za vsak sistem oziroma napravo v digitalno rešitev in s tem dodano vrednost za njihove odjemalce. Navodila za vzdrževanje lahko obogatijo s slikami, videoposnetki in datotekami PDF. To omogoča članom delovne skupine veliko lažje in učinkovitejše sodelovanje. Z aplikacijo *Smartenance* uporabniki takoj vidijo vse naloge vzdrževanja in izkoristijo vse prednosti digitalnega menedžmenta, saj so relevantne naloge vzdrževanja na voljo le s pritiskom na gumb.

Z digitalnimi rešitvami na pravi poti

Festo podpira svoje uporabnike z digitalnimi rešitvami na vsakem koraku v verigi vrednosti in jih tako vodi po njihovi individualni digitalni poti, je na konferenci poudaril dr. Michael Hoffmeister, izvršni strokovnjak za digitalno poslovanje v podjetju Festo. Zagotavlja jim skladno programsko infrastrukturo in tako zmanjšuje stroške procesov svojih odjemalcev.

Primeri tega so inteligentne, obsežne programske rešitve, kot so brezplačni vodnik *Handling Guided Online (HGO)* za hitro konfiguriranje in naročanje sistemov za strego, spletno orodje *Festo Design Tool 3D online* za združevanje posameznih sestavin v pnevmatske module, *Product Key* za identifikacijo vsake sestavine in uporabo kot digitalni dvojček ter na programski aplikaciji zasnovani izdelki *Festo Motion Terminal*.

S pametnimi digitalnimi rešitvami združuje Festo svoje obsežno znanje in izkušnje iz industrijskih aplikacij s sodobnim razvojem na področju informacijskih tehnologij, s čimer uresničuje spletne aplikacije za uporabo avtomatizacije v industrijski praksi. Digitalno komunikacijo uporablja tudi za spremljanje svojih odjemalcev na njihovi digitalni poti. To digitalno potovanje vodi uporabnike zanesljivo in celovito skozi portfelj podjetja Festo – od zbiranja informacij in oblikovanja rešitve do naročanja in dostave ter zagona in vzdrževanja ali celo tehničnega izobraževanja, ki ga nudi Festo Didactic.

INŽENIRKE, KI SO STOPILE IZ SENČE

Prvi slovenski izbor za Inženirko leta v središče ni postavil le inženirskih dosežkov posameznic, temveč je med desetimi nominirankami prepoznal potencial, da so zgled in navdih mlajšim generacijam deklet. Vse domača industrija še kako potrebuje.

V reviji IRT3000 smo ponosni na dejstvo, da smo z družbo Mediade soorganizatorji izbora za inženirko leta. Ta je del širšega projekta Inženirke in inženirji bomo!, ki mlade z dogodki na gimnazijah in šolskih centrih že osmo leto (od leta 2012) navdušuje za inženirstvo, tehniko, naravoslovje in inovativnost. Zavedamo se, da ne le domača industrija, temveč tudi druga podjetja potrebujejo preprosto več naravoslovnih kadrov – saj tako poskrbijo za kadrovske pestrost in bolj celovit način razmišljanja in delovanja.

Od nevidnosti k navdihu

Zgornji naslov je hkrati tudi slogan izbora Inženirka leta. Letos je bil ta organiziran prvič, pri čemer pa smo organizatorji sprejeli odločitev, da ves blišč in pozornost ne pripada le zmagovalki, kot je to v navadi na lepotnih in drugih tekmovanjih, temveč vsem inženirkam, ki so zgled širši skupnosti. Prvi slovenski izbor za Inženirko leta tako v središče izbora ne postavlja inženirskih dosežkov posameznic, temveč med desetimi nominirankami prepo-

znava njihov potencial, da so zgled in navdih mlajšim generacijam deklet.

Namen izbora je čim širša in učinkovita družbena promocija inženirk. V Evropi je namreč na študijskih področjih STEM (angl. *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) le dobra četrtnina deklet, v Sloveniji nekaj več – dobra tretjina. Med ključnimi vzroki, zakaj se dekleta ne odločajo za inženirske poklice, sta tudi pomanjkanje zgledov ter neustrezna obrazložitev pomena vloge in prispevka inženirjev k razvoju družbe. Cilj izbora Inženirka leta je s spoznavanjem slovenskih inženirk pokazati, kako zanimive stvari počnejo in kako s svojim znanjem ter delom prispevajo k napredku.

Inženirke, voditeljice prihodnosti

Mag. Jože Torkar iz Petrola, predsednik projekta Inženirke in inženirji bomo!, je poudaril, da je pomembno ustvarjati ustvarjalce in ne le uporabnikov tehnologij prihodnosti. Inženirji so namreč kreatorji tehnologij, ki spreminjajo svet na bolje. Medeva Lon-



Utrinek iz prireditve Inženirka leta 2018

čar, ambasadorica raznolikosti v korporaciji Siemens ter pobudnica izbora Inženirka leta, je prepričana, da so inženirke voditeljice prihodnosti, saj bo moč v rokah tistih, ki bodo obvladovali tehnologije.

Maria Anselmi, glavna direktorica za podatke v Skupini Bismode, je v motivacijskem nagovoru izpostavila problem pomanjkanja vzornic z močnim inženirskim duhom. Po njenem mnenju je prisotnost žensk v tehničnih poklicih zelo pomembna, saj le skupaj lahko pišemo pravila prihodnjega tehnološkega razvoja. Mag. Anton Petrič, ki prihaja iz družbe Deutsche Telekom in je soustanovitelj projekta Inženirke in inženirji bomo!, pa je v video javljanju na dogodek udeležence spomnil, da je lahko kljub denarju in tehnologiji boj s konkurenti izgubljen, če nimamo pravih ljudi s pravimi znanji, kar inženirke vsekakor so. Anselmijeva in Petrič sta udeležencem dogodka predstavila tudi inženirska koncepta Think.ing in Do.ing.

29 kandidatk, 10 nominirank, 1 inženirka leta

Med letošnje nominiranke so bile izmed 29 kandidatk uvrščene: Andra Dodič, Kolektor Group, d. o. o.; Blaženka Pospiš Perpar, Petrol, d. d.; Dora Domajnko, RLS Merilna tehnika, d. o. o.; Emilija Stojmenova Duh, Fakulteta za elektrotehniko UL in Digitalno inovacijsko stičišče Slovenija; Jagoda Tančica, Akrapovič, d. d.; Janja Žagar, Lek d. d.; Maja Golubovič, Pomgrad, d. d.; Marjana Krajnc, Danfoss Tra-

Metodologija izbora

Na odločitev, katera od nominirank predstavlja največji zgled in navdih mladim, so s svojimi glasovi enakovredno vplivale štiri žirije:

- ▶ 10 nominirank za priznanje Inženirka leta;
- ▶ 10 predstavnikov medijev;
- ▶ 9 dijakinj iz konzorcija gimnazij Inženirke in inženirji bomo!; ter
- ▶ predstavniki organizatorja in partnerjev izbora.

ta, d. o. o.; Nataša Grlj, Hella Saturnus Slovenija, d. o. o., in Nina Zalaznik, Iskraemeco, d. d.

Slavnostna razglasitev in predstavitev nominirank za izbor Inženirka leta sta potekali v Cankarjevem domu v Ljubljani, klub CD pa je bil poln do zadnjega kotička, kar je presegló pričakovanja organizatorjev. Med obiskovalci dogodka smo opazili številne znane obraze iz slovenskega gospodarstva.

Inženirko leta 2018 sta razglasila ministrica za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti mag. Ksenija Klampfer ter minister za izobraževanje, znanost in šport dr. Jernej Pikalo. Po besedah ministric Klampfer je Slovenija dober zgled raznolikosti, vključevanja in spoštovanja, ne glede na poklic in spol. Minister Pikalo pa je dejal, da je projekt Inženirke leta izjemnega pomena za slovensko družbo, saj so raznoliki delovni timi naša prihodnost. Izpo-



Inženirka leta 2018 Dora Domajnko (v sredini) in ostalih devet nominirank izbora ter oba soorganizatorja dogodka, desno – mag. Edita Krajnovič, direktorica družbe Mediade in levo – Darko Švetak, glavni in odgovorni urednik revije IRT3000

stavila sta svojo vzajemno odgovornost, da v obeh mladih prižgeta iskrice in jih vso njihovo karierno pot tudi ohranjata.

Inženirka leta 2018 Dora Domanjko (v sredini) in ostalih devet nominirank izbora ter oba soorganizatorja dogodka, desno – mag. Edita Krajnovič, direktorica družbe Mediade in levo – Darko Švetak, glavni in odgovorni urednik revije IRT3000 2 st

Inženirka leta 2018 je Dora Domajnko

Organizatorji izbora Inženirka leta smo v utemeljitev izbora zapisali naslednje: Simbolično letnica rojstva Inženirke leta 2018 – najmlajše med letošnjimi nominirankami – sovpada z letnico rojstva samostojne Slovenije. S kupom zlatih, srebrnih priznanj in Zoisovo štipendijo je leta 2006 Dora zakorakala v eno izmed najboljših slovenskih gimnazij, Gimnazijo Bežigrad. Tudi na njej je nizala tekmovalne uspehe

in jo s 30 točkami zaključila kot zlata maturantka. Na študiju elektrotehnike na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani je ob nizu obštedijskih in raziskovalnih ter tekmovalnih aktivnosti kar štirikrat prejela nagrado dekana za učni uspeh. Leta 2016 je vpisala doktorski študij elektrotehnike, ob ne ravno enostavnem delu, ki ga opravlja v podjetju RLS, specializiranem za izdelavo rotacijskih in linearnih senzorjev pomika ter zasuka.

Dora, magistrica elektrotehnike, Inženirka leta 2018, pa ni le razvojna inženirka. Je športnica, tekmovalka, učiteljica kajaka na divjih vodah in smučanja, druge športne zvrsti pa umešča med svoje hobije. Je tudi glasbenica, ki obvlada igranje harmonike, je članica Folklorne skupine Emona in igra v skupini Via Entropia. Vrline, ki jo krasijo, so strokovnost, vsestranskost, visoka zavzetost in umirjena prijetnost.

Miran Varga, IRT3000

INDUSTRIJSKI FORUM IRT 2019

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava

Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

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.



Glavni pokrovitelj



Nacionalni pokrovitelj



Pokrovitelji



METTLER TOLEDO



Portorož, 3. in 4. junij 2019

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

SEJEM AGRITECH V CELJU

Janez Tušek

V Celju je bil konec januarja in v začetku februarja organiziran sejem kmetijske in gozdarske mehanizacije – Agritech. Nekaj takšnih ali podobnih sejmov v Sloveniji že imamo v različnih krajih. V zimskem času pa je bil to prvi takšen sejem pri nas.

Celjsko sejmišče je edino v Sloveniji dovolj veliko in sodobno opremljeno za pripravo takšne prireditve.



Utrinek s sejma

Sejem je doživel veliko odobravanje med slovenskimi kmetovalci in drugimi uporabniki kmetijske in gozdarske mehanizacije. To so dokazali z zelo velikim obiskom. V petih dneh je bilo preko 20.000 obiskovalcev. To podatek pove, da je celotni Sloveniji takšen sejem manjkal. Na 16.000 m² pokritih površin so se z več kot 200 blagovnimi znamkami predstavili proizvajalci in uvozniki kmetijske in gozdarske mehanizacije. Poleg razstavnega programa

so organizatorji pripravili bogato obsejmsko dejavnost. Največji poudarek predavanj in praktičnih demonstracij je bil dan varnosti pri delu s sodobnimi stroji, priključki in drugimi napravami. Sodobna mehanizacija namreč predstavlja enega ključnih dejavnikov, ki lahko povečajo varnost pri obdelovanju zemlje, delu na polju in v gozdu.

Agritech je nastal na pobudo Združenja proizvajalcev in uvoznikov kmetijske tehnike (ZKGT). Njegov predstavnik Žiga Kršinar je vtise po sejmu takole strnil: »Z naše strani je sejem AGRITECH za prvič potekal nad pričakovanji. Zadovoljni smo z obiskom in videzom sejma. Tukaj gredo zahvale vsem raz-

Prof. dr. **Janez Tušek**, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil, UL, Fakulteta za strojništvo



Razstava traktorjev

stavljavcem, ki so se potrudili za urejenost svojih razstavnih prostorov. Prepričani smo, da je Slovenija dobila prvi tovrstni strokovni sejem, ki ga je nujno potrebovala. V prihodnje že vemo, kaj lahko še izboljšamo, vendar smo za prvič s sejmom zelo zadovoljni.«

Člani združenja so na sejmu predstavili in ponudili tudi 17 kadrovske študentske stipendije, ki so jih razpisali za mlade serviserje in prodajalce kmetijske in gozdarske mehanizacije.

Daleč najbolj pogost razstavljeni stroj je bil traktor. Videli smo jih izjemno veliko, zelo različnih po velikosti, zmogljivosti, namenu uporabe in seveda ceni. Sodobni traktorji želijo zadovoljiti razne zahteve uporabnikov, med katerimi so najpomembnejše zaščita, varnost in udobnost voznika s predpostavko, da traktor izpolnjuje tudi vse funkcijske potrebe. Te pa so zelo raznolike. V preteklosti so se uporabljali predvsem za vleko tovora, danes pa poleg tega opravljajo še številne druge funkcije.

Poleg traktorjev so bili na sejmu razstavljeni tudi drugi sodobni stroji, naprave in razni priključki za obdelavo in pripravo zemlje za setev in saditev, naprave za spravilo trave, sena ter drugih poljskih pridelkov. Nekaj razstavljalcev je predstavljalo cisterne za prevoz in raztros gnojivke ter drugih tekočih medijev.

Zelo močno so bili zastopani stroji za delo v gozdu, za obdelavo in predelavo lesa. Za delo v gozdu so bile razstavljeni namenski traktorji, motorne žage, nakladalne prikolice, vitli in drugi pripomočki. Kar nekaj razstavljalcev je predstavilo žage za razrez hlodovine v deske in v drva, cepilce za pripravo drv in podobno.

Sodobna kmetijska in gozdarska mehanizacija je v zadnjih letih zelo napredovala predvsem v smeri trajnostnega pristopa h kmetovanju in olajšanega fizičnega dela kmetovalcev. Vsak sodoben stroj za delo na polju, v gozdu in drugje je pravi mehatron-

ski sistem. Verjetno ni v nobeni veji tehnike mehatronika tako prisotna kot ravno v kmetijski in gozdarski mehanizaciji. Tu se srečamo z mehanskimi in elektronskimi elementi in v zadnjem času tudi s senzorji, s kamerami in digitalno ter krmilno tehniko. Mehanski elementi so zgrajeni iz različnih kovin, od katerih so številne toplotno obdelane, da se zviša mehanska trdnost ali pa izboljša površinska obrabna obstojnost. Tudi v sodobni kmetijski mehanizaciji se uporabljajo umetni materiali: od plastičnih mas do kompozitnih materialov; vse z namenom, da se zniža masa stroja. Elektronski elementi omogočajo zbiranje in prenos podatkov, krmilijo razne elektronske, pnevmatske in hidravlične pogone. Daljinsko upravljanje naprav je danes v kmetijski in gozdarski mehanizaciji povsem normalna stvar.

Sodobna kmetijska mehanizacija se deli na več področij. V vrtnarstvu vedno bolj prodirajo roboti za razna dela. V poljedelstvu se uporabljajo škropilnice in trosilniki gnojil, opremljeni z različnimi senzorji. Številne naprave za delo na njivah in večjih poljih so opremljene z zelo natančnimi satelitskimi navigacijskimi sistemi in celo z manjšimi kemijskimi laboratoriji, ki sproti analizirajo sestavo zemlje in s tem dajejo navodila za gnojenje in dodajanje raznih mineralov v odvisnosti od namena posaditve.

Posebno poglavje v kmetijstvu predstavljajo droni. Teh na sejmu še ni bilo. Z njimi je možno nadzorovati rast, razvoj raznih bolezni na rastlinah in opravljati fizična dela.

Sodobna proizvodnja kmetijske mehanizacije je zelo zahtevna. Tu se srečamo s klasičnimi strojniškimi tehnikami, kot so odrezovanje, rezanje, krivljenje in varjenje, z elektrotehniko in s sodobnimi elektronskimi napravami, kot so senzorji, zaznavala, kamere in krmilne enote.

V Sloveniji imamo zelo močno in zelo uspešno industrijo kmetijske in gozdarske mehanizacije. Res



Za učinkovito delo v gozdu je nepogrešljiva motorna žaga. Na sejmu smo videli vse pomembnejše svetovne znamke.



Sestavite si svoj CombiTac

Naš modularni sistem konektorjev omogoča individualno kombinacijo konektorjev za oskrbo z elektriko, prenosa podatkov, optičnih vlaken, koaksialnih aplikacij ter pnevmatskih, hidravličnih in ostalih priključkov v kompaktnem okvirju oziroma ohišju. 100% prilagodljivo.

Modularni konektorji CombiTac so namenjeni uporabi zahtevnejših aplikacij, katere potrebujejo vsestransko zanesljive ter dolgo življenske priključke.

Modularno. Kompaktno. Vsestransko.

Od 1. Januarja 2017 podjetje Multi-Contact opravlja svoje dejavnosti in storitve pod blagovno znamko Stäubli električni konektorji.

www.combitac.com



STÄUBLI

Blagovna znamka Stäubli International AG, je registrirana v Švici ter ostalih državah. © Stäubli 2019 | Foto vir : Stäubli



Sejma se je udeležil tudi aktualni minister za gospodarstvo, razvoj in tehnologijo

je, da ta industrija ni na najvišjem nivoju, da ne proizvajamo traktorjev, kombajnov ali celo robotov za kmetovanje in drugih zahtevnih strojev, proizvajamo pa zelo široko paleto priključkov, pripomočkov in druge naprave za delo na kmetijah in v gozdu. Zelo veliko teh proizvodov naša podjetja izvozijo na zahtevna zahodnoevropska tržišča.

Drugo vprašanje pa je, kako je naš izobraževalni sistem prilagojen opisanim razmeram. Ocenjujem, da so prilagoditve zelo skromne. Verjetno je res, da je to le ena veja strojništva ali mehatronike, podobno, kot so drugi stroji in naprave za druga dela, na primer tekstilni stroji, gospodinjstvi stroji, livarski stroji in podobno. Kljub temu pa bi se izobraževalni sistem moral prilagajati tudi lokalnim potrebam.

Danes več podjetij v Sloveniji, ki izdelujejo kmetijsko mehanizacijo, nudi več štipendij za študij strojništva in drugih tehničnih izobraževanj, kar pomeni, da ta podjetja upravičeno pričakujejo, da bodo ti diplomanti imeli tudi nekaj znanja iz kmetijske mehanizacije. Prava rešitev bi bila v specialističnih študijah po diplomi ali pa že v času pred diplomom. Učni program za takšne študije bi morali pripraviti izobraževalne ustanove in podjetja, v katerih delajo razvojniki, in raziskovalci, ki imajo večdesetletne izkušnje.

Organizatorjem sejma gre pohvala za pogum za organizacijo in seveda za zelo primer čas za potek sejma.

Na koncu sejma je izvršni direktor Celjskega sejma mag. Robert Otorepec med drugim povedal: »Če nam je bilo ob pobudah razstavljalcev jasno, da ima sejem potencial, je število obiskovalcev to dokončno potrdilo. Vtisi razstavljalcev in obiskovalcev so bili izjemno pozitivni. Sejem bomo gotovo še organizirali.«

S to izjavo se v celoti strinjamo.

PROF. DR. MIHA BOLTEŽAR PREJEL ZLATO PLAKETO

Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič je na slavnostni seji Senata 4. decembra 2018 podelil priznanja Univerze v Ljubljani.



Prof. dr. Miha Boltežar ob prejemu Zlate plakete Univerze v Ljubljani

Rektor prof. dr. Igor Papič je na slovesnosti poudaril, da Univerza v Ljubljani še naprej ostaja med najboljšimi univerzami na svetu, kar izkazujejo priznane mednarodne lestvice. »Naši znanstveniki se uvrščajo v sam svetovni vrh in v prihodnje jih moramo še bolj motivirati, da bodo objavljali v uglednih mednarodnih revijah. Lahko se pohvalimo z izjemno uspešnim pridobivanjem projektov Evropskega raz-

iskovalnega sveta, kjer glede na velikost države beležimo izjemne dosežke.«

Rektor je podelil naziv častni doktor, naziv častni senator, zlate plakete in svečane listine mladim visokošolskim učiteljem in sodelavcem.

Zlato plaketo, ki se podeljuje posameznikom za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega, pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja in za krepitev ugleda univerze, je letos prejelo 13 profesorjev Univerze v Ljubljani.

Zlato plaketo Univerze v Ljubljani je prejel tudi prof. dr. Miha Boltežar, vodja Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij na Fakulteti za strojništvo.

www.fs.uni-lj.si,
Foto: Studio NORA, d. o. o.

Predstavitev nagrajenca

Prof. dr. Miha Boltežar od leta 1999 vodi Laboratorij za dinamiko strojev in konstrukcij na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, kjer uravnoteženo izvaja pedagoško, raziskovalno ter aplikativno dejavnost na področju dinamike prožnih struktur. S tem dosega dolge dobe trajanja dinamično obremenjenih izdelkov in obvladovanje njihovega hrupa v slovenski izvozni avtomobilski industriji in v industriji bele tehnike.

2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja
30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



ELEKTRONIKE svet

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

MEHATRONIKE svet

RAZISKAVA ANULARNA LASERSKA GLAVA ZA 3D TISK KOVINSKIH MATERIALOV UVRŠČENA MED 10 NAJODLIČNEJŠIH RAZISKOVALNIH DOSEŽKOV UNIVERZE V LJUBLJANI

V tradicionalnem Tednu Univerze v Ljubljani je rektor razglasil 10 najodličnejših raziskovalnih dosežkov Univerze v Ljubljani. Raziskava Anularna laserska glava za 3D tisk kovinskih materialov avtorjev prof. dr. Edvarda Govekarja, dr. Alexandra Kuznetsova, dr. Andreja Jeromna, Matjaža Kotarja, Laboratorija za sinergetiko na Fakulteti za strojništvo je bila uvrščena med najodličnejše raziskovalne dosežke na Univerzi v Ljubljani.

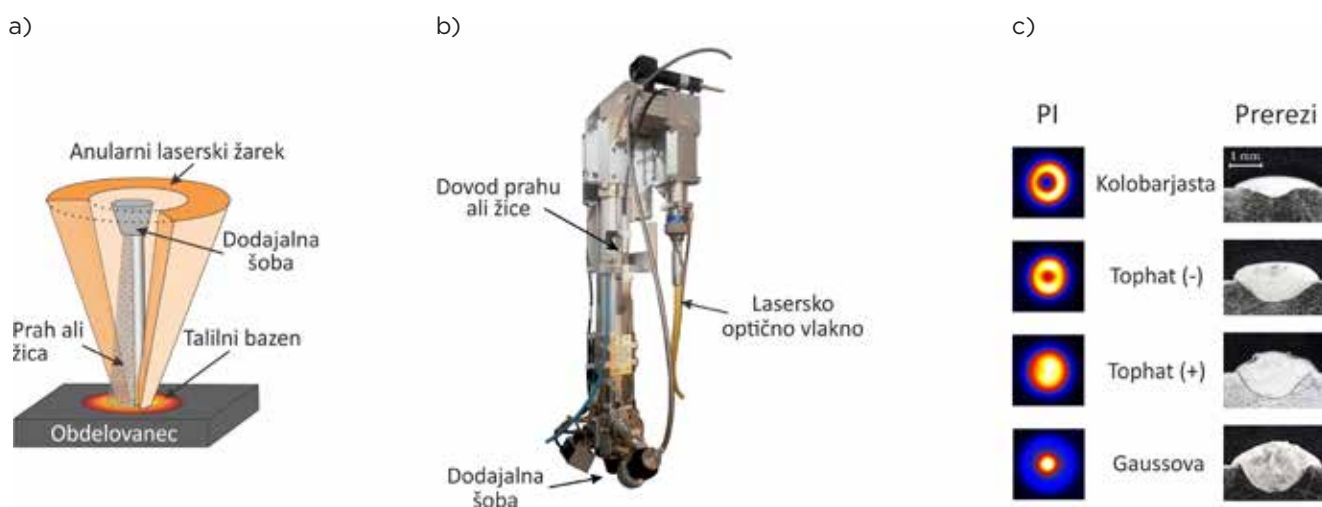
Pri izboru najodličnejših raziskovalnih dosežkov Univerze v Ljubljani v letu 2018 je delovna skupina, ki jo je imenovala Komisija za raziskovalno in razvojno delo Univerze v Ljubljani, upoštevala predvsem mednarodno odmevnost, izkazano s citati in vplivnostjo revije, kjer je bilo delo objavljeno. Na izbor sta vplivala tudi zaključena celota dosežka, zanimiva za širšo strokovno in splošno javnost, ter koristnost uporabe. Komisija je vse predloge obravnavala enako, ne glede na vedo in ne glede na to, ali so raziskave osnovne ali neposredno uporabne. Dosežek je bil s strani ARRS uvrščen tudi v izbor Odlični v znanosti 2018.

Anularna laserska glava za 3D tisk kovinskih materialov

Optomehanska glava z oblikovanjem anularnega laserskega žarka omogoča aksialni dovod kovinske snovi v obliki prahu in žice in spreminjanje po-

razdelitve intenzitete laserskega žarka na površini obdelovanca.

Laserska direktna depozicija (LDD) kovinske snovi je poleg selektivnega laserskega taljenja eden od obetavnejših procesov za 3D tisk kovinskih materialov. V okviru raziskav raziskovalcev (Edvard Govekar, Alexander Kuznetsov, Andrej Jeromen, Matjaž Kotar) skupine Laboratorija za sinergetiko na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani je bila razvita optomehanska glava za nanašanje kovinske snovi, ki z oblikovanjem anularnega laserskega žarka omogoča aksialni dovod kovinske snovi v obliki prahu ali žice (slika 1a) in spreminjanje porazdelitve intenzitete laserskega žarka na površini obdelovanca (slika 1c). Z razvitim sistemom je dosežena simetrija procesa LDD, ki poleg neobčutljivosti na smer nanašanja zagotavlja tudi višjo stabilnost procesa. Slednje je bilo potrjeno v okviru raziskav procesa anularnega laserskega tvorjenja in nanašanja kovinskih kapljic, ki je inherentno nestabilen proces [1].



Na sliki: a) Shema anularnega laserskega žarka z aksialno dovedeno snovjo, b) Prototipni sistem, c) Primeri generiranih porazdelitev intenzitete (PI) in prerezi nanosov kovinskega prahu. Vir slike: LASIN, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani

Predstavljeni dosežki so bili osnova za nadaljnje večletne raziskave ter razvoj sistema in procesa LDD kovinskega prahu in žice z uporabo anularnega laserskega žarka v sodelovanju z japonskim podjetjem DMG MORI. Na osnovi dosežkov raziskav sta bila podana dva patenta [2,3] in razvita prototipna glava za LDD (slika 1b), ki z minimalnimi prilagoditvami omogoča LDD prahu ali žice. V primeru kovinske žice glava omogoča natančno nastavitev deleža energije, ki se dovaja v žico in v osnovni material ter s tem dodaten nadzor uspešnosti in stabilnosti procesa [4, 5]. V primeru LDD prahu se dosega zelo visok izkoristek kovinskega prahu (> 80 %), na stabilnost procesa in lastnosti nanosa pa je mogoče poleg standardnih parametrov procesa dodatno značilno vplivati s porazdelitvijo intenzitete laserskega žarka (slika 1c).

Reference

[1] KUZNETSOV, Alexander, JEROMEN, Andrej, GOVEKAR, Edvard. Droplet detachment regi-

mes in annular laser beam droplet generation from a metal wire. CIRP annals, 2014, vol. 63, iss. 1, str. 225-228.

[2] Head for additive processing, processing machine, and processing method (ref. No. MP2015-157/WO - WO2017115406 (A1) - EP3369518 - JPWO2017115406 - US2018-0036948

[3] Additive-Manufacturing Head and Manufacturing Machine (ref. No. MP2016-033/WO)

[4] GOVEKAR, Edvard, JEROMEN, Andrej, KUZNETSOV, Alexander, LEVY, Gideon N., FUJISHIMA, Makoto. Study of an annular laser beam based axially-fed powder cladding process. CIRP annals, 2018, Vol. 67, iss1

[5] GOVEKAR, Edvard, JEROMEN, Andrej, KUZNETSOV, Alexander, KOTAR, Matjaž, KONDO, Masaki. Invited paper: Annular laser beam based direct metal deposition. Procedia CIRP, 2018, vol. 74, f. 222-227

www.fs.uni-lj.si



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



MARIBOR, 19. in 20. SEPTEMBER 2019

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2019

Vabilo

Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so že od leta 1995 dalje osrednji bienalni dogodek s področja tehnologij, ki jih pokrivata hidravlika in pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljalet ali kot pokrovitelj mednarodne konference Fluidna Tehnika 2019, predstavite nova spoznanja, nove proizvode, dosežke in storitve.

Podrobnejše informacije o konferenci, tematskih področjih, programu, pomembnih datumih, ... najdete na domači spletni strani konference.

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

KONGRESNI CENTER HABAKUK

PROF. DR. MATIJA FAJDIGA ZASLUŽNI PROFESOR UNIVERZE V LJUBLJANI

V začetku decembra Univerza v Ljubljani vsako leto prišteje k svojemu obstoju eno leto več, letos je obeležila 99 let delovanja. Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Igor Papič je v četrtek, 6. decembra 2018, na slovesnosti podelil najvišja življenjska priznanja univerze. Upokojeni profesor Fakultete za strojništvo prof. dr. Matija Fajdiga je prejel častni naziv zaslužni profesor Univerze v Ljubljani.



Zasl. prof. dr. Matija Fajdiga

To je najvišje priznanje Univerze v Ljubljani, ki ga podeljujejo za izjemen prispevek k razvoju znanstvene ali umetniške panoge in za predano opravljanje pedagoškega ali mentorskega dela. Rektor je v nagovoru dejal: *»Prispevali ste h kakovosti raziskovalnega dela na Univerzi, k razvoju svojih strok v domačem in mednarodnem okolju, uvedli ste nove študijske programe, s svojim delom prispevali k razvoju Slovenije in širše. Hvaležni smo vam tudi za to,*

da ste vzgojili naslednike, ki lahko posredujejo vaše znanje naprej, ga nadgrajujejo in odkrivajo nova obzorja, tako kot ste to možnost imeli vi z znanjem, ki ste ga prejeli od starejših generacij. In prav je tako – kajti napredek je mogoč le s prenosom znanja med generacijami.«

www.fs.uni-lj.si

O zasl. prof. dr. Matiji Fajdigi

Zasl. prof. dr. Matija Fajdiga je leta 1963 diplomiral, leta 1975 pa doktoriral na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Leta 1985 je ustanovil Laboratorij za razvojna vrednotenja, leta 2002 Center za razvojna vrednotenja, leta 2005 pa še Katedro za strojne elemente in razvojna vrednotenja, s čimer je uveljavil obratovalno trdnost kot samostojno znanstveno področje. Na Fakulteti za strojništvo je deloval kot prodekan in dekan ter bil 8 let član Upravnega odbora Univerze v Ljubljani. Kot redni profesor se je upokojil leta 2011, do leta 2013 pa je deloval kot znanstveni svetnik. Med ostalimi nagradami je prejel zlato plaketo Univerze v Ljubljani ter nagrado za življenjsko delo Zveze strojnih inženirjev Slovenije.

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

Laboratorij za Strego, Montažo in Pnevmatiko LASIM, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani ter GZS prirejata letos že 16. tradicionalni letni Posvet ASM (ASM '19) na temo Avtomatizacija Strege in Montaže, ki je edini specializirani tovrstni posvet v Sloveniji.

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

ŠTUDENTSKA TEHNIŠKA KONFERENCA

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani bo 12. 09. 2019 ob 9. uri Študentska tehniška konferenca »ŠTeKam«, na kateri bodo študentje prve in druge stopnje ter mladi raziskovalci tehnike in drugih študijskih smeri predstavili rezultate svojega raziskovalnega dela.



Gre za že tradicionalno, tj. peto, študentsko tehniško konferenco. Lani je bilo predstavljenih in v zborniku izdanih 24 prispevkov, ki so pokrivali teh-

nična (strojništvo, arhitektura, biotehnologija) in netehnična področja (ekonomija, družbene vede). Tematike prispevkov so bile zelo raznolike, kar je dalo konferenci poseben pridih, saj so študentje in raziskovalci videli možnosti interdisciplinarnega povezovanja različnih tem in področij.

Tudi v letu 2019 bodo vsi sprejeti prispevki objavljeni v zborniku, ki bo zaveden v COBISS-u.

Izbrani prispevki bodo ob privolitvi avtorjev objavljeni v reviji Ventil. Posebej bo nagrajena najboljša predstavitev na konferenci.

Več informacij najdete na spletni strani: https://www.fs.uni-lj.si/raziskovalna_dejavnost/raziskovalna_dejavnost/raziskovalna_dejavnost_studentov/studentaska_tehniska_konferenca_stekam/.

Organizacijski odbor:

doc. dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž. str.

doc. dr. Miha Brojan, univ. dipl. inž. str.

doc. dr. Boštjan Drobnič, univ. dipl. inž. str.

PRVI PROJEKT, IZBRAN ZA FINANCIRANJE V OKVIRU KET4CLEANPRODUCTION, GRE NA IJS

Veseli nas, da lahko sporočimo, da smo v Centru za prenos tehnologij in inovacij (CTT) sooblikovali pilotno shemo Evropske komisije KET4CleanProduction. V okviru slednje je bil kot prvi izbran za financiranje projekt, namenjen izvedbi razvojnih storitev IJS in tuje raziskovalne institucije za slovensko podjetje.



V okviru EU konzorcija KET4CleanProduction smo sodelavci CTT skupaj s partnerji oblikovali in objavili pilotni EU razpis za micro-grants: projekte v vrednosti do 50.000 evrov za financiranje storitev, ki jih proizvodno podjetje (SME) naroči dvema raziskovalnima institucijama.

Tako smo v CTT pripomogli k uspešnemu povezovanju slovenskega proizvodnega podjetja z raziskovalnima skupinama na IJS in v tujini - v pridobljeni projekt za izboljšanje proizvodne tehnologije. IJS je

s partnerskim tehnološkim centrom iz tujine končni prejemnik sredstev.

V okviru vodenja omenjenega razpisa za micro-grants na CTT zbiramo potencialno zanimiva tehnološka povpraševanja evropskih podjetij, ki jih posredujemo ustreznim raziskovalcem za kandidaturo na omenjeni razpis. Pogoji je, da je sodelujoči partner poleg raziskovalcev tudi podjetje - SME - s proizvodno dejavnostjo, ki želi izboljšati proizvodni proces.

Vabimo vas, da skupaj poiščemo priložnosti za sodelovanje.

Tomaž Justin in Robert Premk,
Center za prenos tehnologij in inovacij
na Institutu »Jožef Stefan«

NA INSTITUTU »JOŽEF STEFAN« PREDSTAVILI RAZISKOVALNO DELO V SOJU BAKEL IN SVEČ

Konzorcij partnerjev – ustanova *Hiša eksperimentov, Institut »Jožef Stefan«, Kemijski inštitut in Tehniški muzej Slovenije* – je sooblikoval projekt *Noč ima svojo moč*. V okviru projekta je *Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan«* v petek, 28. septembra 2018, organiziral in sodeloval pri aktivnostih v okviru vseevropske akcije *Evropska noč raziskovalcev*. Na noč raziskovalcev se po Evropi široko odprejo vrata organizacij, ki se ukvarjajo z znanostjo in raziskovanjem, da bi širši javnosti predstavile poklic in življenje znanstvenika.

Glavna otvoritev Evropske noči raziskovalcev *Noč ima svojo moč* je bila na Prešernovem trgu z govori predstavnikov ustanov partnerjev in gospoda Zorana Stančiča, vodje Predstavništva Evropske komisije v Sloveniji. Dogajanje se je v starem mestnem jedru nadaljevalo do večernih ur. Predstavitve so imeli tudi raziskovalci Instituta »Jožef Stefan«. Tako je dr. Melita Tramšek iz Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo v sodelovanju s Tomažem Lutmanom s Centra za prenos tehnologij in inovacij izvedla delavnico in predstavitev raziskovalnega dela Instituta »Jožef Stefan«. V Evropskem kotičku pa sta širši javnosti in drugim nastopajočim svoje delo in njegovo družbeno koristnost predstavili tudi štipendistki sklada Marie Skłodowska-Curie (MSCA) Margarita Antonious in dr. Nerea Sebastián, mladi raziskovalki na Institutu »Jožef Stefan«.

Sodelavci Centra za prenos tehnologij in inovacij Instituta »Jožef Stefan« smo se že dopoldne podali na pot po Sloveniji z namenom osveščanja o raziskovanju in inovacijah ter družbenih in gospodarskih koristih in kariernih možnostih, ki jih

lahko nudijo prav vsakomur od nas. Organizirali smo raziskovalne dneve v osnovnih in srednjih šolah ter predavanja in delavnice v domovih za upokojeince. S tem smo predstavili možnost uporabe znanosti in raziskovanja v vseh življenjskih obdobjih in pod motom »Znanje je čudovito« prikazali, kako je lahko vsak od nas raziskovalec.

Obiskali smo osnovno šolo Antona Globočnika Postojna, Šolski center Celje in Tehniški šolski center Maribor. Osnovnošolcem in dijakom smo, tudi z njihovo pomočjo, predstavili osnove znanstvenoraziskovalnega dela s kemijskim testom vitamina C in pojasnili osnove podjetništva s poudarkom na pomenu trženja znanja in idej. Predavali smo o intelektualni lastnini ter razpravljali o sodobnem podjetništvu in stanju na trgu. S tem smo spodbujali zanimanje mladih za naravoslovne poklice, za raziskave in njihovo uporabo v življenju.

V popoldanskih urah smo pot nadaljevali še v domove za ostarele in tako obiskali Dom upokojeincev Ljubljana Vič-Rudnik, enota Bokalce, in Dom



Obisk domov za ostarele





Obisk je bil množičen

upokojencev Ptuj, enota Kidričevo. Dom upokojencev Podbrdo, enota Tolmin, pa smo obiskali že na predvečer Evropske noči raziskovalcev v četrtek, 27. septembra 2018. Sporočilo obiskov domov za starejše je bilo, da se učimo, izobražujemo in raziskujemo celo življenje in da starejši s svojo modrostjo in življenjskimi izkušnjami prispevajo dodano vrednost k razvoju naše družbe. Pravijo, da moramo vedoželjnost ohraniti vse življenje, da nadgrajujemo naše poznavanje, ozavestimo svet okoli nas in ne otopimo.

V večernih urah smo v sodelovanju z raziskovalnimi odseki organizirali Večer odprtih vrat na Institutu »Jožef Stefan«. Na pobudo promocije znanosti in raziskovanja smo odprli vrata naše največje raziskovalne ustanove in zainteresirani javnosti predstavili različne vidike raziskovalnega dela. Tako so si v petek zvečer obiskovalci v soju bakel in sveč lahko ogledali dosežke in laboratorije številnih raziskovalnih odsekov, dokumentarne filme o raziskovalnem delu, atraktivne in poučne predstave eksperimentov ter se pogovarjali z domačimi in tujimi raziskovalci.

Obiskalo nas je veliko ljudi, predvsem družin. Obiskovalci so bili najbolj zadovoljni z možnostjo, da so si lahko ogledali svet za zidovi Instituta, ki jim sicer ni dostopen – še posebej ne v tako romantičnem vzdušju. Pohvalili so tudi praktične prikaze, pri katerih so lahko sami sodelovali, in priložnost, da so lahko raziskovalcem osebno zastavljali vprašanja.

Na Centru za prenos tehnologij in inovacij smo ponosni, da smo tako uspešno prikazali koristi, ki jih imajo raziskave za mlajše in starejše generacije, in da je vsak od nas lahko raziskovalec, saj so učenje, zanimanje, razmišljanje in čudenje – raziskovanje – del procesa vseživljenjskega učenja.

Vabimo vas, da se nam pridružite tudi ob naslednji Evropski noči raziskovalcev v petek, 27. septembra 2019, ko bomo ponovno dali duška svoji radovednosti.

mag. Maja Ivanišin, Tomaž Lutman in Urška Mrgole,
Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu
»Jožef Stefan«

USPEŠNO ZAKLJUČENA 11. MEDNARODNA KONFERENCA O PRENOSU TEHNOLOGIJ

Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan« je med 8. in 12. oktobrom 2018 organiziral že 11. tradicionalno Mednarodno konferenco o prenosu tehnologij. Cilj konference, ki je potekala v okviru multikonference Information Society 2018, je spodbuditi izmenjavo znanja med znanstveno sfero in gospodarstvom z namenom okrepitve sodelovanja in prenosa inovacij iz raziskovalnih laboratorijev v gospodarsko izkoriščanje.

Prve tri konferenčne dni, med 8. in 10. oktobrom 2018, so potekali že tradicionalni sestanki R2B (*Research-to-Business*). Na njih se lahko predstavniki raziskovalnih organizacij in podjetij pogovorijo o morebitnih razvojnih rešitvah, invencijah in komercialno zanimivih tehnologijah. Tovrstni sestanki predstavljajo izjemno priložnost za vzpostavitev bodočih raziskovalnih sodelovanj in poslovnih sinergij.

Letošnjih R2B-sestankov se je v treh dneh udeležilo 43 udeležencev iz šestih držav (iz Slovenije, Italije, Belgije, Velike Britanije, Poljske in Združenih držav Amerike). Opravljenih pa je bilo 40 sestankov.

Udeleženci so bili z organizacijo dogodka izredno zadovoljni. Posebej so pohvalili številne možnosti sodelovanja med raziskovalnimi ustanovami in gospodarstvom ter potrditev izkušenj, ki so lahko uporabne za evropske projekte ali če povzamemo z besedami enega od udeležencev: *»Sestanki so bili zelo zanimivi, polni informacij, predvsem pa koristnih idej in možnosti za sodelovanje v prihodnosti.«*

Četrty konferenčni dan so predavali priznani tuji strokovnjaki. Tako smo lahko prisluhnili predavanjema s področja prenosa tehnologij: dr. Jona Wulffa Peter-



Uspešni predstavitveni nastopi na tekmovanju za Nagrado za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij v letu 2018. (Foto: Mateja Drnovšek)

sna na temo *How to build up a technology platform at one - or a consortium of - university(ies)?* ter Brechta Vanlerbergha na temo *Key Enabling Technologies (KETs) as a basis for innovation.*

Sledilo je deseto nagradno tekmovanje za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij v letu 2018.

Poudarek tekmovanja za najboljšo inovacijo JRO je na predstavitvi poslovnih predlogov pred ocenjevalno komisijo, ki jo sestavljajo investitorji in strokovnjaki s področja komercializacije tehnologij. Člani komisije ocenijo tržni potencial predstavljenih inovativnih tehnologij in tehnologije z najvišjim tržnim potencialom nagradijo z denarnimi nagradami. Tekmovanje je del naših prizadevanj za vzpostavitev učinkovitega podpornega okolja za podjetne raziskovalce, kar smo letos nadgradili z uspešno umestitvijo Instituta »Jožef Stefan« v skupino subjektov podpornega okolja za inovativnost, kar nam bo ob zagotovljenem financiranju omogočilo intenzivnejšo ciljno podporo podjetniškim timom v fazi preverjanja podjetniških idej in razvoja poslovnih modelov, ki temeljijo na rezultatih raziskovalno-razvojnega dela IJS (stand-up), v fazi zagona podjetij in preboja na trg (start-up).



Sestanki med raziskovalci in podjetji (R2B) so potekali prve tri dni konference na Institutu »Jožef Stefan« (foto: Maja Ivanišin)

Za letošnja nagrado se je potegovalo pet podjetnih raziskovalnih timov. Člani mednarodne ocenjevalne komisije: dr. Jon Wulff Petersen, Brecht Vanlerbergh in mag. Primož Kunaver so izbrali dve zmagovalni ekipi, ki sta prejeli enako denarno nagrado. Vsaka v višini 1250 evrov.

Tako so zmagali člani tima Jani Bizjak, Anton Gradišek in Matjaž Gams za njihovo tehnologijo pametne ure za starejše z angleškim naslovom: *The ultimate European Assistant for the Elderly* in člani tima Damir Hamulič, Peter Rodič, Dolores Zimerl in Ingrid Milošev za njihovo tehnologijo zaščitnih premazov za ladje z angleškim naslovom: *Anti-fouling and corrosion protection top-coat: »The future protection of the ships«*.

Člani mednarodne ocenjevalne komisije so svojo težko sprejeto odločitev utemeljili z naslednjimi besedami: *»Tim s tehnologijo zaščitnih premazov za ladje ima odlično tehnološko rešitev in že nekatere dobre poskusne rezultate, po drugi strani pa so člani tima s pametno uro za starejše že zelo blizu potencialno velikega trga.«* V imenu Centra za prenos tehnologij in inovacij obema nagrajenima timoma 11. Mednarodne konference o prenosu tehnologij in inovacij čestitamo in vas vabimo, da se ponovno srečamo prihodnje leto.

Sklepni dan konference, petek 12. oktober 2018, je bil namenjen izobraževanju zaposlenih v Centru za prenos tehnologij in inovacij (CTT). Organizirana je bila celodnevna delavnica s področja filozofije in teorije prenosa ter komercializacije tehnologij, ki jo je vodil dr. Jon Wulff Petersen, strokovnjak iz TTO, ki je del priznanega svetovalnega podjetja s področja intelektualne lastnine Plougmann Vingtoft (Danska).

Dr. Jon Wulff Petersen je zaposlenim na Centru za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan« predstavil pomembne in zanimive informacije, vidike in izkušnje, s katerimi se srečujejo pri svojem delu, dotaknil pa se je tudi tematik, s katerimi



Dobitniki nagrade za Najboljšo inovacijo iz JRO 2018 (Foto: Marjan Verč)

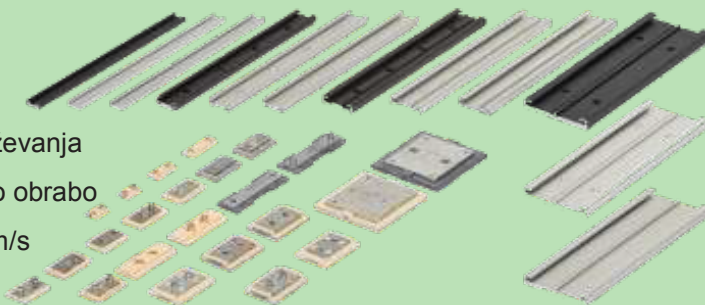
se bodo srečali v nadaljevanju svojega delovanja v pisarni za prenos tehnologij, in kako se soočati z njimi. Izpostavljene so bile teme prenosa, zavrnitve in ovrednotenja tehnologij ter iskanja primernih načinov za komercializacijo in trženje tehnologije. Izobraževanje je bilo izvedeno v okviru projekta Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT) (2017–2022), ki ga delno financirata Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj in Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport RS in se izvaja v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020, prednostne osi 1 Krepitev raziskav, tehnološkega razvoja in inovacij.

11. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij je bila izredno dobro sprejeta in obiskovalci so z veseljem pohvalili dobro organizacijo in prijaznost izvajalcev ter njihovo pripravljenost za pomoč.

Maja Ivanišin, mag. Robert Blatnik in Robert Premk, Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan«

drylin® N

- pospeški do 100 G
- brez mazanja in vzdrževanja
- majhno trenje z majno obrabo
- visoke hitrosti do 15 m/s
- nizka teža in višina



HENNlich

Pokličite nas:
04/532 06 05



www.hennlich.si

INSTITUT »JOŽEF STEFAN« V LJUBLJANI ORGANIZIRAL SREČANJE SEKTORSKIH SKUPIN BIOCHEMTECH IN ICT INDUSTRY & SERVICES, ENTERPRISE EUROPE NETWORK

Sodelavci *Centra za prenos tehnologij* in inovacij (CTT) na *Institutu »Jožef Stefan«* (IJS) smo 9. in 10. oktobra 2018 organizirali sestanek dveh sektorskih skupin mreže *Enterprise Europe Network* (EEN), največje tehnološke podjetniške mreže, v kateri se povezujemo s preko štiri tisoč organizacijami v Evropi in širše v podporne storitve za podjetja in raziskovalce. Srečanje sektorske skupine BioChemTech, specializirane za trženje tehnologij s področja biotehnologije in kemije, ter sektorske skupine ICT Industry & Services, specializirane za trženje Informacijsko-komunikacijskih tehnologij, je potekalo v prostorih *Centra inovativnega podjetništva* NLB, Ljubljana.



Uvodne predstavitve projekta Enterprise Europe Network za sektorski skupini BioChemTech in ICT Industry & Services

Člani EEN so specializirani za trženje tehnoloških in poslovnih ponudb in povpraševanj ter iskanje raziskovalnorazvojnih priložnosti tako za podjetja kot za javne raziskovalne organizacije. V okviru projekta EEN pa je aktivnih tudi 17 sektorskih skupin, od katerih vsaka specifično pokriva določena področja (gospodarske sektorje), npr. biotehnologijo, informatiko, materiale, okolje, agronomijo, kreativne industrije itd. Vsaka sektorska skupina združuje člane iz različnih evropskih držav, ki se specializirano ukvarjajo s trženjem tehnologij posameznega sektorja.

V Ljubljani smo gostili člane sektorskih skupin BioChemTech in ICT Industry & Services, ki obsegata 25 in 50 članov. Organizacijo sestanka obeh sektorskih skupin sta s pomočjo sodelavcev CTT izvedla dr. Levin Pal, član in podpredsednik sektorske skupine BioChemTech, in mag. Robert Blatnik, član

sektorske skupine ICT Industry & Services. V prvem dnevu sta po uvodnem nagovoru Gregorja Sakoviča, vodje *Centra inovativnega podjetništva*, in mag. Roberta Blatnika s *Centra za prenos tehnologij* in inovacij na IJS potekala ločena sestanka članov posameznih sektorskih skupin. Za intenzivno mreženje med člani obeh sektorskih skupin je CTT organiziral dvostranske sestanke (SG2SG brokerage event), katerih namen je bil predvsem identificirati teme za nadaljnje sodelovanje. Prednost srečanja dveh sektorskih skupin je prav v tem, da pride do izmenjave izkušenj in novih povezav med dvema področjema. ICT skupina je 9. oktobra obiskala tudi izbrane raziskovalne odseke IJS. Člani sektorske skupine so si s precejšnjo mero zanimanja ogledali Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko, Odsek za sisteme in vodenje in Odsek za inteligentne sisteme.



Razstavljeni keramični materiali Odseka za nanostrukturne materiale, IJS, in izumitelj Jure Franko s svojim izumom – zložljivo smučko



Ločena sestanka članov Sektorske skupine BioChemTech (levo) in ICT Industry & Services (desno)

Drugi dan sta imeli sektorski skupini združeno srečanje z izmenjavo izkušenj, ki sta jih dopolnili predstavitvi predstavnikov Evropske komisije in agencije EASME. Gospa Robayna Alfonso Idaira je predstavila priporočila agencije EASME za delovanje sektorskih skupin in rezultate mreže EEN. Gospod Eoghan O'Neill iz Evropske komisije je predstavil Innovation Radar, ki je nova platforma za izmenjavo informacij o evropskih inovacijah. Predstavljene so

bile možnosti za nadaljnji razvoj inovacijskega okolja v Evropi in širše ter orodja, ki ga omogočajo in spodbujajo. Drugi dan so avtorji novih inovativnih tehnologij iz raziskovalnih organizacij v kratkih petminutnih »pitch« predstavitev opisali svoje inovacije in načrte za nadaljnji razvoj, za kar potrebujejo pomoč mreže EEN. V obeh dnevih so bili na ogled napredni keramični materiali z aplikacijami v medicini z Odseka za nanostrukturne materiale, IJS, in zložljiva smučka izumitelja Jureta Franka.



Dvostranski sestanki (SG2SG brokerage event) za boljše mreženje članov sektorskih skupin BioChemTech in ICT Industry & Services

Srečanje sektorskih skupin smo ob precejšnji konkurenci za organizacijo tovrstnih srečanj v drugih partnerskih državah mreže EEN organizirali z namenom promocije IJS, slovenske znanosti in gospodarstva ter vzpostavljanja novih povezav z mednarodnimi partnerji. Glede na številne pozitivne povratne informacije in pohvale članov sektorskih skupin in predstavnikov EC, ki so kot govorniki sodelovali v programu, za odlično organizacijo dogodka in navdušenje nad IJS in Slovenijo nasploh se veselimo novih priložnosti za mednarodna sodelovanja z organizacijami, ki jih zastopajo člani sektorskih skupin v svojih državah.

Besedilo in fotografije: Levin Pal, Robert Blatnik, Tomaž Lutman in Matej Mrak, Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan«

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

USPEŠNA UDELEŽBA ČLANOV KONZORCIJA KTT NA 16. MEDNARODNI RAZSTAVI INOVACIJ (ARCA) V ZAGREBU



Razstveni prostor KTT Slovenija na ARCA 2018 (Foto: Fakulteta za informacijske študije Novo mesto).

Na 16. Mednarodni razstavi inovacij (ARCA), združeni s sejmom kmetijskih inovacij (AGRO ARCA), je v Zagrebu med 18. in 20. oktobrom 2018 na tekmovanju, kjer je bilo predstavljenih 150 izumov iz kar 8 držav, ob podpori Centra za prenos tehnologij in inovacij v okviru projekta Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo sodelovalo kar pet izumov članov omenjenega konzorcija, od katerih so kar štirje prejeli nagrado. Konzorcij del-

no financirata Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR) ter Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport RS in katerega aktivnosti se izvajajo v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020, prednostne osi 1 Krepitev raziskav, tehnološkega razvoja in inovacij.

Člani so bili prejemniki treh srebrnih in ene bronaste medalje. Med dobitniki nagrad so tudi Marija Vukomanović, Srečo Davor Škapin in Danilo Suvorov z Instituta »Jožef Stefan« za izum Kompozitni material na osnovi keramične faze in kovine s funkcionalizirano površino, kot okolju prijazni materiali z antibakterijskim delovanjem, metoda priprave in njihova uporaba. Izum s področja nanotehnologije se lahko uporablja za vse antibakterijske izdelke, kjer se sicer uporablja srebro, ki pa ima določene toksične lastnosti, kar je pomanjkljivost, ki jo izum odpravlja. Vsem dobitnikom nagrad iskreno čestitamo!

Nataša Požarnik,
Center za prenos tehnologij in inovacij
na Institutu »Jožef Stefan«



IRT 3000
INOVACIJE • 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

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

UGODNOSTI ZA NAROČNIKE REVIE

Vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak

WWW.IRT3000.COM

Na voljo tudi digitalna različica revije

MEDNARODNI INDUSTRIJSKI SEJEM LETOS PONOVO PRIZORIŠČE SVETOVNIH NOVOSTI

Najpomembnejši proizvajalci, nosilci ključnih blagovnih znamk na področju orodjarstva, strojegradnje, varjenja in rezanja, materialov in komponent ter naprednih tehnologij se bodo letos od 9. do 12. aprila predstavili na Mednarodnem industrijskem sejmu v Celju. Na Celjskem sejmu z zadovoljstvom ugotavljajo, da je odziv razstavljalcev izjemen, tudi letos bo sejnišče v celoti polno.



Odličen odziv razstavljalcev napoveduje bogato sejmsko dogajanje

Na Mednarodnem industrijskem sejmu bodo predstavljene svetovne novosti, ki jih zaradi velike vrednosti ni mogoče videti v živo nikjer drugje. Sejem je tako edina priložnost, da se seznanite z najnovejšimi trendi posameznih področij, njihovo delovanje pa bodo neposredno predstavili strokovnjaki iz tovarn. Letos bodo med drugimi predstavljene novosti v programskih opremljenih CAD, IoT in PLM, robotsko varjenje CMT, najnovejši upogibni stroj, novi stroji za orbitalno varjenje, prikazan bo povsem nov postopek varjenja TIPTIG, pa tudi največje varilne klešče na svetu.

Preizkusite se na državnem tekmovanju varilcev

Celjski sejem bo skupaj s strokovnimi partnerji poskrbel tudi za aktualno strokovno dogajanje. Na Dnevu varilne tehnike se bodo zbrali strokovnjaki s področja varjenja, na tradicionalnem državnem tekmovanju varilcev pa se bodo imeli možnost izkazati najboljši v Sloveniji. Prvi dan bodo na sejmu podelili tudi sejmska priznanja.

Obrtno-podjetniška zbornica o varnosti v tehnološkem procesu

Sekcija kovinarjev in plastičarjev Obrtno-podjetniške zbornice bo v četrtek, 11. aprila, v sejni sobi Celjanka ozaveščala o vidikih zagotavljanja skladnih

in varnih strojev na trgu oz. tehnološkem procesu. Predavala bo Emilija Bratovž.

98-odstotna zasedenost napoveduje presežke na vseh področjih

Mednarodni industrijski sejem tri mesece pred začetkom beleži kar 98-odstotno zasedenost več kot 20.000 m² pokritega razstavnega prostora. Mednarodni industrijski sejem bo tako znova upravičil sloves največjega in najpomembnejšega sejma teh dejavnosti v CEE-regiji. Na sejmu bodo prisotni vsi, ki na tem področju kaj pomenijo v Evropi in tudi širše ter želijo skleniti nove posle za svoje izdelke in storitve. Prav strokovni sejmi, kot je Industrijski sejem, so po besedah izvršnega direktorja Celjskega sejma mag. Roberta Otorepca dokaz, da so sejmski dogodki kljub vsem novim tehnologijam in digitalizaciji še vedno pomembno orodje, ki podjetjem v obdobju hitrega razvoja omogočajo enostavno predstavitev novosti in takojšnje testiranje, kako se bodo te obnesle na trgu.

Za še več informacij o sejmu, predstavljenih novostih in spremljajočem programu pa obiščite www.ce-sejem.si.



INDUSTRIJA IN OGREVANJE PRI S3C, D. O. O.



V podjetju S3C, d. o. o., nudijo tudi dodaten prodajni program opreme za industrijo in ogrevanje poznanih proizvajalcev. Izdelki niso dostopni preko spletne trgovine, ampak po povpraševanju. Širok asortiman izdelkov ponuja skoraj vso industrijsko opremo ter naprave za ogrevanje, in sicer: krogelne pipe, zaporne ventile, kompenzatorje, ventile s pogonom, varnostne ventile, tesnila, cevi, črpalke in tlačne posode, termostate, manometre, tipala, frekvenčne pretvornike, merilnike pretoka in še veliko več.

Prednosti ponudbe podjetja S3C, d. o. o., so prilagajanje kupcem, hitra odzivnost in celovita obravnava. Zaupajte jim odločitev pri izbiri pnevmatike, hidravlike in industrijskih armatur.



Za vas so na voljo vsak delavnik od 8.00 do 16.00 - temeljito se bodo posvetili prav vsakemu od vas! Celotno ponudbo lahko vidite tudi v spletni trgovini www.s3c.si.

Vir:

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

Upoštevanje človeka
je prvo pravilo robotike.



Man and Machine

www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

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

DOMEL
Ustvarjamo gibanje

STÄUBLI

VISOKONAVORNA MONTAŽNA ORODJA – DO 70 000 Nm

Uveljavljeno podjetje *Atlas Copco Tools* na sejmih predstavlja sodobna orodja za montažo z visokimi navori in silami za prednapenjanje. Predstavljajo hidravlične vijahnike z momenti preko 70 000 Nm ter elektronsko krmiljene visokonavorne vijahnike *Tensor Revo 4HA*. Ti zajemajo vse podatke o procesu vijachenja, preprečujejo mogoče izpuščanje vijakov in zagotavljajo brezhiben naknadni nadzor vsake posamične vijachne zveze. Z nadaljnjim razvojem in izboljšavami jih je mogoče opremiti še z akumulatorjem.

Takšna je že izvedba akumulatorskega visokonavnega vijahnika STB 800. Ergonomsko oblikovana baterijska orodja so prvič prikazana na nemškem sejmu vetrne energije v Hamburgu. »Hidravlične vijahnike iz programa *Tentec* je praktično mogoče prilagoditi skoraj vsaki zahtevi sodobne vetrne tehnike,« pravi njihov manager Dirk Westrup.

Vir:

Fluid 52 (2018) 9 – str. 10

KAKŠEN POGON?

NOVOSTI ELEKTRIČNEGA POGONA NA SEJMIH!

Na jesenskem Hannoverškem sejmu 2018 so bila predstavljena tudi različna gospodarska vozila. Poleg digitalizacije so posebej poudarjena vprašanja sodobnih pogonov. Ob učinkovitem pogonu z dizelskim motorjem prihajajo v ospredje hibridna in električna tovorna vozila. *Volvo Truck* naj bi z njihovo prodajo resno pričel letos. Gre za 27-tonski tovornjak za odvoz smeti. Tudi *MAN* dela na razvoju takšnega vozila z električnim pogonom, ki naj bi letos šlo v

preskusno uporabo. *Renault Truck*, ki tudi spada v skupino *Volvo*, pa po desetletnem preskušanju predstavlja že drugo generacijo gospodarskih vozil z nosilnostjo med 3,5 in 26 tonami za mestno uporabo. Na Hannoverškem sejmu pričakujejo že več kot 2 000 razstavljalcev in več kot 250 000 obiskovalcev.

Vir:

Fluid 52 (2018) 9 – str. 64



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.

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

RAZVOJ DVOPOTNEGA TOKOVNEGA VENTILA S TLAČNIM KOMPENZATORJEM - 2. DEL

Jaka Čadež, Anže Čelik

Izveček:

Dvopotni tokovni ventil s tlačnim kompenzatorjem predstavlja v hidravliki člen, ki omogoča kontroliranje količine toka fluida (tj. pretoka), posledično pa tudi hitrosti izvršilnih elementov. Omenjeno funkcionalnost je sicer mogoče doseči tudi s črpalko z nastavljivo iztisinno, vendar je z uporabo namenskega ventila to mogoče izvesti precej enostavneje. Tovrstni ventil ima vgrajen tlačni kompenzator, ki vzdržuje konstanten padec tlaka (med vhodno in izhodno stranjo ventila), posledično pa se z nastavljivimi režami določa potrebna količina pretoka.

V prispevku je prikazan postopek razvoja dvopotnega ventila s tlačnim kompenzatorjem. Glede na ciljno področje uporabe (mobilne aplikacije) se za tovrstni ventil zahteva visok delovni tlak (do 500 barov) pri predpisanem nazivnem pretoku (do 100 l/min). Pri tovrstnih aplikacijah so želene stabilnost delovanja v celotnem področju obratovanja in nizke energijske izgube v ventilu.

Uvodoma sta predstavljena osnovni princip delovanja dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem in tipičen primer vgradnje. Nadalje so prikazani teoretične osnove tokovnega ventila, razvojne aktivnosti na ključnih detajlih ter koraki do njihove optimizacije.

Eksperimentalno izmerjene karakteristike dvopotnega tokovnega ventila so v nadaljevanju primerjane z rezultati simulacij. Začetno neujemanje je bilo vzrok za podrobnejšo analizo obstoječega koncepta. Dodatna razvojna iteracija je odpravila pomanjkljivosti na ventilu, ponovna primerjava med eksperimentalnim in numeričnim pristopom pa je pokazala precej boljše ujemanje rezultatov oz. karakteristik dvopotnega tokovnega ventila.

Na osnovi uspešnega razvoja osnovne funkcije dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem bo slednja razširjena na celotno družino tokovnih ventilov (tj. za različne nazivne pretoke).

Ključne besede:

hidravlika, tlačni kompenzator, tokovni ventil, padec tlaka, razvoj, simulacije

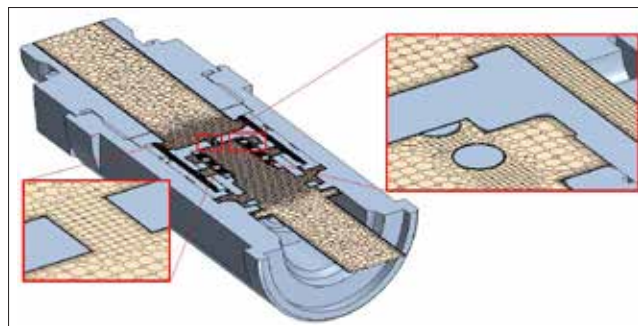
3.2.3 Tokovne analize

Simulacije toka tekočine (angl. CFD) na osnovi metode končnih volumnov smo v danem primeru prav tako uporabili že v fazi idejne zasnove produkta, s čimer smo potrdili oz. ovrgli določeno geometrijsko rešitev (ki npr. ne ustreza zahtevanim pogojem glede dopustnih tlačnih padcev). Tudi pri uporabi omenjenega simulacijskega pristopa velja, da se je s pravilnim pristopom mogoče izogniti nepotrebni ter (časovno in stroškovno) potratnim testiranjem idejnih zasnov oz. prototipov. S tem se lahko bistveno skrajša čas dobave izdelka na tržišče.

V danem primeru je bil analiziran celoten ventil z vsemi sestavnimi deli. Dodatno je bil za potrebe to-

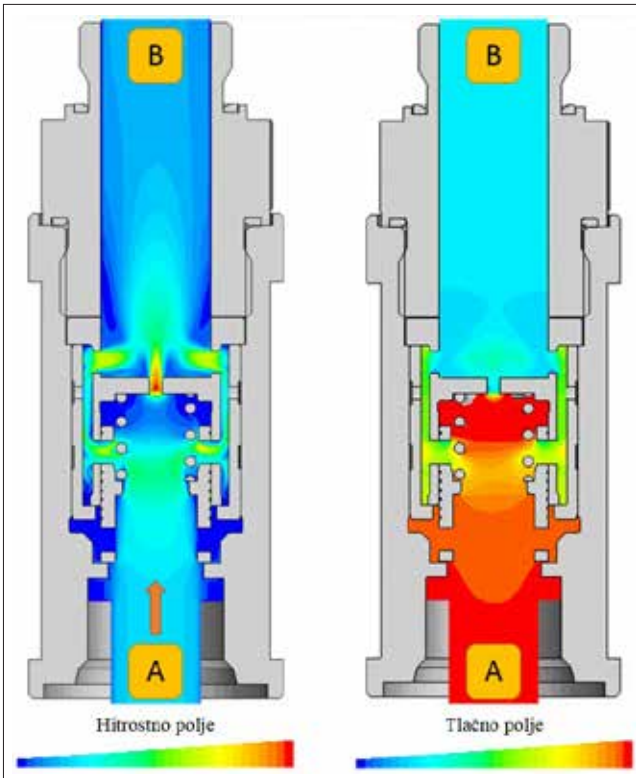
kovne analize vgrajen čep na vhodni strani ventila, ki je tudi sicer vgrajen med njegovo uporabo.

Za potrebe tokovne analize je omočeni oz. efektivni volumen najprej potrebno pomrežiti (oz. diskretizirati). Slednje prikazuje *slika 17*. Za dober popis tlačnega in hitrostnega polja je mrežo potrebno lokalno zgostiti.



Slika 17 : Mreža z lokalnimi zgostitvami

Jaka Čadež, dipl. inž., mag. Anže Čelik, univ. dipl. inž., oba Poclairn Hydraulics, d. o. o., Žiri



Slika 18 : Numerično izračunano hitrostno polje (levo) in tlačno polje (desno) za smer pretoka A→B

Tokovna analiza med drugim ponuja podrobni vpogled v tokovno in tlačno polje (slika 18). Slednje bi

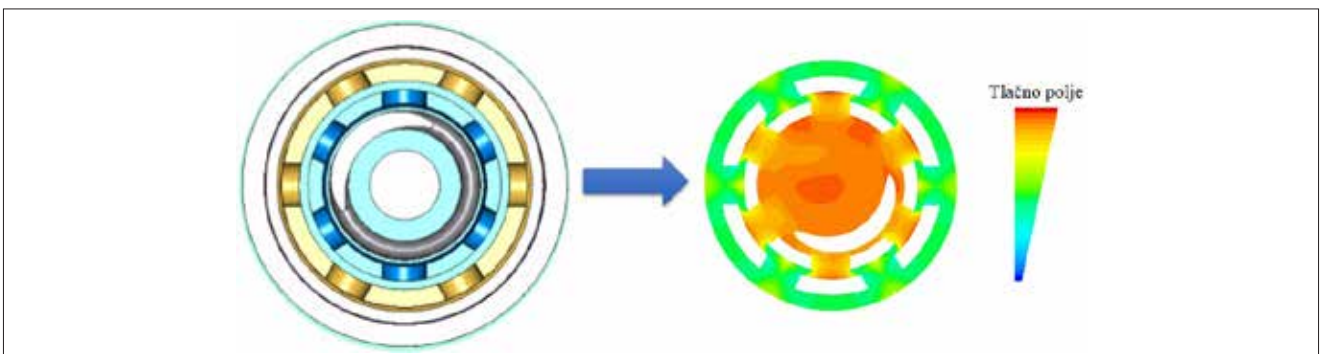
bilo praktično nemogoče oz. zelo težko vrednotiti z eksperimentalnim pristopom. Iz rezultatov je mogoče hitro in jasno razbrati lokalne zastojne tlake, tlačne izgube zaradi lokalnih zožitev, nenadnih sprememb geometrije idr. Prav tako pa je mogoče dobljeno tlačno polje uporabiti pri trdnostni analizi izbrane komponente (t. i. sklopljene analize – trdne in toka tekočine).

Parametrično zasnovana analiza pa omogoča tudi vrednotenje različnih idejnih zasnov izdelka oz. vrednotenje izbrane rešitve pri različnih položajih gibajočih se delov. *Slika 19* prikazuje tlačno polje v primeru neporavnanih radialnih zaslonk (koncept z utorom).

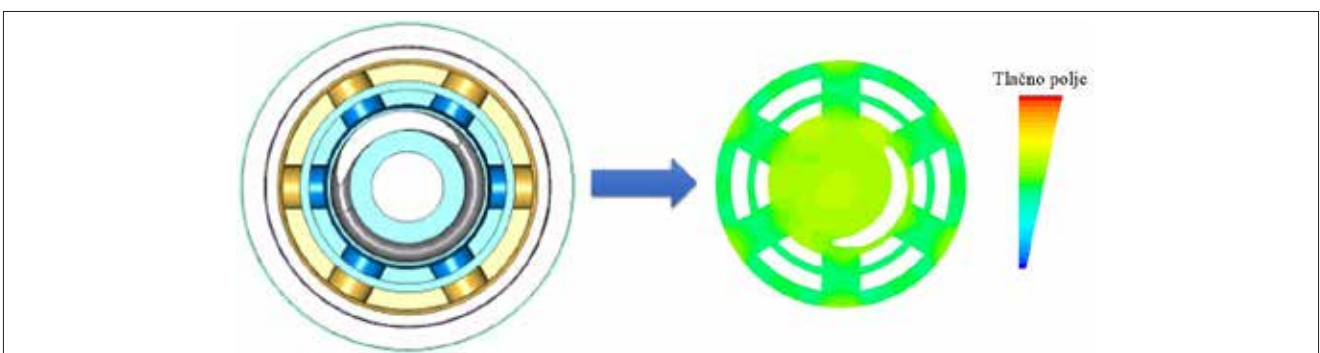
Slika 20 pa prikazuje tlačno polje v primeru poravnanih radialnih zaslonk (koncept z utorom). Ker je legenda v obeh primerih nastavljena na enake vrednosti, je primerjava tlakov za oba primera postavitev radialnih izvrtin evidentna.

3.2.4 Dinamične analize

S pojmom dinamične analize označujemo analize v časovnem ali frekvenčnem prostoru. Poleg stacionarnih razmer je pomembno simulirati tudi prehodne pojave in druga morebitna nestabilna področja delovanja (npr. oscilacije). Za tovrstne potrebe se uporabljajo enodimenzionalni (1D) diskretni modeli, ki načeloma časovno in računsko niso potratni (vsaj ne primerjalno glede na podobni analizi MKE oz. CFD).



Slika 19 : Numerično izračunano tlačno polje v primeru neporavnanih radialnih



Slika 20 : Numerično izračunano tlačno polje v primeru poravnanih radialnih

Slika 21 prikazuje 1D diskretni model tokovnega ventila, ki je bil zgrajen v programskem paketu AMESim. Tovrstni model ponuja številne izhodne veličine za posamezen gradnik (tak primer je npr. gib bata, ki ga je z eksperimentalnim pristopom nekoliko težje pomeriti).

Slika 22 prikazuje tlačni padec skozi tokovni ventil glede na smer pretoka in orientacijo radialnih zaslonk. Slika 23 pa prikazuje pomik notranjega bata (poz. 8) glede na pretok skozi tokovni ventil. Slika 24 prikazuje karakteristiko $p(Q)$ za smer pretoka $A \rightarrow B$ skozi tokovni ventil.

Z umerjenim modelom je mogoče zanesljivo, relativno enostavno in hitro pokazati pomembne faktorje (oz. vhodne parametre), ki imajo največji vpliv na karakteristiko tokovnega ventila. Slika 25 prikazuje vpliv zračnosti (dc) med notranjim (poz. 8) in zunanjim batom (poz. 3) na pretok skozi ventil.

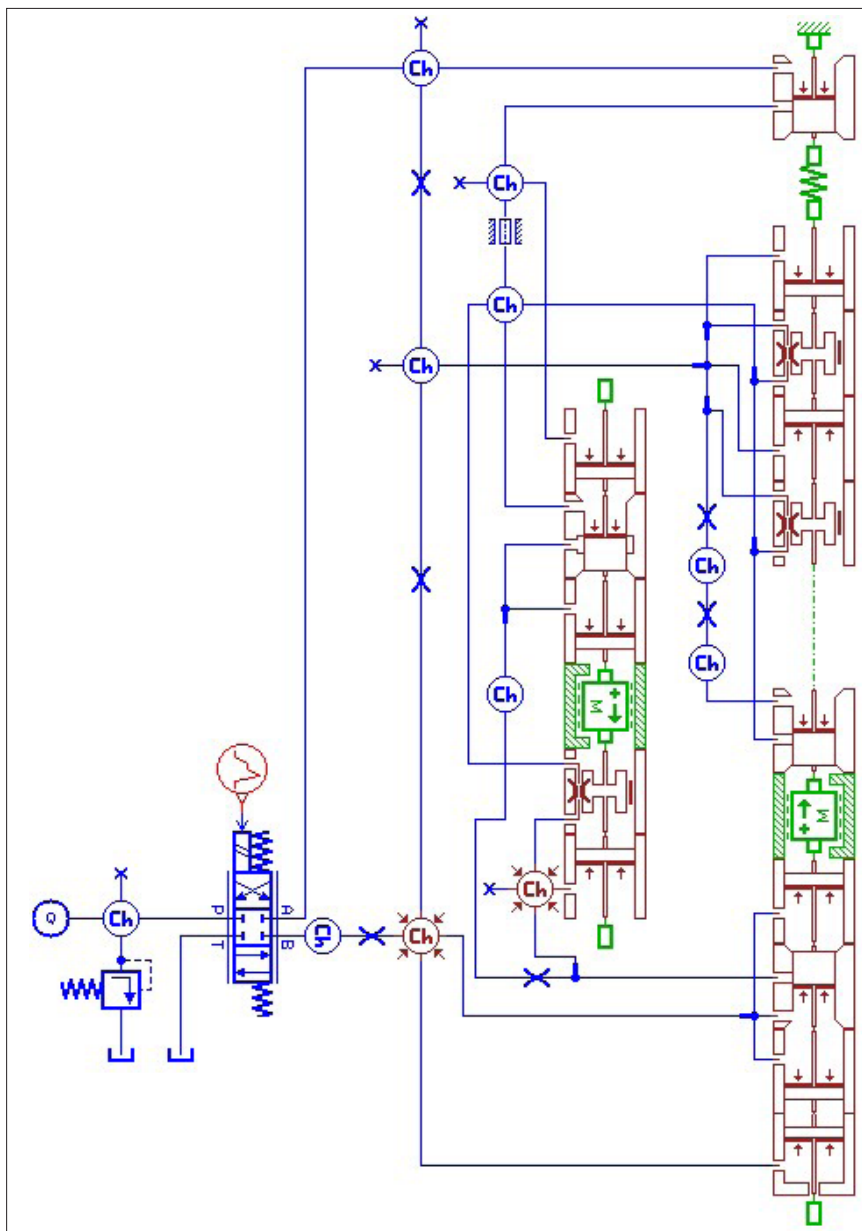
Slika 26 prikazuje vpliv koeficienta tokovne sile (kjet) na pretok skozi tokovni ventil. Pri slednjem je opazen znaten vpliv tokovne sile. Posledično je potrebno nameniti pozornost pravilni izbiri koeficienta tokovne sile (ki pa ga je najlažje pridobiti na osnovi analize CFD).

Slika 27 pa prikazuje diagram Q - dp z dopustnimi mejami. Razvidno je, da dobljena karakteristika zadostuje pogojem, ki jih določata zgornja in spodnja meja.

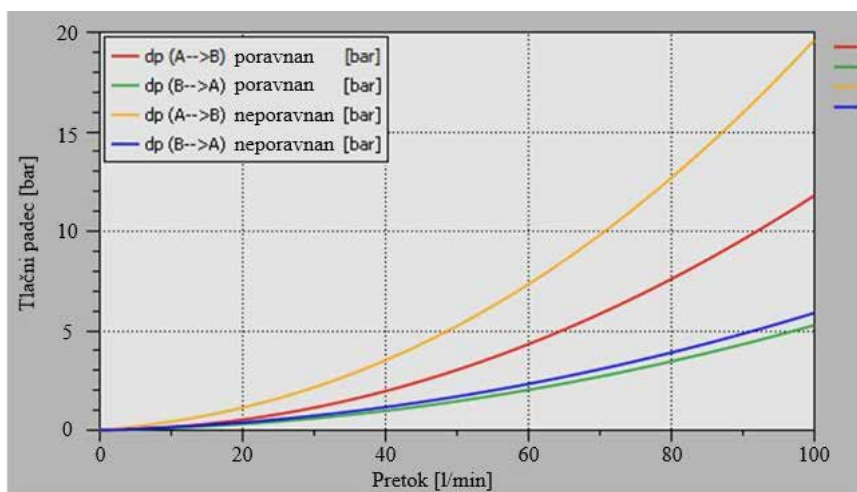
3.2.5 Zaključki

Na primeru tokovnega ventila s tlačno kompenzacijo so bila uporabljena različna simulacijska orodja in analitični preračuni standardnih komponent. Tovrstna orodja so del utečenega razvojnega procesa v podjetju in hkrati predstavljajo nepogrešljiv pristop pri vrednotenju in validaciji komponent in sistemov.

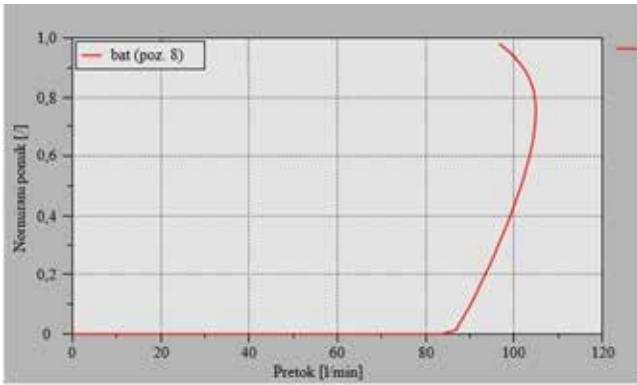
Simulacije na osnovi metode končnih elementov (MKE) smo v danem primeru uporabili že v fazi idejne zasnove ventila, s čimer



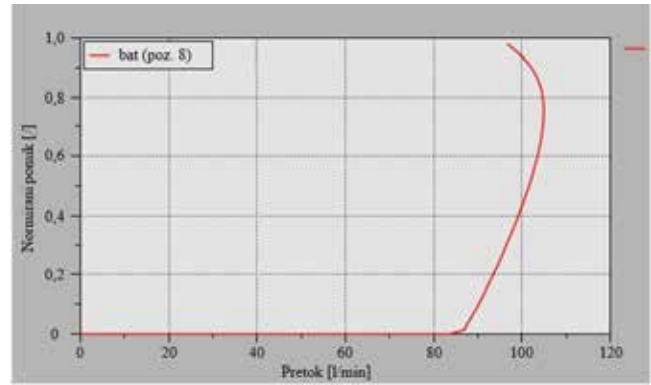
Slika 21 : Enodimenzionalni diskretni model tokovnega ventila



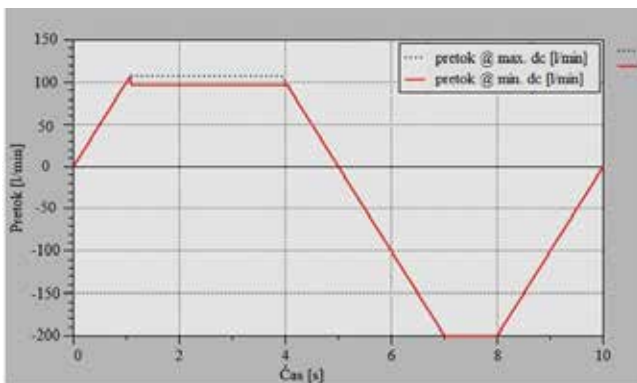
Slika 22 : Izračunan (1D) tlačni padec skozi ventil glede na smer pretoka in orientacijo radialnih zaslonk



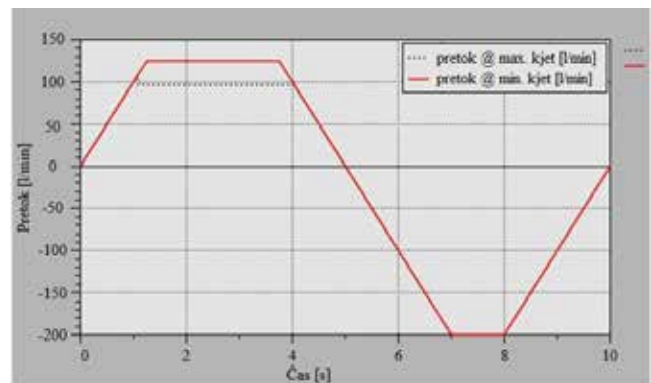
Slika 23 : Izračunan (1D) pomik notranjega bata glede na pretok skozi ventil



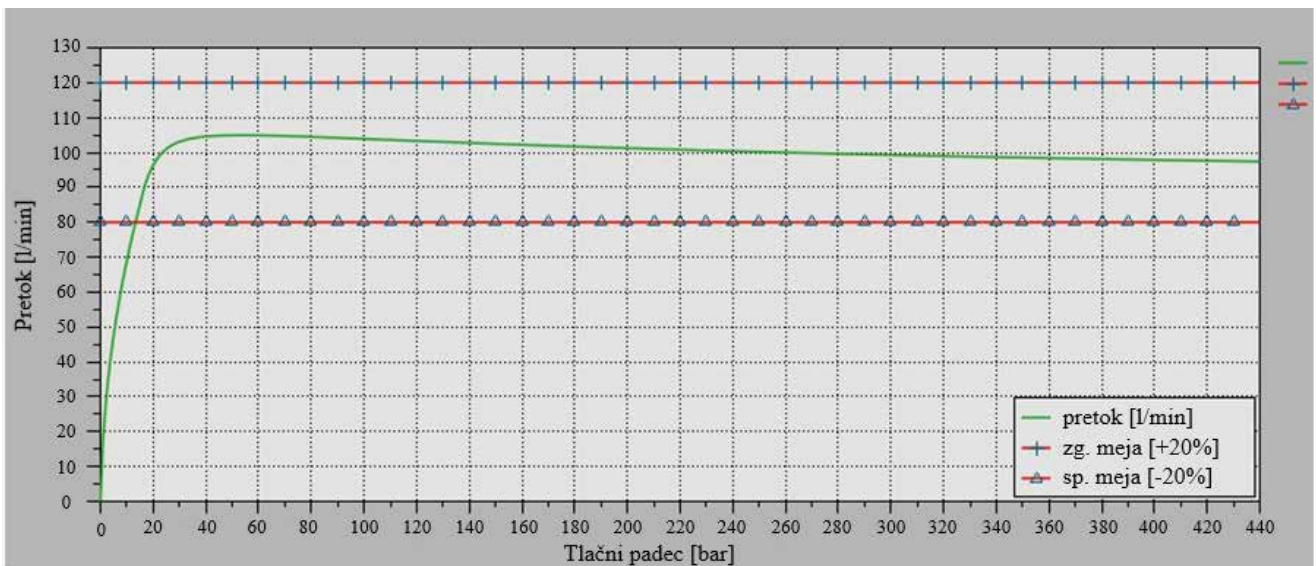
Slika 24 : Izračunana (1D) karakteristika $p(Q)$ za smer pretoka $A \rightarrow B$



Slika 25 : Vpliv zračnosti med batom in zunanjim batom po 1D preračunu



Slika 26 : Vpliv tokovne sile na bat (poz. 8) po 1D preračunu



Slika 27 : Diagram $Q-dp$ z dopustnimi mejami po 1D preračunu

smo potrdili oz. ovrgli določeno geometrijsko rešitev. Kot je prikazano v poglavju 3.2.1, so vse napetosti na posameznih sestavnih delih ventila znotraj dopustnih vrednosti. Verodostojnost dobljenih rezultatov bo potrebno potrditi s trajnostnim testom ventila.

Za komponente standardnih oblik so standardizirani tudi njihovi preračuni, in sicer v skladu z veljavnimi standardi. Tvrsten primer (analitičnega) preračuna je cilindrična tlačna vzmet, katere enačbe so podane v EN 13906-1. Prav tako se tudi stri-

žne razmere v navojih preračunavajo po poenostavljenih enačbah statike.

Simulacije toka tekočine (angl. CFD) na osnovi metode končnih volumnov smo v danem primeru prav tako uporabili že v fazi idejne zasnove produkta, s čimer smo potrdili oz. ovrgli določeno geometrijsko rešitev (s stališča dobljenih tlačnih padcev). Omejeno metodo v podjetju s pridom uporabljamo tudi v primeru t. i. sklopljenih analiz, in sicer za določitev potrebnih koeficientov, uporabljenih v 1D simulacijah.

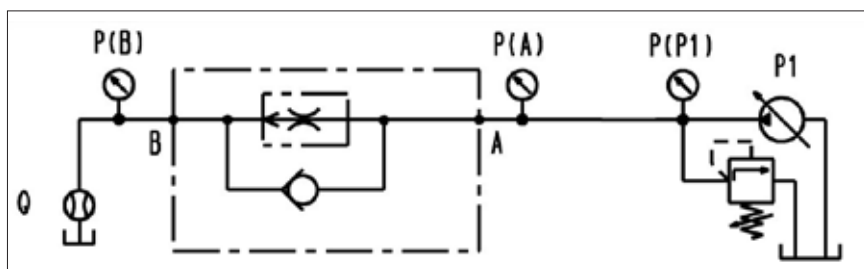
Poleg simuliranja stacionarnih razmer je izrednega pomena tudi vrednotenje dinamičnih razmer v ventilu. To nam omogoča uporaba namenskega simulacijskega orodja, s katerim ventil popišemo v smislu kibernetnega (1D) modela. V osnovi tovrstni model računsko in časovno ni potraten, kar omogoča hitro vrednotenje različnih scenarijev. Dobljene karakteristike na dvopotnem tokovnem ventilu (npr. krivulja Q-p) se dobro ujemajo z eksperimentalno izmerjenimi. Pomembno pa je tudi dejstvo, da z omenjenim simulacijskim orodjem nismo zaznali nestabilnosti znotraj obratovalnega področja, kar pa je potrdil tudi eksperiment.

3.3 Eksperimentalni pristop

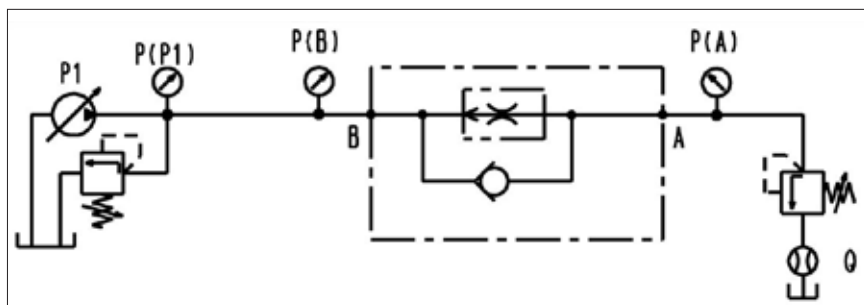
Po izdelavi in montaži vseh komponent smo tokovni ventil še praktično preizkusili na preizkuševališču v podjetju. V tem delu smo analizirali delovanje in izmerili karakteristike ventila.

3.3.1 Shema preizkusa

Pri eksperimentalnem delu smo se najbolj posvetili meritvam tlačnih padcev skozi ventil. V začetku



Slika 28 : Shema merilne verige - tlačni padec A→B



Slika 29 : Shema merilne verige - tlačni padec B→A

razvoja ventila smo si zadali, da bodo tlačni padci pod mejo 10 bar.

Najprej smo izmerili tlačne padce v smeri regulacije (A→B). Meritve smo izvedli po hidravlični shemi, ki je prikazana na *sliki 28*.

Pretok smo nastavili na 100 l/min, nato pa konstantno povečevali tlak do maksimalne vrednosti in izmerili tlačne padce.

Na enak način smo izmerili tlačne padce še v povratni smeri (B→A) po hidravlični shemi, prikazani na *sliki 29*.

Tudi v tem primeru smo nastavili pretok na 100 l/min in izvedli meritve tlačnih padcev.

Za natančne meritve karakteristike ventila je potrebna ustrezna umestitev merilnika v merilno verigo, da imamo čim manjši vpliv izgub preko cevovodov in drugih elementov.

Kot smo že poudarili, so pri tem najpomembnejši tlačni padci, hkrati pa je pomembna tudi karakteristika pretoka v odvisnosti od spremembe tlaka. S tem preverimo, ali ventil opravlja svojo funkcijo. To meritev smo opravili pri pretoku 100 l/min, kot cilj pa želimo čim bolj konstanten pretok v odvisnosti od spremembe tlaka (maksimalno odstopanje $\pm 20\%$). Konstanten pretok pri različnih spremembah tlaka pove, da je tudi hitrost na porabniku ne glede na teža bremena konstantna. To funkcijo imenujemo tlačna kompenzacija.

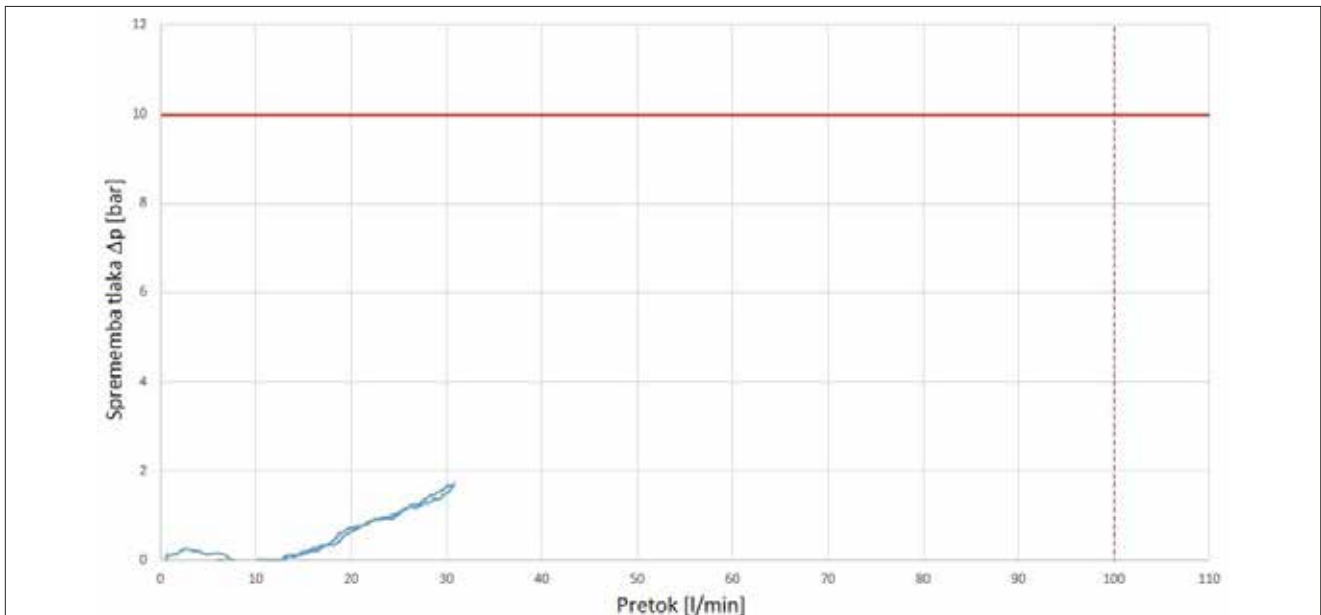
3.3.2 Koncept 1

Pri začetku testiranja tokovnega ventila se je pojavila težava, saj smo pri meritvi tlačnih padcev v regulacijski smeri dosegli pretok približno 30 l/min, ne pa želenega 100 l/min. To lahko jasno vidimo tudi na *sliki 30*.

Po analiziranju ustreznosti veza ve na preizkuševališču in 3D modela smo ugotovili, da smo pri konstruiranju komponent naredili napako. Pri komponentah sedeža in notranjega bata, ki nastavljata pretočne reže, nam nič ne zagotavlja, da bodo izvrtine po obodu vedno poravnane in bo kapljevina normalno tekla skozi. Zato smo predvideli, da so te reže nekoliko prekrite, posledično pa je bil tudi pretok manjši (30 l/min).

Slika 31 prikazuje možnosti postavitve sedeža in notranjega bata, ki nastavljata pretočno režo:

- poravnana postavitvev - prerez A-A,
- delno prekrita postavitvev - pre-



Slika 30 : Rezultati prvega testa - dosežen največji pretok 30 l/min

- rez B-B in
- popolna prekrita postavitev presež C-C.

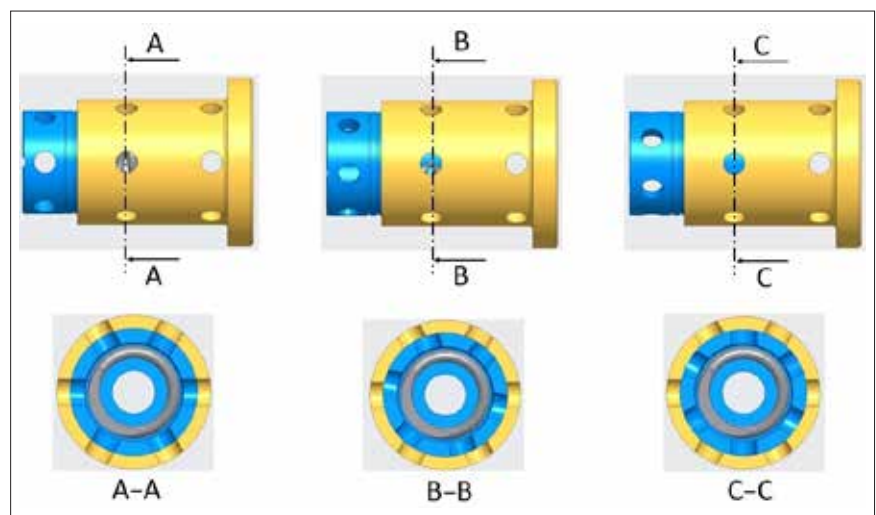
Poudariti moramo tudi to, da obstaja veliko več možnih postavitev, torej se lahko komponenti premakneta za poljubno kot glede na izvrtine po obodu.

3.3.3 Koncept 2

Po prvem neuspelem testu smo se odločili, da naredimo dodelavo. Po obodu notranjega bata smo naredili utor, kot prikazuje *slika 32*. Utor omogoča in zagotavlja, da kapljevina teče skozi pretočne reže z zelenim pretokom ne glede na to, za kakšen kot sta komponenti zamaknjeni.

Po izdelavi utora na notranjem batu smo ventil ponovno preizkusili. Brez težav smo dosegli želeni pretok kapljevine 100 l/min. Kot smo že omenili, smo meritve tlačnih padcev izvedli za obe smeri (A→B in B→A). Zaradi lažje analize in boljšega pregleda nad rezultati smo meritve tlačnih padcev prikazali na enem grafu.

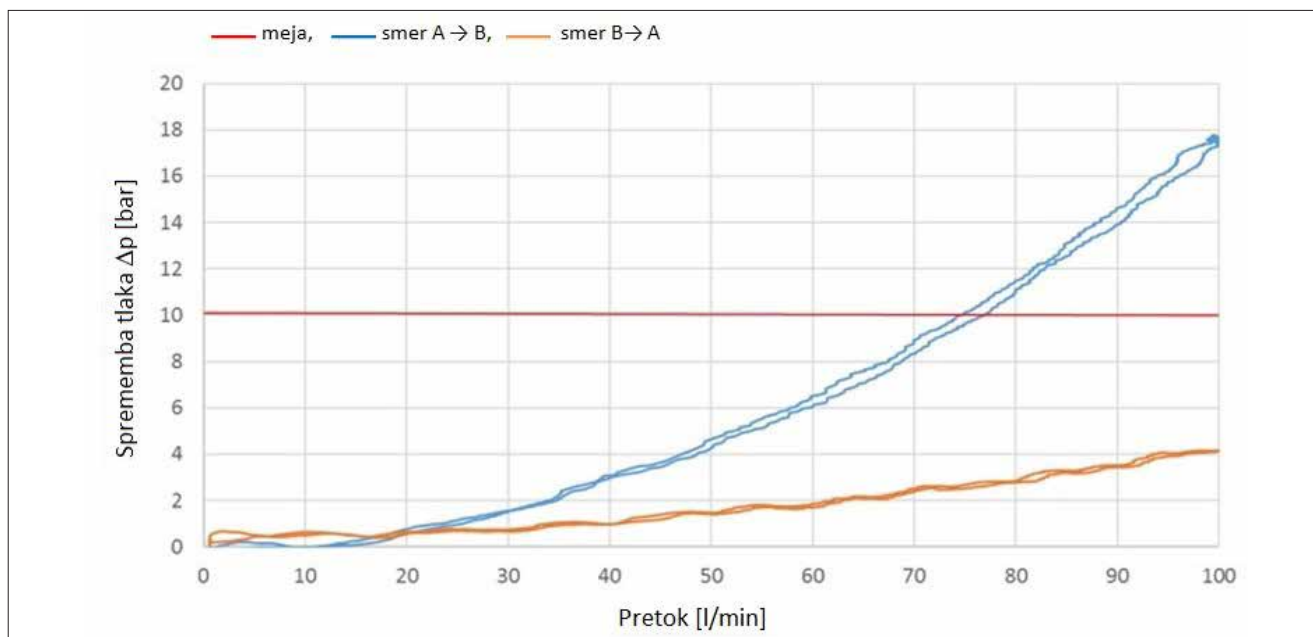
Rezultati so prikazani na grafu (*slika 33*). Vidimo, da so tlačni padci večji v regulirani smeri, saj se v tem primeru kapljevina bolj upira kot v obratni smeri. V začet-



Slika 31 : Možne postavitve notranjega bata in sedeža



Slika 32 : Prikaz dodanega utora na notranjem batu in prežez CAD-mođela s poravnanimi in neporavnanimi izvrtinami po obodu



Slika 33 : Rezultati meritev tlačnih padcev (A→B in B→A)

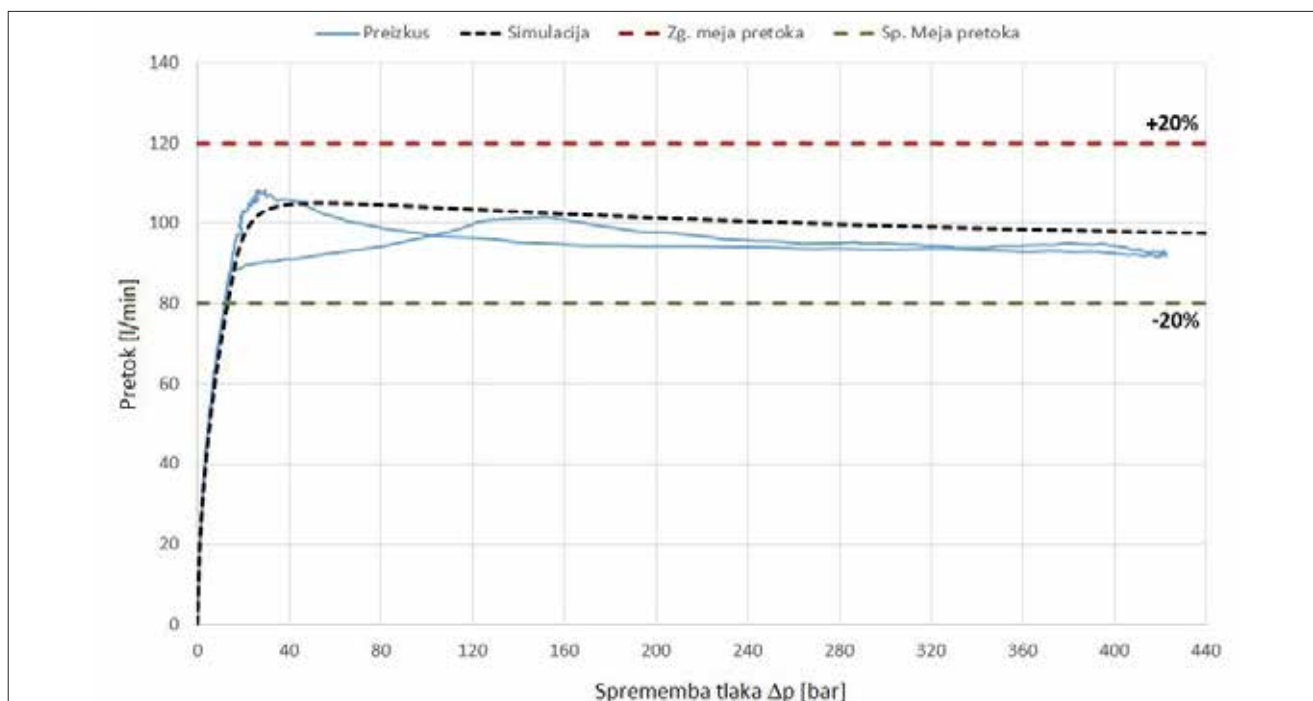
ku smo si kot cilj zadali tudi to, da je meja tlačnih padcev 10 bar. Z grafa je razvidno, da temu pogoju nismo zadostili (smer regulacije) v celoti. Zato bo potrebnega še kar nekaj dela, da bi se temu čim bolj približali.

V drugem delu meritev pa smo se osredotočili na analizo funkcije ventila (pretok v odvisnosti od spremembe tlaka).

Po izvedbi meritev smo dobili graf, prikazan na sliki 34. Opazimo lahko, da je pretok dokaj konstan-

ten v odvisnosti od spremembe tlaka, kar smo tudi pričakovali. To pomeni, da ventil zagotavlja svojo funkcijo, saj je posledica konstantnega pretoka tudi konstantna hitrost končnega porabnika ne glede na spremembo tlaka (različna teža tovara). Graf jasno prikazuje delovanje tlačnega kompenzatorja, ki ohranja konstanten pretok.

Tudi v tem primeru smo si postavili cilj oziroma zahtevo, da lahko pretok od imenske vrednosti 100 l/min odstopa za največ ±20 %. To zahtevo smo izpolnili, saj je krivulja znotraj podanih mej.



Slika 34 : Primerjava izmerjene in simulirane karakteristike pretoka v odvisnosti od tlačnega padca



Slika 35 : Razviti prototip dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem

Razlog, da krivulja ni povsem ravna, je v tem, da se ob tlačni razliki in premiku notranjega bata ne ustali v trenutku, ampak potrebuje nek krajši čas za postavitev v ravnovesno lego.

3.3.4 Zaključki

Eksperimentalni del je v prvi fazi pokazal, da se je pri konstruiranju ventila zgodila napaka, da ventil ne deluje po pričakovanjih in ne dosega želene vrednosti pretoka. Zato smo po analizi možnih vzrokov naredili dodelavo na komponenti. Po dodelavi smo na ponovnem testu ventila dosegli ustrezne rezultate, še vedno pa nismo zadostili pogoju – meja tlačnega padca 10 bar. Tudi karakteristika pretoka v odvisnosti od tlačnega padca oziroma funkcija ventila ustreza pričakovanjem in zahtevam. Če povzamemo eksperimentalni del, smo z rezultati testa in delovanjem ventila zadovoljni, še vedno pa je kar nekaj rezerve pri optimizaciji ventila.

4 Zaključki

Celoten postopek razvoja dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem je zahteval veliko dela – tako na področju konstruiranja, simulacij in na koncu tudi eksperimentalnega dela. Kot je prikazano v prispevku, tudi v tem primeru razvoja izdelka ni šlo brez težav in različnih izzivov. Glede na izkušnost sodelujočih pri razvoju smo uspeli razviti in izdelati delujoč tokovni ventil (prototip), hkrati pa smo se naučili veliko novega na področju konstruiranja in razvoja izdelkov.

4.1 Nadaljnje aktivnosti

V prihodnje želimo optimirati, hkrati pa tudi razširiti ponudbo tokovnih ventilov. Predvsem ciljamo na ventile z različnimi nazivnimi pretoki (50 l/min, 100 l/min, 150 l/min in 200 l/min) in uporabo v sistemih, kjer so visoki tlaki – do 500 bar. Glede na trg in zahteve kupcev bo treba omogočiti tudi različne vrste priključkov.

Literatura

- [1] Poclain Hydraulics: Valve technologies. PH Training center, 2017.
- [2] M. Galal Rabie: Fluid Power Engineering. McGraw Hill Professional, New York, 2009.
- [3] J. Pezdarnik: Tok skozi reže v hidravličnih sestavinah. Strojniški vestnik 5 (2001).
- [4] J. Čadež: Razvoj dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem: diplomska naloga visokošolskega študija. Ljubljana, 2018.
- [5] AMEHelp, rev. 15 SL1

Development of two-way pressure compensated flow control valve

Abstract:

In the field of oil hydraulics, a two-way pressure compensated flow control valve represent a device for control of fluid flow and consequently, for control of a speed of executive elements. The same functionality is possible to achieve also thanks to a variable displacement pump; however, using two-way pressure compensated flow control valve, it is much simpler to achieve such a functionality. A valve of this kind has in-built pressure compensator, which keep pressure drop constant regardless of inlet flow rate; the latter is regulated via variable orifice.

The paper shows development procedure of two-way pressure compensated flow control valve. Referring to the target markets (e.g. mobile applications, lifting equipment...) it is required that such a valve operate at high pressure level (up to 500 bar) and at given nominal flow rate (e.g. 100 l/min). For such applications, it is highly desired to provide stable valve operation in the entire working range as well as low energy losses. Initially, the basic principle of a two-way pressure compensated flow control valve is introduced and explained. Furthermore, theoretical aspects, development activities on the key details as well as their optimization workflow are presented.

Hereafter, experimentally obtained characteristics of a two-way pressure compensated flow control valve are compared with simulation results. Initially, results were not in a good agreement and therefore, deeper analysis was performed to find a root cause. Thus, additional development cycle remedied deficiency on a valve, experimental and simulation results match well, simulation tools are calibrated and also validated to provide reliable results.

Based on prosperous development of two-way pressure compensated flow control valve main function, the later will be further used on entire family.

Keywords:

hydraulics, pressure compensation, flow control valve, pressure drop, development, simulations

OBDELAVA KOMPLEKSNIH DOGODKOV PRI SPREMLJANJU PROIZVODNEGA PROCESA

Tadej Krivec, Dejan Gradišar, Miha Glavan, Gašper Mušič

Izveček:

Med glavnimi vidiki pri optimizaciji proizvodnje sta pridobivanje in uporaba podatkov v realnem času. Le na ta način smo lahko učinkoviti pri zagotavljanju kakovosti ali pri čim hitrejšem odkrivanju napak. V ta namen se v sodobnih sestavih uporabljajo sistemi za obdelavo kompleksnih dogodkov (CEP – ang. complex event processing), ki lahko sprejmejo različne tokove podatkov in omogočajo preproste (statične) poizvedbe na širokem naboru dinamičnih podatkov. V prispevku predstavljamo arhitekturno rešitev za sprotno obdelavo kompleksnih dogodkov, ki smo jo demonstracijsko izvedli na primeru zaznavanja napak na proizvodnih napravah z uporabo metode osnovnih komponent in testnih statistik Hotelling in SPE (ang. squared prediction error). Opisan je koncept oknenja za obdelavo velikih tokov podatkov (velepodatki). Arhitekturna zasnova temelji na platformi Microsoft StreamInsight. Podatke smo zgodovinsko in realnočasno analizirali s sistemom za upravljanje podatkovnih baz Microsoft SQL Server. Prikaz podatkov je realiziran z orodjem za poslovno analitiko Power BI.

Ključne besede:

obdelava kompleksnih dogodkov, zaznavanje napak, proizvodna analitika, PCA, Hotelling, SPE, Microsoft StreamInsight

1 Uvod

V sodobnem času hitrega razvoja tehnologije so okolja poslovnih organizacij postala zelo kompleksna. Podjetja si prizadevajo za čim večjo kakovost proizvodov, hkrati pa morajo biti stroški nizki, čas proizvodnje pa krajši. Ker se cene raznovrstnim senzorjem zmanjšujejo, je podatkov čedalje več. Ti se shranjujejo v obliki tabel (npr. Excel), baz podatkov ali pa tokove podatkov obdelujemo kar sprotno. Podatki so lahko shranjeni lokalno, z razvojem industrije in IoT (ang. internet of things) pa tudi v oblaku. Podatki se zbirajo na vseh nivojih podjetja. To veliko količino (velepodatki) in raznovrstnost podatkov je potrebno primerno agregirati in analizirati s čim manjšimi časovnimi zakasnitvami. To zahteva reorganizacijo podjetij iz obstoječih struktur v realnočasne.

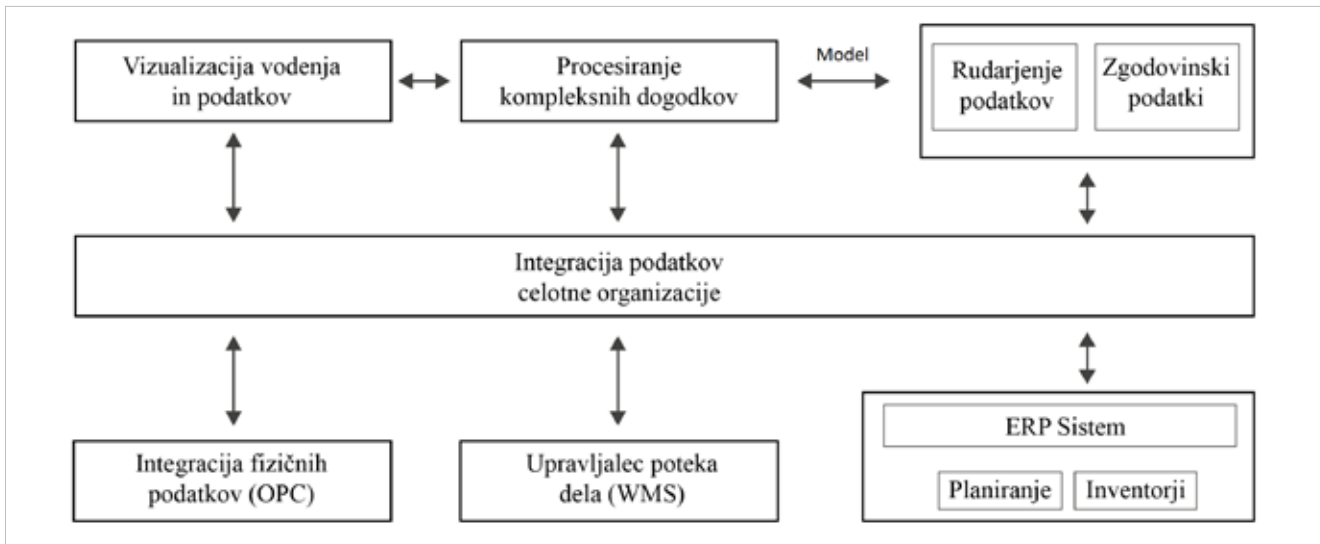
Takšna obdelava podatkov je širše umeščena v koncept pametnih tovarn. Temu primerno je potrebno izbrati primerno platformo, ki podpira izvedbo ta-

kega koncepta. V nadaljevanju je predstavljena rešitev za obdelavo kompleksnih dogodkov, realizirana s platformo Microsoft StreamInsight. Rešitev je bila uporabljena na primeru zaznavanja napak (ang. fault detection) na napravah v proizvodnji in spremljanja kazalnikov učinkovitosti proizvodnega procesa. Študija primera je bila izvedena na simulacijskem modelu kemičnega procesa Tennessee Eastman [1], ki smo ga za potrebe študije še nekoliko prilagodili. Originalne časovno urejene podatke smo s simulacijskega modela pošiljali z naključnim časovnim zaostankom. Tako smo dosegli asinhrono, časovno ne urejene podatke in zeleno kompleksnost za prikaz delovanja rešitve.

2 Struktura realnočasne podpore vodenju podjetij

Realnočasna podpora pri vodenju podjetij je koncept upravljanja podjetij v realnem času ali blizu tega. Temu primerno je potrebno izbrati primeren informacijski sistem, kjer je pomembno, da izločimo dele odločanja, ki so implementirani z logiko pravil (ang. rule based systems) [2]. Ti so zamenjani z orodjem, ki omogoča obdelavo kompleksnih dogodkov, kjer so statična »if then« pravila realizirana v obliki modela, ki se lahko dinamično spreminja. Taka integracija podatkov je prikazana na *sliki 1*.

Mag. **Tadej Krivec**, inž., dr. **Dejan Gradišar**, univ. dipl. inž., dr. **Miha Glavan**, univ. dipl. inž., vsi Institut Jožef Stefan, Ljubljana; prof. dr. **Gašper Mušič**, univ. dipl. inž., Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

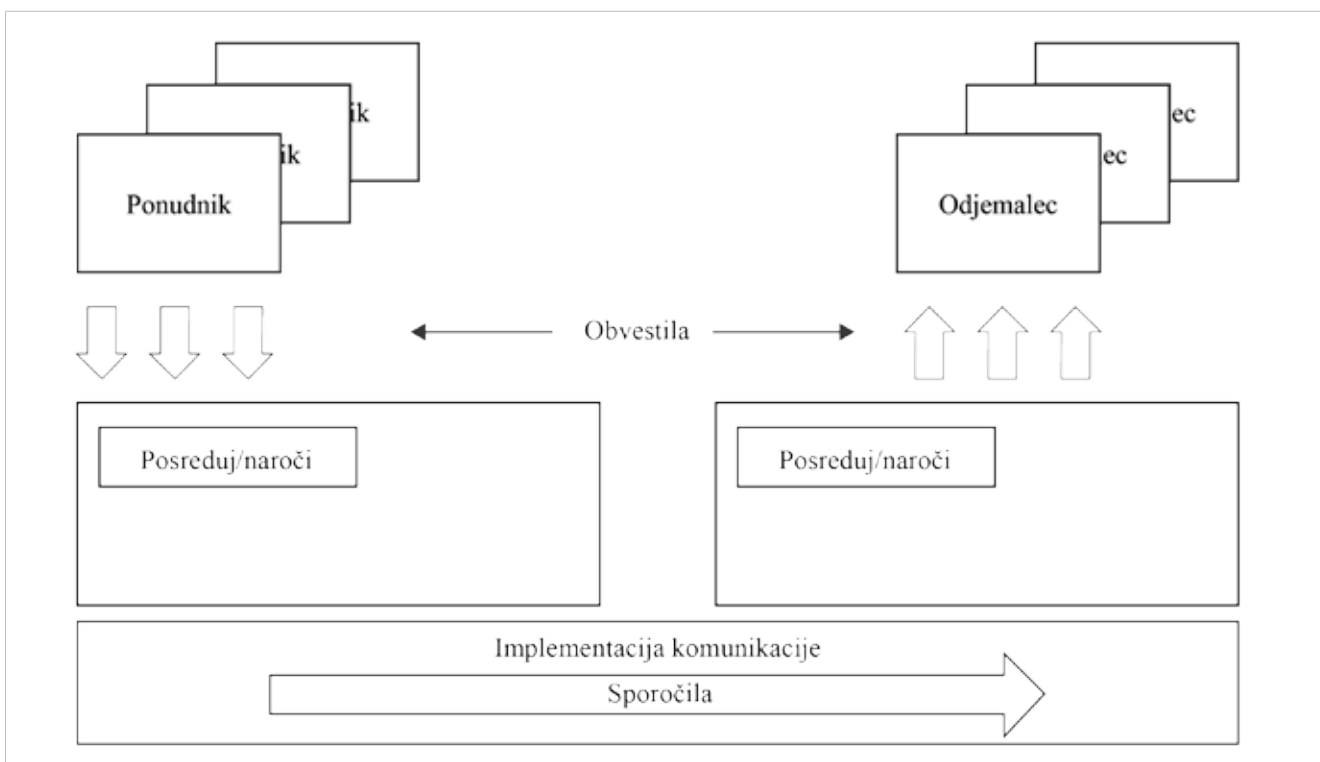


Slika 1: Integracija podatkov realnočasne podpore vodenju podjetij [3]

2.1 Dogodkovni koncept arhitekture

V točki odločanja mora biti aktualna informacija takoj dostopna, zato je predlagan dogodkovni koncept arhitekture (ang. event driven architecture). Tak koncept je sestavljen iz ponudnika dogodkov, ki generira podatke, in odjemalca dogodkov, ki čaka na dogodke in jih ustrezno obdelava. Zaznani dogodki so sprejeti v (skoraj) realnem času, tako da lahko odjemalci čim hitreje ustrezno reagirajo. Odjemalci so ločeni od ponudnikov, kar pomeni, da ponudnik

ne ve, kdo od odjemalcev posluša. Tudi odjemalci so ločeni med seboj. Takšen model komunikacije se izvede po principu posreduj/naroči (ang. publish/subscribe), po katerem infrastruktura za upravljanje sporočil sprejme vsa sporočila in zagotovi njihovo dostavo vsem možnim naročenim odjemalcem. Primer takšne komunikacije je podrobneje predstavljen na sliki 2. Ko je dogodek objavljen, ga sporočilni sistem posreduje vsem odjemalcem, pri tem pa pošiljatelj (ponudnik) niti ne potrebuje informacije o končnih prejemnikih. Dogodek je poslan samo



Slika 2: Dogodkovni koncept arhitekture [2]

enkrat in odjemalec lahko sprejema le dogodke, ki so bili poslani po prijavi na ponudnika dogodkov. Predstavljeni koncept programiranja se uporablja, ko morajo številni podsistemi obdelati iste tokove podatkov. Primeren je za realnočasne aplikacije s čim manjšim časovnim zamikom, saj zelo hitro lahko obdela veliko količino podatkov. Primeren je tudi za računanje različnih agregacij s časovnimi okni. Prednosti so predvsem v:

- ▶ neodvisnosti ponudnikov in odjemalcev,
- ▶ enostavnem dodajanju novih odjemalcev,
- ▶ majhnih časovnih zakasnitvah,
- ▶ možnosti za enostavne razširitve,
- ▶ porazdeljeni arhitekturi,
- ▶ različnem pogledu odjemalcev na enake podatke (modularnost).

Če primerjamo storitveni in dogodkovni koncept arhitekture, so pri storitveni arhitekturi koraki pod kontrolo, tok informacije pa teče sinhrono. Eden izmed takih primerov je vertikalna integracija podatkov. Pri storitveni arhitekturi podatki potujejo z načinom poizvedbe, ta pa vrne rezultat (»ad-hoc« pristop). Pri tem so različni nivoji še vedno odvisni drug od drugega. Zato je za čisto neodvisnost primerna dogodkovna arhitektura, ki deluje z asinhronim pristopom.

2.2 Obdelava kompleksnih dogodkov

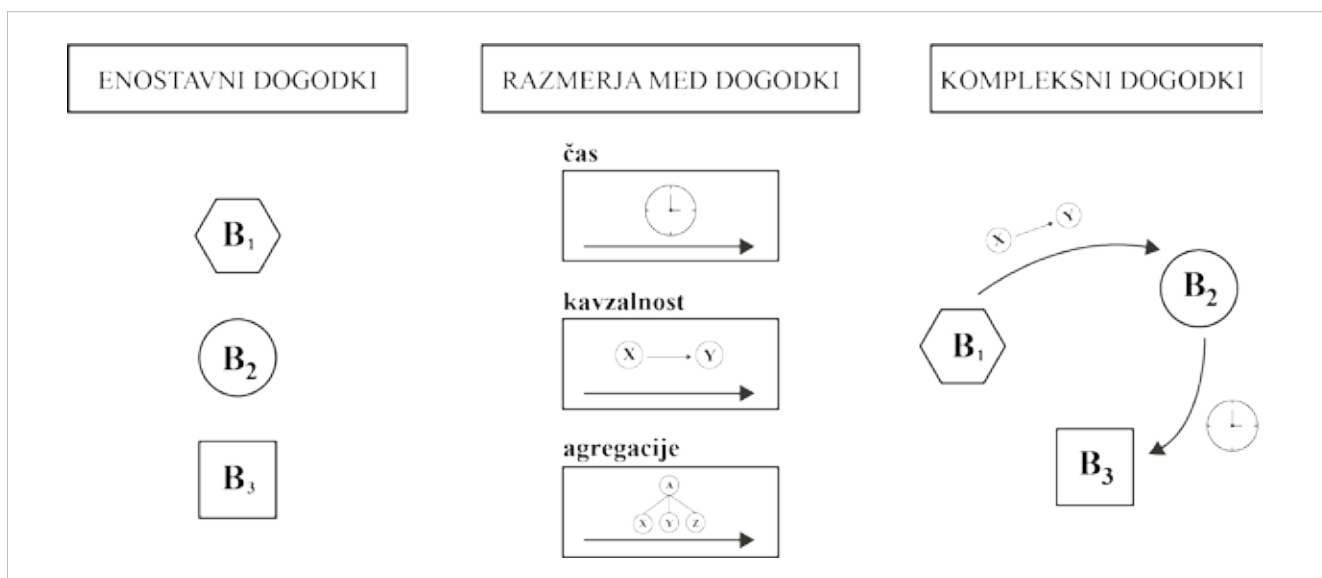
V današnji digitalni dobi je na voljo vedno več podatkov, kar nam omogoča, da iz dogodkov razpoznamo vedno več uporabnih informacij. Množica dogodkov je lahko predstavljena z oblakom dogodkov ali tokom dogodkov. Oblak dogodkov je definiran kot delno urejena množica, v kateri je delna urejenost pogojena s časovnim, kavzalnim

ali kakšnim drugim razmerjem. V praksi to pomeni, da običajno dogodki niso linearno urejeni po času. Tok dogodkov pa je, za razliko od oblaka dogodkov, linearno urejeno zaporedje dogodkov. Za različne predstavitve podatkov se uporabljajo tudi različni pristopi pri njihovi obdelavi. Obdelava dogodkovnega toka podatkov (ESP – ang. event stream processing) se uporablja pri zelo hitrih poizvedbah podatkov, ki so urejeni po času. S takim pristopom lahko prihranimo prostor v pomnilniku [2]. Po drugi strani pa lahko z obdelavo kompleksnih dogodkov (CEP) upoštevamo bolj kompleksna razmerja med dogodki, kot to na primer prikazuje *slika 3*.

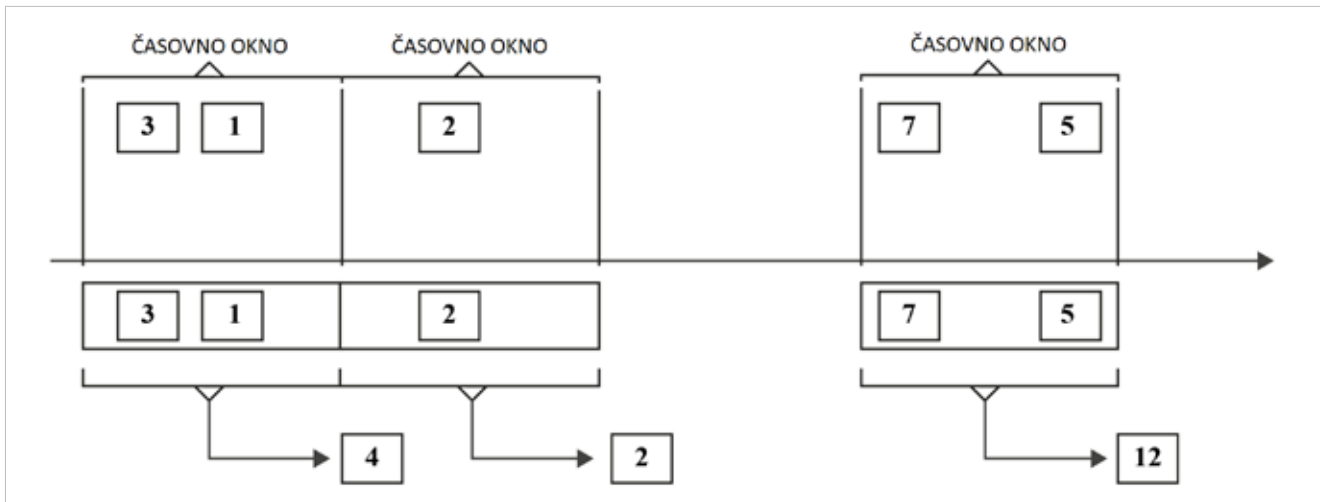
Rešitev za obdelavo kompleksnih dogodkov deluje na konceptu statičnih podatkovnih poizvedb, ki delujejo kot sito, ki filtrira in agregira podatke. Podatke pridobivamo iz virov, ki podatke pošiljajo v realnem času. Obdelani podatki se pošiljajo najprej odjemalcem, ki jih prikazujejo, shranijo ali izdajajo opozorila za uporabnike. Med postopki obdelave kompleksnih dogodkov se bolj osredotočamo na dogodke in agregacije na podatkih kot pa na podatke same [4]. Poizvedbe na podatkih so statične, podatki pa dinamični, saj konstantno prihajajo v sistem. Obdelava kompleksnih dogodkov se tako razlikuje od klasične obdelave, pri kateri so podatki statični, poizvedbe pa se izvajajo posamezno.

2.3 Oknenje

Pri obdelavi kompleksnih dogodkov se agregacije navadno računajo na množici podatkov, ki je določena s časovnim oknom. Tako lahko vsaj delno rešujemo problem velike količine podatkov. Za obdelavo kompleksnih dogodkov smo v našem primeru uporabili orodje Microsoft StreamInsight. Orodje omo-



Slika 3 : Enostavni in kompleksni dogodki ter razmerja med njimi [2]



Slika 4 : Računanje vsote ob uporabi oknenja na primeru okna tipa Hopping [5]

goča oknenje, s katerim lahko opazujemo podatke v odvisnosti od časa in v okviru katerega razpoznavamo dogodke. Za definiranje poizvedb ima Microsoft StreamInsight vgrajen namenski programski jezik LINQ (ang. Language Integrated Query).

Slika 4 prikazuje koncept računanja vsote ob uporabi oknenja. Jezik LINQ, podprt s programskim jezikom C#, na platformi Microsoft StreamInsight definira tri tipe oknenja:

- ▶ okno tipa *Count*,
- ▶ okno tipa *Snapshot*,
- ▶ okno tipa *Hopping*.

Okno tipa *Count* je definirano s številom dogodkov, ki jih vsebuje. Okno tipa *Snapshot* definira podmnožico dogodkov v časovni periodi. Okno razdeli časovnico na podlagi začetnih in končnih časov dogodkov in je zato dinamično. Okno tipa *Hopping* definira podskupine dogodkov, ki so se zgodili v določeni periodi časa. Od oken tipa *Snapshot* se razlikujejo po tem, da časovno os delijo na konstantne intervale, neodvisno od začetnih in končnih časov dogodkov.

3 Zaznavanje napak na industrijskih procesih

V delu smo princip obdelave kompleksnih dogodkov demonstrirali na simulacijskem industrijskem procesu, za katerega je bila razvita dogodkovno gnana platforma za izračun in prikazovanje kazalnikov proizvodne učinkovitosti (KPI – ang. key performance indicator) ter zaznavanje procesnih napak. Medtem ko so definicije KPI-jev vnaprej znane, moramo za zaznavanje napak najprej izvesti analizo arhivskih testnih podatkov, s katero določimo ustrezen model. Ta model kasneje uporabimo v okviru sprotne obdelave podatkov.

3.1 Obdelava podatkov z metodo osnovnih komponent

Metoda osnovnih komponent (PCA – ang. principal component analysis) je linearna transformacija, ki zmanjša dimenzijo originalnega prostora. Deluje kot nenadzorovano učenje in nam pomaga identificirati vzorce v podatkih, ki temeljijo na korelaciji med spremenljivkami. PCA išče smer največje variance in jo projicira v podprostor z enakim ali manjšim številom dimenzij. Na ta način se zmanjša kompleksnost vhodnih podatkov. Ker je metoda PCA zelo občutljiva na skaliranje podatkov, se ti najprej standardizirajo. Standardizirane vhodne podatke X označimo z Z in predstavljajo arhivske testne podatke modela Tennessee Eastman. V naslednjem koraku se izračuna kovariančna matrika Σ nad vhodnimi podatki Z . Nad kovariančno matriko nato izvedemo singularni razcep, kot to prikazuje enačba (1):

$$\Sigma = P \Lambda P^T \quad (1)$$

P predstavlja matriko lastnih vektorjev, Λ pa diagonalno matriko lastnih vrednosti matrike Z . Matriko Λ razdelimo na Λ_{PC} in Λ_{RES} , kjer Λ_{PC} vsebuje l največjih lastnih vrednosti, Λ_{RES} pa preostale. Prav tako razdelimo matriko lastnih vektorjev P na P_{PC} in P_{RES} , ki vsebujeta pripadajoče lastne vektorje lastnim vrednostim Λ_{PC} in Λ_{RES} . Spremenljivke v novem prostoru so potem definirane z enačbo (2):

$$Z = Z P_{PC} \quad (2)$$

Metoda PCA predstavlja predhodno obdelavo podatkov, ki jo izvedemo v nesprotnem delu algoritma razpoznavanja napak. Rezultat analize je model, ki poda oceno pojava napake.

3.2 Zaznavanje napak s testno statistiko Hotelling in SPE

Testno statistiko izračunamo na podlagi primerjave vektorja povprečja učne množice in vzorca, ki pride v sistem in ga želimo prepoznati. V nesprotnem delu razpoznavanja napak izračunamo vrednosti kritičnih statistik ter povprečje ($\bar{\mu}$) in standardni odklon (σ) učne množice.

Testna statistika Hotelling je multivariantna porazdelitev, proporcionalna porazdelitvi Fisher-Snedecor (F). Je posplošitev statistike Student, ki se uporablja za testiranje multivariantnih podatkov. Kritično vrednost testne statistike Hotelling T_{KR} s stopnjo tveganja $\alpha=0,01$ in prostostnimi stopnjami l in $N-l$, kjer je N število vhodnih podatkov in l število obdržanih lastnih vrednosti po obdelavi podatkov s PCA, določimo z enačbo (3):

$$T_{KR}^2 = \left(\frac{l(N-1)(N+1)}{N^2 - lN} \right) F_{\alpha, l, N-l} \quad (3)$$

Testna statistika SPE je definirana z izračunom kvadratne predikcije napake. Kritična vrednost testne statistike SPE se izračuna z enačbo (4):

$$SPE_{KR} = \theta_1 \left(\frac{c_\alpha \sqrt{2\theta_2 h_0^2}}{\theta_1} + 1 + \frac{\theta_2 h_0 (h_0 - 1)}{\theta_1^2} \right) \frac{1}{h_0}$$

$$\theta_i = \sum_{j=i+1}^m \lambda_j^i, i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

$$h_0 = 1 - \frac{2\theta_1\theta_3}{2\theta_2^2}$$

v kateri λ_j predstavlja lastno vrednost pri obdelavi z metodo PCA, c_α pa spremenljivko standardne porazdelitve, ki pripada zgornjemu $1-\alpha$ percentilu. Rezultat nesprotnega dela algoritma so transformacijska matrika (P), diagonalna matrika lastnih vrednosti (Λ), vektor povprečja učne množice ($\bar{\mu}$), vektor standardnega odklona učne množice (σ) in kritični vrednosti testnih statistik T_{KR}^2 in SPE_{KR} .

Pri sprotnem delu algoritma izračunamo testni statistiki na podlagi živega vzorca x in \bar{x} , kjer je x vektor vzorca, ki ga želimo prepoznati, \bar{x} pa standardiziran vektor x z vektorjem povprečja in vektorjem standardnega odklona učne množice. Vrednost testne statistike Hotelling se izračuna z enačbo (5):

$$T^2 = z^T P_{PC} \Lambda_{PC}^{-1} P_{PC}^T z \quad (5)$$

Vrednost testne statistike SPE pa z enačbo (6):

$$SPE = e^T e = (x - \bar{x})^T (x - \bar{x}) = x^T (1 - PP^T) x \quad (6)$$

Napaka na napravi se zazna v primeru, ko testni statistiki Hotelling ali SPE na živem vzorcu presežeta svoji pripadajoči kritični vrednosti.

4 Primer uporabe obdelave kompleksnih dogodkov na simulacijskem primeru

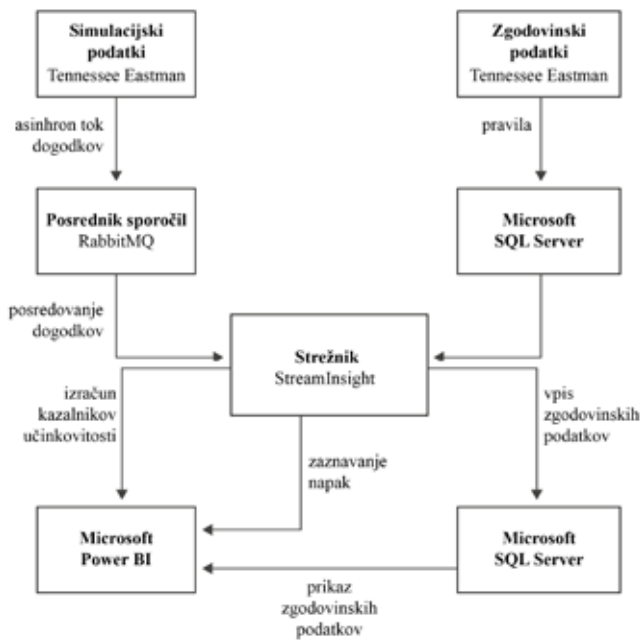
Študijo primera smo izvedli na simulacijskem modelu kemičnega procesa Tennessee Eastman [1]. Model je sestavljen v programskem jeziku Matlab & Simulink. Čeprav so bile komponente realnega procesa (kot so npr. kemijska kinetika, procesi in operacijski pogoji) modificirane zaradi zaščite podjetja, model temelji na realnem proizvodnem procesu. S simulacijskega modela (Simulink) se pošilja 41 izhodnih procesnih meritev, ki so merjene na procesu. Sensorji merijo različne dogodke in stanja na napravah, kot so doводи v reaktor, pritisk v reaktorju, nivo reaktorja, temperatura hladilne tekočine, nivo tekočin itn. Da smo lahko prikazali učinkovitost sistema za realnočasno obdelavo kompleksnih dogodkov, smo podatke iz simulacijskega modela pošiljali z določenim naključnim časovnim zaostankom tako, da niso linearno urejeni po času. Za potrebe vodenja in analitike je na simulacijskem procesu definiran kazalnik stroškov. Ta predstavlja oceno predvidenih enournih stroškov proizvodnje glede na trenutne procesne meritve. Sestavljen je iz porabljene pare (C_1), stroška delovanja kompresorja (C_2), stroška izgub različnih komponent (C_3) in stroška izgub vsake posamezne komponente, ki zapuša proces v odvodni cevi za nečistoče (C_4). Skupni strošek obratovanja je izražen v enotah \$/h in je sestavljen iz seštevka vseh delnih stroškov (C).

4.1 Arhitektura rešitve

Simulacijski model pošilja proizvodne podatke posredniku sporočil (ang. message broker). Tok podatkov s posrednika sporočil je vhod v instanco strežnika Microsoft StreamInsight, kjer se podatki obdelajo in vpišejo v bazo podatkov na Microsoft SQL Server. Microsoft StreamInsight deluje kot poslušalec toka podatkov, kar pomeni, da prejema le tok podatkov od trenutka, ko je začel poslušati na definirani izmenjavi s posrednikom sporočil. Realnočasne podatke pošilja direktno na orodje za poslovno analitiko MS PowerBI, zgodovinske podatke pa vpiše v bazo podatkov. MS PowerBI prikazuje tako realnočasne kot tudi zgodovinske podatke. Arhitektura rešitve je prikazana na *sliki 5*.

4.1.1 Posrednik sporočil

Posrednika sporočil (ang. message broker) smo implementirali z orodjem RabbitMQ, ki je odprtokodna rešitev. Ponudniki podatkov pošiljajo sporočila na izmenjavo, odjemalci pa jih berejo iz podatkovnih vrst. S tem se ponudniki ločijo od vrst in se zagotovi, da ponudnikom ni potrebno skrbeti za usmerjanje podatkov. Podatkovne vrste lahko usmeri na različne strežnike in tako omogoča porazdeljen način obdelave podatkov.



Slika 5 : Arhitektura rešitve obdelave kompleksnih dogodkov

4.1.2 Strežnik za obdelavo kompleksnih dogodkov

Strežnik za obdelavo kompleksnih dogodkov je bil implementiran v okolju Microsoft StreamInsight. Microsoft StreamInsight je zasnovan s konceptom dogodkovne arhitekture (EDA - ang. event driven architecture) in je sestavljen modularno. *Opazovanci* so definirani s tokovi podatkov, ki vstopajo v strežnik. *Opazovalci* so moduli, ki vhodne podatke obdelajo. V študiji primera je definiran samo *opazovanec*, ki sprejme podatke s posrednika sporočil RabbitMQ. *Opazovalci* so trije in vsak predstavlja svoj modul, ki deluje neodvisno od drugega. Modul za shranjevanje zgodovinskih podatkov izračuna kazalnike učinkovitosti in jih zapiše v bazo podatkov na Microsoft SQL Server. Definiran je tudi modul za pošiljanje kazalnikov učinkovitosti na storitev Power BI.

Zaznavanje napak je realizirano v dveh delih. Nesprotni del algoritma je naučen na arhivskih testnih podatkih primera Tennessee Eastman in je realiziran v programskem jeziku Python s pomočjo knjižnice Scikit-Learn. Rezultat nesprotnega dela so parametri transformacije PCA (model zaznavanja napak), kritične vrednosti testnih statistik in vektor povprečja ter standardnega odklona učne množice. Zapisani so v podatkovno bazo. Sprotni del je realiziran kot modul na strežniku StreamInsight (v programskem jeziku C#) in bere parametre nesprotnega dela iz podatkovne baze. S pomočjo knjižnice LinearAlgebra izračuna testni statistiki in analizira, ali je prišlo do napake v proizvodnji. Rezultat zaznavanja napak je poslan na orodje API Power BI preko protokola HTTP (ang. hypertext transfer protocol). Omeniti velja,

da bi bil lahko tudi sprotni del realiziran v programskem jeziku Python. Potrebovali bi le klic na spletno storitev, ki bi vrnila rezultat zaznavanja napak. To bi preprosto realizirali z definicijo novega *opazovalca*.

4.1.3 Baza podatkov

Za bazo podatkov smo uporabili platformo Microsoft SQL Server. To je sistem za upravljanje z relacijskimi bazami podatkov. Rešitev je bila zasnovana z arhitekturo zvezda, ki definira 3 dimenzijske tabele in tabelo dejstev. Ločeno je definirana tudi tabela za shranjevanje modela nesprotnega zaznavanja napak.

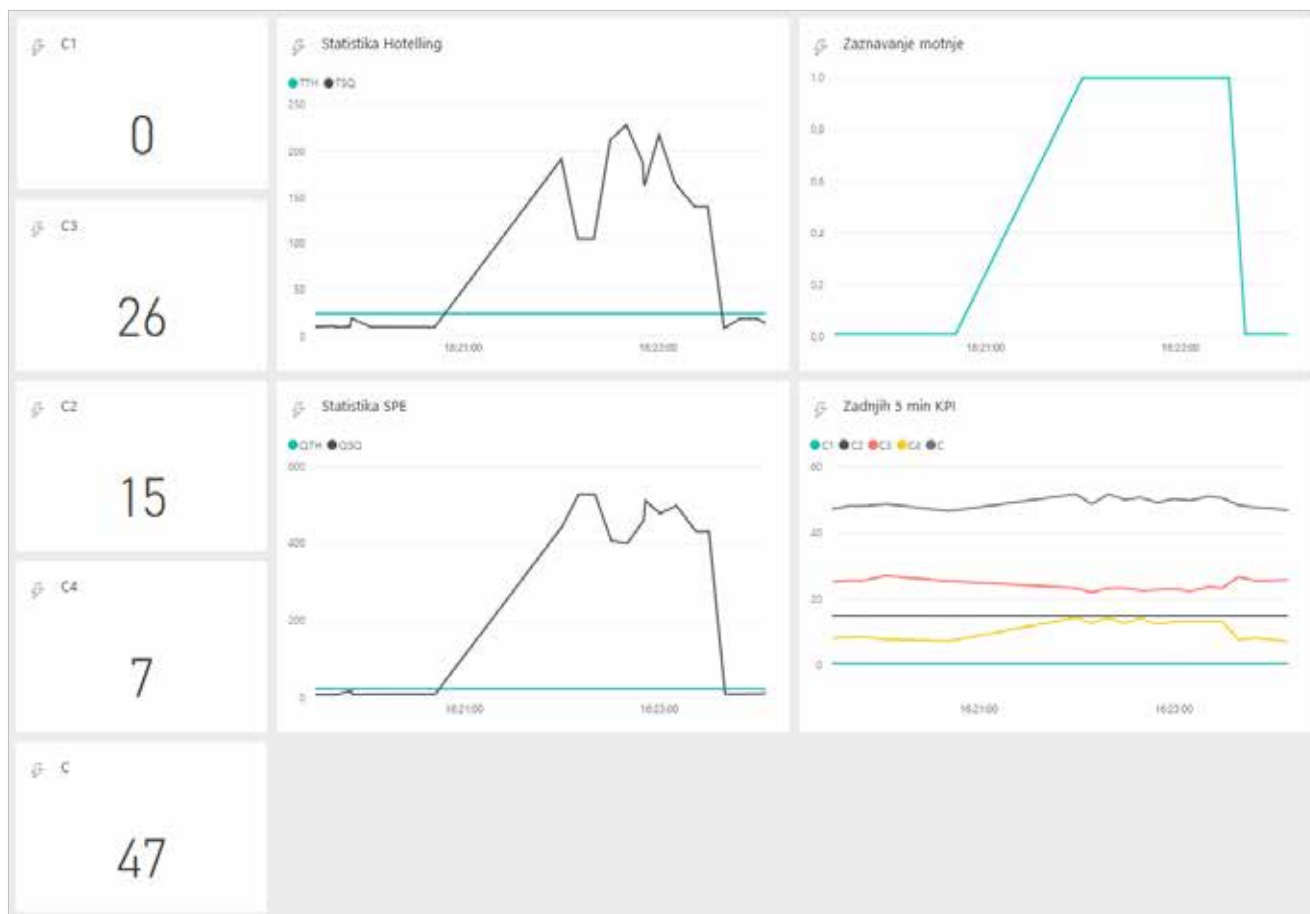
4.1.4 Nadzorna plošča spremljanja proizvodnje

Prikaz podatkov smo realizirali na storitvi Microsoft Power BI. Orodje lahko uporabljamo na dva načina: (i) kot namizno aplikacijo in (ii) kot storitev v oblaku. Mi smo nadzorno ploščo realizirali kot storitev v oblaku, kjer gradimo vizualizacije v delovnem prostoru (ang. workspace). Omogoča povezave na statične vire podatkov, kot so podatkovne baze, Excel itn. Na tok podatkov se je moč povezati na tri načine: Push dataset, Streaming dataset in PubNub streaming dataset. Na primeru smo uporabili povezavo Streaming dataset, ki omogoča prikaz podatkov v realnem času. Nadzorna plošča je sestavljena iz realnočasnega prikaza kazalnikov učinkovitosti, testnih statistik in zaznavanja napak. Prikazujejo se tudi zgodovinski podatki za zadnjih 5 minut delovanja. Nadzorna plošča je predstavljena na *sliki 6*.

Zaznavanje napak je izvedeno s sprotnim izračunom testnih statistik Hotelling in SPE. V bazi podatkov imamo shranjeni kritični vrednosti iz analize arhivskih testnih podatkov. Če testni statistiki Hotelling ali SPE presegata svoji kritični meji, se prepozna motnja. Koncept je prikazan na *sliki 6* s prikazoma Statistika Hotelling in Statistika SPE, kjer črna krivulja prikazuje izračunano testno statistiko, modra črta pa prikazuje kritični meji. Na prikazu Zaznavanje motnje je prikazan rezultat zaznavanja napak, kjer vrednost 0 pomeni, da do napake ni prišlo, vrednost 1 pa, da se je zgodila napaka na napravi.

5 Zaključek

Zgradili smo rešitev, ki omogoča obdelovanje velike količine raznovrstnih podatkov in hitre obdelave podatkov z minimalnimi časovnimi zakasnitvami. Uporabili smo metodo obdelave kompleksnih dogodkov, ki omogoča enostavne statične poizvedbe na dinamičnih podatkih in združevanje raznovrstnih



Slika 6 : Nadzorna plošča ob nastanku motnje na procesu Tennessee Eastman

virov podatkov. Velike količine podatkov smo reševali z uporabo oknenja na toku podatkov. V pomoč nam je bil tudi posrednik sporočil RabbitMQ, ki lahko veliko količino podatkovnih tokov porazdeli po več strežnikih. Realizirano je bilo zaznavanje napak v proizvodnji na primeru Tennessee Eastman. Nesprotni del algoritma smo realizirali na arhivskih testnih podatkih v programskem jeziku Python, sprotni del pa kot modul na platformi Microsoft StreamInsight v programskem jeziku C#.

Platforma Microsoft StreamInsight se je izkazala za zelo uporabno, saj omogoča raznovrstne metode oknenja in povezovanja podatkov. Implementirati je mogoče zelo kompleksne poizvedbe, ki jih je z dobro urejeno dokumentacijo relativno lahko izvesti. Slabo lastnost predstavlja cena licence, saj potrebujemo za uporabo strežnika Microsoft StreamInsight licenco strežnika Microsoft SQL, sicer pa lahko deluje tudi kot samostojna platforma. Za lažjo integracijo med platformami smo za prikaz podatkov izbrali storitev Power BI, ki je tudi Microsoftov proizvod. Celotna rešitev je tako sestavljena s produkti podjetja Microsoft, ki omogoča enostavno povezovanje med svojimi rešitvami.

Podjetje Microsoft ponuja kot storitev tudi svojo aplikacijo Azure Stream Analytics. Deluje na obla-

ku Azure in je sposobna paralelnega procesiranja kompleksnih dogodkov. Omogoča tudi enostavno povezovanje s storitvijo Microsoft Power BI, kjer ima za realnočasno obdelavo definiran svoj vtičnik. Platforma Azure Stream Analytics je bolj fleksibilna in omogoča enostavno horizontalno razširitev. Prednost orodja Microsoft StreamInsight pa je, da omogoča razvoj rešitev tudi na lastni programski opremi (ang. on premise), kjer so podatki lahko zaupno shranjeni. Pri tem moramo seveda upoštevati tudi dodatne stroške nakupa strežnikov.

Podobne rešitve obdelave kompleksnih dogodkov obstajajo na platformah Apache Storm, Apache Spark, Apache Flink in Apache Kafka, ki omogočajo tako povezovanje podatkov, procesiranje velike količine podatkov in postavitve rešitve na lastni programski opremi. Omenjene platforme so odprtokodne, vendar se čas razvoja aplikacij hitro poveča. Skupaj z nakupom programske opreme tudi odprtokodne rešitve prinesejo stroške. Obstaja tudi gostovanje takih platform v oblaku, kar pa potem ne prinese bistvene stroškovne razlike od različnih oblačnih rešitev, ki jih ponujata Microsoft Azure in Amazon Web Services. Podobne rešitve ponujajo tudi ponudniki, kot so npr. SAP, Oracle, IBM, AWS in drugi [6].

Viri

- [1] J. J. Downs and E. F. Vogel: A Plant-Wide Industrial Process Control Problem, *Computers chem. Engng.*, 1993, str.: 17(3): 245–255.
- [2] D. Metz: *The Concept of a Real-Time Enterprise in Manufacturing*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.
- [3] D. Metz, S. Karadgi, and M. Grauer: A Process Model for Establishment of Knowledge-Based Online Control of Enterprise Processes in Manufacturing, *International Journal on Advances in Life Sciences*, 2010, 2(3 in 4):188–199.
- [4] M. Meyer: Using Complex Event Processing (CEP) with Microsoft StreamInsight to Analyze Twitter Tweets 2: What are CEP and StreamInsight?, <http://www.12qw.ch/2013/10/streaminsight-cep-2-what-are-cep-and-streaminsight/>.
- [5] Using event windows, [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee842704\(v=sql.111\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee842704(v=sql.111).aspx).
- [6] Paul Vincent: CEP Tooling Market Survey 2016, <http://www.complexevents.com/2016/05/12/cep-tooling-market-survey-2016/>.

Complex event processing for supervision of manufacturing process

Abstract:

One of the main aspects in optimization of production is the gathering and analysis of data in real time. This is the only way to satisfy the ever growing requirements of quality of the product or to detect faults as soon as they happen. For this purpose, complex event processing was presented in modern information systems. It allows for processing of various input data streams in enables static and simple queries on dynamic set of data. A use case is presented in fault detection on production machines with the use of PCA (principal component analysis) and test statistics Hotelling and SPE (squared prediction error). Windowing is presented as a solution to the problem of enormous amounts of data (big data). Architecture of the solution is based on the platform StreamInsight. Data is analyzed historically and in real time with the database management system Microsoft SQL Server and business intelligence tool Power BI.

Keywords:

Complex event processing, fault detection, production analytics, PCA, Hotelling, SPE, Microsoft StreamInsight

Zahvala

Delo je bilo izvedeno v sklopu programa GO-STOP, ki ga delno financirata Republika Slovenija – Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport – ter Evropska unija – Evropski sklad za regionalni razvoj in v sklopu nacionalnega raziskovalnega programa Sistemi in vodenje, P2-0001.

**časopis
industrija**

**Vaša sigurna pot
do tržišča v Srbiji**

Povečate vašo produktivnost.

QUALITY PRODUCTION

MPT

PRECISION FOR TOMORROW

**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

VZDRŽEVANJE HIDRAVLIČNIH NAPRAV – 3. DEL

Franc Majdič

V članku *Vzdrževanje hidravličnih naprav – 2. del* smo predstavili priporočila za kontrolo čistoče hidravličnih kapljev (HK) in napotke, kako lahko izboljšamo njihovo čistočo ter na kaj moramo biti pri tem pozorni. Predstavljena so bila tudi praktična priporočila o izpiranju hidravličnih sistemov ter utemeljitev, zakaj je zelo priporočljivo nadzirati stanje hidravličnih kapljev. Na koncu prispevka je bil predstavljen tudi praktični primer nujnosti spremljanja stanja HK.

Povzetek

Vzdrževanje temperature in ustrezne kinematične viskoznosti (viskoznosti v nadaljevanju) HK znotraj optimalnih meja vključuje določitev primerne območja temperature in viskoznosti pri temperaturi okolice, pri kateri deluje obravnavani hidravlični sistem. Najprej si bomo ogledali povezavo med temperaturo HK in viskoznostjo ter kako to vpliva na uporabno dobo hidravličnega sistema in njegovih sestavin.

Temperaturno-viskozno razmerje za hidravlično kapljevino (HK)

Viskoznost najpogosteje uporabljene HK, tj. mineralnega hidravličnega olja, eksponentno pada z dviganjem temperature in obratno eksponentno raste z nižanjem temperature. Zato moramo vzajemno obravnavati omejitev temperature in viskoznosti HK. Nizka viskoznost lahko povzroči poškodbo hidravličnih sestavin (povečana obraba notranjih drsnih površin) zaradi prekomernega stanjšanja oljnega mazalnega filma. Tudi previsoka viskoznost povzroča poškodbe hidravličnih sestavin zaradi večjih tlačnih izgub, ki posledično vodijo v kavitacijo. Proizvajalci hidravličnih sestavin običajno zapišejo optimalno področje viskoznosti hidravličnega olja, ki je odvisna od konstrukcijskih značilnosti posamezne sestavine. Splošno naj bi bila kinematična viskoznost hidravličnega mineralnega olja v območju med 100 in 16 mm²/s (cSt). Pri zagonih hidravličnih naprav običajno kratkotrajno dopuščamo viskoznost do 1000 mm²/s. Optimalni izkoristek hidravlične naprave dobimo pri kinematični viskoznosti med 32 in 16 mm²/s. Najdaljšo uporabno dobo leža-

jev pa dobimo pri najmanjši kinematični viskoznosti do 25 mm²/s.

Razredi viskoznosti hidravličnih kapljev

Viskoznost po ISO razredih poenostavlja postopek izbire hidravlične kapljevine z ustrezno viskoznostjo za temperaturno območje delujoče hidravlične naprave. Najpogosteje uporabljeni viskoznostni razredi (VG – angl. *Viscosity Grade*) so prikazani v preglednici 1.

Kot je navedeno v preglednici 1, ISO viskoznostni razred podaja kinematično viskoznost hidravličnega olja pri 40 °C. Pri tem pa je treba opozoriti, da je povprečna viskoznost razredov ASTM in BSI izmerjena pri temperaturi 100 °F, kar pomeni 37,8 °C. To pomeni, da so kapljevine po standardu ASTM in BSI malo bolj viskozne kot tiste po ISO.

Določitev ustreznega razreda viskoznosti

Pri določitvi ustreznega razreda viskoznosti hidravličnega olja je treba upoštevati:

- ▶ začetno viskoznost pri najnižji temperaturi okolice,
- ▶ najvišjo pričakovano delovno temperaturo pri najvišji možni temperaturi okolice,
- ▶ dopustno in optimalno viskoznostno območje za posamezne hidravlične sestavine v sistemu.

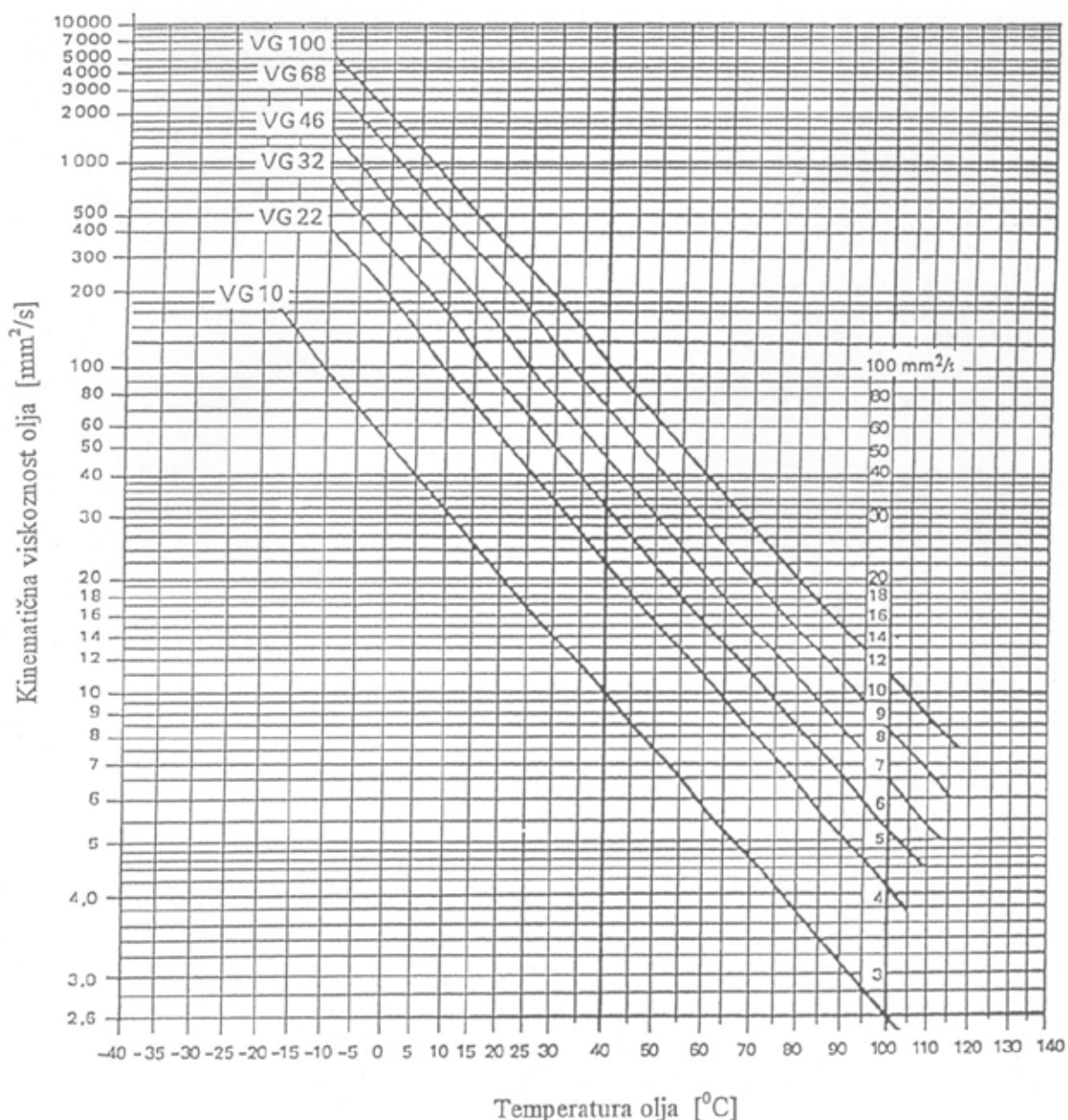
V večini primerov izdelovalci strojev določijo ustrezen viskoznostni razred hidravlične kapljevine. Pomembno je vedeti, da se tovarniško priporočena viskoznost hidravličnega olja lahko spremeni, če se spremeni temperatura okolice, v kateri deluje stroj. Problem se pojavi, ko je hidravlična naprava izdelana v okolju nizkih temperatur (npr. Kanada, Sibirija, ...) in potem deluje v okolju z visokimi temperaturami. Če taki hidravlični napravi ne zamenjamo kapljevine, se pojavijo poškodbe notranjih drsnih površin hidravličnih sestavin in posledično zaustavitve sistema. V hladnih okoljih je ustrezna viskoznost ISO VG 32, medtem ko v vročih območjih tako olje ni ustrezno.

Priporočljivo je, da odgovorni upravljavec hidravličnega stroja vedno preveri kinematično viskoznost pri delovnih temperaturah. Na *sliki 1* je prikazan temperaturno-viskoznostni diagram za tipična mineralna hidravlična olja. Kinematična viskoznost

Doc, dr. **Franc Majdič**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Preglednica 1 : Najbolj pogosti viskoznostni razredi za mineralna hidravlična olja

ISO viskoznostni razred	Kinematična viskoznost pri 40 °C	Tipično temperaturno območje
VG 22	22 mm ² /s	Polarna, zelo hladna območja
VG 32	32 mm ² /s	Zimske razmere v srednji Evropi
VG 46	46 mm ² /s	Poletne razmere v srednji Evropi
VG 68	68 mm ² /s	Tropske razmere - visoke temperature
VG100	100 mm ² /s	Ekstremno visoke temperature



Slika 1 : Temperaturno-viskoznostni diagram za tipična mineralna hidravlična olja

najpogosteje uporabljenega mineralnega hidravličnega olja ISO VG 46 znaša pri 10 °C 260 mm²/s, pri delovni temperaturi 70 °C pa samo 15 mm²/s. Iz diagrama na sliki 1 je razvidno, da moramo za vzdrževanje spodnje dopustne kinematične viskoznosti 16 mm²/s pri temperaturi 75 °C uporabiti hidravlično

olje ISO VG 68. Pri zagonski temperaturi 15 °C ima mineralno hidravlično olje ISO VG 68 viskoznost 300 mm²/s, kar je manj od dopustnih 1000 mm²/s.

Opozorilo: Nikoli samodejno - brez posvetovanja z izdelovalcem stroja - ne menjajte obstoječega hi-

dravličnega olja z oljem druge viskoznosti. Neustrezna menjava viskoznosti olja lahko povzroči predčasno okvaro stroja in izdelovalec stroja vam za to ne bo priznal garancije.

Omejitev delovne temperature in lokalni dvigi temperature HK

Predpostavimo, da ima uporabljena hidravlična kapljevina (HK) ustrezno viskoznost pri delovni temperaturi hidravličnega stroja. Naslednji korak je določitev temperaturne ekvivalentne optimalne in dopustnih viskoznosti za posamezno hidravlično sestavino. Če pogledamo v temperaturno-viskoznostni diagram za hidravlično mineralno olje ISO VG 68, ugotovimo, da je optimalna viskoznost med 36 in 16 mm²/s (cSt) v temperaturnem področju med 55 °C in 78 °C. Najnižja dopustna viskoznost za optimalno uporabno dobo ležaja pri olju ISO VG 68 je 25 mm²/s. Dosežemo jo pri temperaturi 65 °C. Dopustna kratkotrajna viskoznost za olje ISO VG 68 je med 1000 in 10 mm²/s v temperaturnem področju med 2 °C in 90 °C. Če je naša (začetna) delovna temperatura hidravličnega olja nižja od 2 °C, je nujno potrebno njegovo predgrevanje. S tem preprečimo poškodbe sistema. Prav tako pa najvišja delovna temperatura obravnavanega hidravličnega olja (VG 68) ne sme preseči temperature 90 °C. Pomembno si je zapomniti, da temperatura nad 82 °C poškoduje splošno uporabna hidravlična tesnila in skrajšuje uporabno dobo hidravličnega olja.

Ob pravkar navedenem zapisu opozorimo še na lokalno segrevanje HK, predvsem mineralnega hidravličnega olja, in sicer olja znotraj hidravličnih sestavin; to je tisto segrevanje, na katero pogosto pozabimo. Gre za sledeče: če se mineralno hidravlično olje pretaka skozi reže, tlak skozi le-te upade, ga »dušimo«. Pri padcu tlaka za 100 bar (10 MPa) se temperatura mineralnega hidravličnega olja dvigne za 6,1 °C. Tak tipičen lokalni dvig temperature hidravličnega olja je stalno pri delovanju črpalk pod tlakom, posebno značilen je za aksialne batne črpalke. Iz tistega dela bobna črpalke, ki je pod tlakom, izteka del olja skozi luknjice v batih dalje skozi reže med batnimi čevlji in drsno ploščo (reža višine približno 4 µm) v »breztlačno« ohišje črpalke, od tod pa po lekažnem vodu v rezervoar. Drugi del olja notranje lekaže črpalke odteka iz tlačnega dela izvrtin v bobnu med bobnom in ventilsko ploščo (*slika 4*) v sesalne izvrtine (leva »ledvičasta« izvrtina na *sliki 4*; višina reže med rotirajočim bobnom in mirujočo ventilsko ploščo znaša tudi samo nekaj µm) in delno tudi v ohišje. Če črpalka deluje s tlakom 300 bar in olje iz rezervoarja vteka v boben črpalke s temperaturo 50 °C, bodo navedeni lekažni odtoki imeli temperaturo 68,3 °C. Če je vtočna temperatura višja, pa bo tudi iztočna lekažna ustrezno višja. Kaj kmalu smo čez najvišje dovoljene temperature. Kaj pa količine lekažnega olja? Če ima nova črpalka pri 300 barih volumetrični izkoristek 97 %, kar je realno, znaša pri 100 l/min pretoka črpalke ta lekažni

tok 3 l/min. Ko pa ima obrabljena, a še vedno »normalno« delujoča črpalka volumetrični izkoristek 85 %, pa znaša njen lekažni 68,3 °C vroč lekažni tok 15 l/min, kar izdatno prispeva k segrevanju celotne količine olja v rezervoarju in v sistemu.

Preprečevanje poškodb zaradi povišanih temperatur

Da preprečimo poškodbe hidravličnega sistema zaradi previsoke ali prenizke delovne temperature, je priporočeno namestiti alarm. Ob pojavu alarmne vrednosti temperature hidravličnega olja je treba to resno obravnavati in takoj poiskati razloge za nedopustno temperaturo. Prekoračitev temperature običajno javlja, kdaj imamo prenizko viskoznost. Alarme prekoračene temperature običajno nastavi izdelovalec stroja.

Odpravljanje vzrokov za visoke temperature

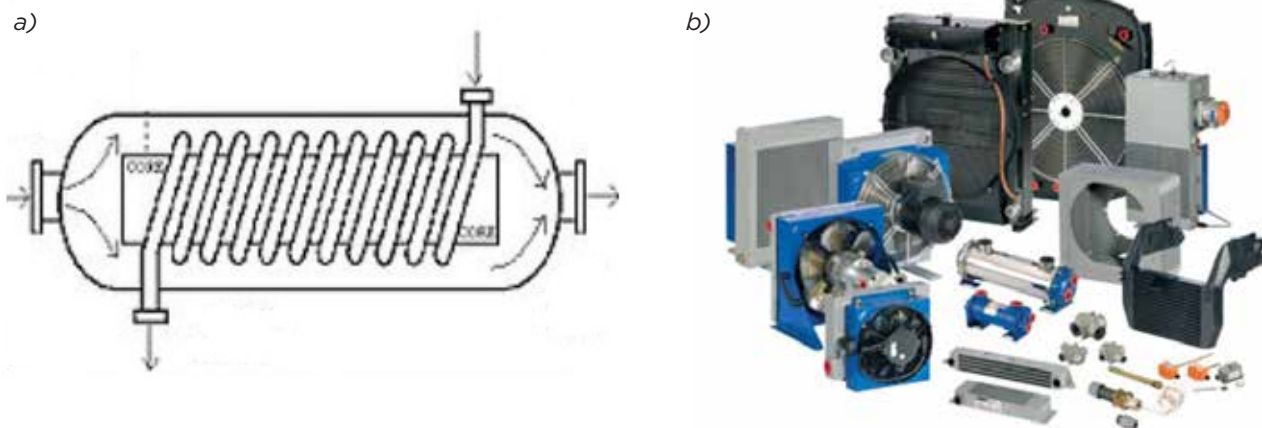
Predpostavimo, da smo določili alarmno vrednost za zgornjo in spodnjo temperaturno mejo za hidravlično olje, ko se alarmna vrednost pojavi. Če sistem deluje čez oz. blizu teh temperaturnih meja, bo uporabna doba hidravličnih sestavin znatno skrajšana. Zato je zelo priporočeno ukrepati.

Visoke temperature hidravličnega olja se pojavljajo zaradi notranjih ali zunanjih vplivov oz. zaradi kombinacije obojih. Nedopustno visoke temperature okolice so zunanji vplivi, ki zmanjšujejo zmogljivost hidravličnega sistema in možnost oddajanja toplote (hlajenja). Notranji vplivi pa vključujejo vse, kar povečuje upor pri pretakanju po hidravličnih tokovodnikih (cevovodi, izvrtine v blokih, krmilni del ...) in skozi lokalne pretočne odpornosti (reže, dušilke, zaslonke, ...). To se odraža v tlačnih razlikah med vstopom in izstopom iz tokovodnika oz. lokalnega odpornika in posledično v višji temperaturi hidravličnega olja.

Iskanje vzrokov okvar bo natančneje opisano v nadaljnjih prispevkih. Najprej se pri iskanju vzrokov za nastanek okvar lotimo najbolj očitnih možnosti. Tako najprej obravnavamo kontrole nivoja olja v rezervoarju. Če je prenizek, ga dolijemo do zgornje dopustne meje. Nato preverimo, ali okoli rezervoarja ni nobenih ovir ali nečistoč na stenah. Vse to preprečuje učinkovit odvod toplote.

Preverite toplotni izmenjevalnik (*slika 2*) in zagotovite, da jedro s hladilnimi rebri ni zamašeno. Toplotni izmenjevalnik je učinkovit, če je skozenj omogočen neoviran pretok olja in vode oziroma zraka. Preverite učinkovitost posameznih sestavin hladilnega sistema in jih po potrebi zamenjajte z novimi.

Ko se hidravlična kapljevina v sistemu pretaka s področja z visokim tlakom na področje z nizkim tlakom



Slika 2 : a) Delovanje toplotnega izmenjevalnika, b) paleta toplotnih izmenjevalnikov (EMMEGI)

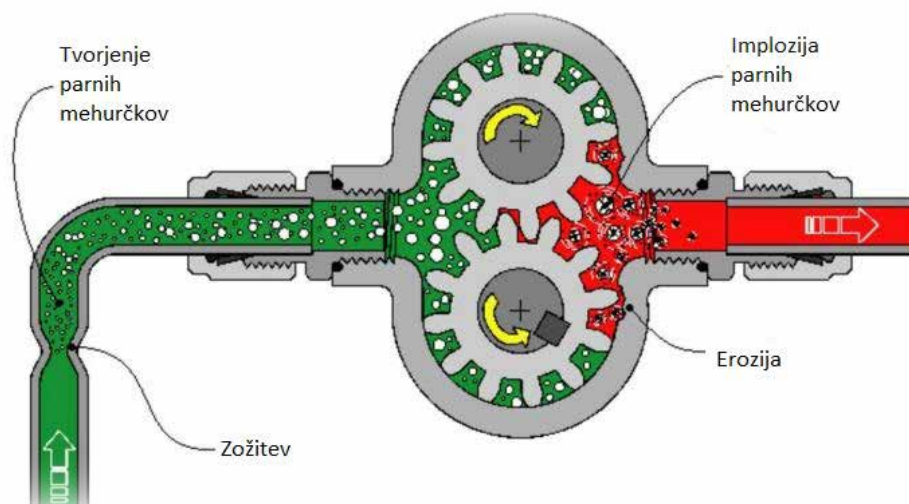
brez opravljanja koristnega dela, se generira nezaželena toplota. To pomeni, da se sproščena tlačna energija pri notranjem puščanju znotraj vsake hidravlične sestavine pretvarja v toploto, kar pa posledično vodi v pregrevanje sistema. To se lahko pojavi vsepovsod: od hidravličnega valja, kjer lahko pušča batno tesnilo, pa do napačno nastavljenega varnostnega ventila in obrabljenega drsniškega potnega ventila. Vsako od naštetih napak, ki povzročata segrevanje, je treba odkriti ter čim prej odpraviti. Opisanih rež znotraj črpalk pa ni možno odpraviti, je pa povečevanje teh rež možno časovno znatno upočasniti z vzdrževanjem čim boljše čistoče (snažnosti) HK.

Zrak se segreje, ko ga stisnemo. To pomeni, da prihaja v primeru zraka znotraj hidravlične kapljevine (nastopa v obliki mikrozračnih mehurčkov) do nezaželenega segrevanja. Zrak običajno vstopa v hidravlični sistem preko sesalnega dela črpalke. Zato preverite nivo olja v rezervoarju in če je prenizek, ga dolijte do najvišje dopustne višine. Preverite, ali so sesalna cev in priključki v dobrem stanju, če niso,

zatesnite spoje. V določenih primerih lahko zrak vstopa v črpalko preko rotacijskega grednega tesnila. Preverite stanje grednega tesnila črpalke in ga po potrebi zamenjajte.

Kavitacija se pojavi, če absolutni tlak v kateremkoli delu hidravličnega sistema pade pod uparjalni tlak hidravlične kapljevine. To povzroča formiranje parnih kavitacijskih mehurčkov znotraj hidravlične kapljevine, kar povzroča segrevanje, ko se ti stisnejo. Kavitacija povzroča segrevanje hidravlične kapljevine in zaradi nje lahko pride do pregrevanja sistema. Kavitacija se lahko pojavi kjerkoli znotraj hidravličnega sistema, najpogosteje pa znotraj črpalke (slika 3 in slika 4). Razlog za to je lahko sesalni filter pred črpalko. Najprej preverite, ali je ta zamašen. Preverite tudi, ali sesalna cev med rezervoarjem in črpalko nima zožitev (stisnjena cev, priprt krogelni ventil ...).

Hidravlični sistemi, ki obratujejo pri temperaturah hidravlične kapljevine nad 85 °C, imajo običajno neustrezno (premajhno) hladilno kapaciteto za tem-



Slika 3 : Pojav kavitacije znotraj zobniške črpalke



Slika 4 : Posledica kavitacije - poškodovana ventilska plošča aksialne batne črpalke

peraturo okolice, pri kateri delujejo. V takem primeru je potrebno namestiti dodatni hladilni sistem. O tem se posvetujte z izdelovalcem stroja ali s strokovnjakom za hidravlične sisteme.

Če nadaljujete z obratovanjem hidravlične naprave pri previsokih delovnih temperaturah olja, je enako kot bi nadaljevali z vožnjo vozila z motorjem z notranjem izgorevanjem, pri katerem je temperatura hladilne tekočine kritično previsoka. Poškodba hidravličnega sistema je v takem primeru neizogibna. *Zato je zelo pomembno, da vedno, ko se pojavi pregrevanje hidravlične tekočine, hidravlično napravo takoj ustavite in poiščete ter odpravite vzroke za pojav previsokih temperatur!*

Viri

- [1] Pezdirnik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana, 2011.
- [2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [3] Casey, B.: Insider secrets to hydraulics, Brendan Casey, West Perth, 2002.

TERRINet
The European Robotics
Research Infrastructure Network

**Brezplačen dostop do
najboljše raziskovalne opreme
na področju robotike v Evropi**

Prijavite se **zdaj!**
Prvi razpis je že na voljo.
www.terrinet.eu

01.-03.10.2019
Ljubljana, Slovenija, GR

VODAQUA

ALL ABOUT WATER, SEWAGE & WASTE MANAGEMENT

powered by



DIR 19

1.4.-5.4.2019

FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Vsi se zavedamo, da roboti dobivajo čedalje večjo vlogo v našem vsakdanjem življenju. Olajšujejo nam delo in izboljšujejo kvaliteto življenja. Ta "bitja" so postala nepogrešljiv pripomoček, ne samo v industriji, ampak tudi v domačem okolju. Dokazujejo nam, kaj vse lahko ustvarita človeški um in znanje.

Z namenom, da robotiko približamo ljudem, študentje Fakultete za Elektrotehniko že 15. leto zapovrstjo organiziramo Dneve industrijske robotike – DIR 2019, ki bodo potekali **od 1. do 5. aprila 2019 na naši fakulteti**. Dogodek je brezplačen in namenjen vsem, ki vas robotika zanima – tako študentom¹ kot vsem ostalim².

Poleg predstavitev aplikacij, organiziranih **predavanj strokovnjakov** in ekskurzije v robotizirana podjetja, bo letos ponovno potekal tudi **RobotChallenge**, študentsko tekmovanje v simuliranju robotskih celic v programskem okolju RobotStudio. V avli fakultete bodo ves teden predstavljene različne **zabavne in poučne aplikacije na robotih**: Od peke pica kruhkov, kuhanja kave na pravem gostinskem kavomatu in pripravljanja azijske hrane z lastnih izborom sestavin na pametni tablici, do iskanja poškodb na laku pokrova motorja avtomobila, rezkanja šahovskih figur, lotanja in risanja portretov.

¹Študentom katerekoli fakultete ali univerze omogočamo udeležbo pri podrobni predstavitvi in delo z roboti. 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.

Za več informacij nas obiščite na:

www.dnevirobotike.si



RAZVOJ HIDRAVLIČNE POGONSKE TEHNIKE SKOZI ČAS – 1. DEL:

ZGODNJI ZAČETKI IN PRVE ČRPALKE

Darko Lovrec

Najpomembnejši mejniki razvoja hidravličnega oz. hidrostatičnega prenosa sil in gibanja, njihov pomen za razvoj posameznih vej tehnike ter uvajanje te tehnologije na druga področja tehnike, bodo podrobneje predstavljeni v kronološko sledečih si prispevkih – od prvih zametkov pa vse do današnjega dne. V tem prvem prispevku se bomo posvetili prvim spoznanjem in poskusom uporabe energije vode ter prvim hidravličnim črpalkam, ki so omogočile neodvisnost te tehnike od naravnih virov energije.

Hidravlična pogonska tehnika je zelo stara znanost. Že pred več kot 3000 leti pr. N. št. so Babilonci in Egipčani gradili kanale za namakanje polj in za obrambne namene ter pri tem za transport vode uporabljali preproste naprave. V tistih časih še ni bilo nobenih poskusov razumeti princip delovanja in zakonitosti gibanja tekočine. Prvi opaznejši poskusi razumevanja splošnega dogajanja in vzorcev soodvisnosti med tlakom in tokom tekočine so se pojavili šele v času starih Grkov.

Stari Grki so že spoznali nekatere osnovne zakonitosti hidrostatične ter učinek vzgona in jih tudi že dokumentirali. Misleci in »inženirji« tega obdobja so tudi že izdelali prvo hidravlično opremo v današnjem smislu izvedbe in uporabe. Sem lahko štejemo npr. batno in vijačno črpalko, vodno uro... Rimljani so se, tako kot Egipčani, bolj zanimali za praktične in konstrukcijske vidike hidravlike kot za poznavanje teoretičnega ozadja delovanja. Tako se je razvoj te tehnike zelo počasi nadaljeval do obdobja renesanse, ko so misleci, kot npr. Leonardo Da Vinci, začeli »na znanstveni način« beležiti in poročati o izsledkih svojih opazovanj. Na to obdobje se nanašajo prva spoznanja, vezana na masni tok tekočine (kontinuiteta toka), upore pri pretakanju zaradi trenja, širjenje hitrosti valovanja na površini tekočine..., ki so še vedno v uporabi, čeprav v bolj izpopolnjeni obliki.

Vsa opazovanja in prve naprave tega obdobja so pogojevale uporabo naravnih virov tekočine. Ločitev od naravnih virov energije, in s tem osamosvojitve te vrste tehnike, se je pojavila v 16. stoletju s prvimi rotacijskimi hidravličnimi črpalkami. Prve izvedbe črpalk so napovedale hidrostatični prin-

cip delovanja hidravličnih oz. hidrostatičnih naprav. Matematični zapis hidrostatičnega prenosa sil in gibanja, in vsega kar je na podlagi tega možno doseči, pa je okoli 1650 podal Blaise Pascal v svojem znamenem in široko uporabnem Pascalovem zakonu.

A do prve praktične, bolje rečeno industrijske rabe hidrostatičnega prenosa sil in gibanja ter korišćenja prednosti tega koncepta, je minilo nadaljnjih 150 let. Šele Joseph Bramah in njegova zgrajena ter tudi patentirana hidrostatična stiskalnica predstavlja praktični mejnik uporabe hidrostatičnih naprav v današnjem smislu. Od tega prelomnega trenutka se je pričel »zmagoviti« pohod hidrostatičnih naprav na skoraj vseh področjih tehnike. Vse do začetka 20. stoletja (kar je manj kot pred sto leti!) je hidravlika predstavljala edino in nepogrešljivo tehnologijo za prenos sil in gibanja številnih (skoraj vseh) naprav. Hidrostatični prenos sil in gibanja je še danes nepogrešljiv, predvsem v strojih in napravah, kjer je potrebno premagovati velika bremena in zagotavljati visoko dinamiko. Osnovni koncept je tako ostal ohranjen od prvih začetkov uporabe te tehnologije, le da je danes dopolnjen in nadgrajen s sodobno električno krmilno in senzorsko tehniko ter podprt z informatiko.

1 Zgodnji zametki – korišćenje energije vode in vodna kolesa

Začetki hidravlike so tesno povezani z vodo kot medijem za prenos sil in gibanja. Po njej ima ta veja tehnike tudi ime. Ime izhaja iz grške besede *hydraulikos*, pri čemer *hydor* pomeni vodo in *aulos* cev. Poenostavljeno, voda je v cevi napeljana na določeno mesto, kjer opravlja svoje delo. Medtem ko dandanes skoraj vsak pri besedi hidravlika pomisli na oljno hidravliko in uporabo hidravličnega olja, je

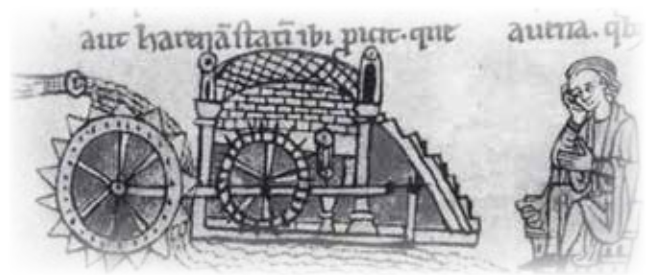
Izr. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž.,
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

bilo v začetku razvoja te tehnike ravno obratno. Vse je temeljilo na uporabi vode, principi delovanja in naprave pa se niso nanašali samo na hidrostatični, temveč tudi na hidrodinamični način delovanja. Začetki so obema konceptoma, ki ju danes običajno obravnavamo ločeno (npr. delovanje vodnih turbin in hidrostatičnih črpalk) po eni strani bolj ali manj skupni, po drugi strani pa sta oba koncepta v večji ali manjši meri (tudi hkrati) prisotna v današnjih hidravličnih črpalkah in motorjih, ki jih uporabljamo za pretvorbo energije.

Prve mehanske naprave, ki so omogočale opravljanje nekega dela na podlagi izkoriščanja energije tekoče vode, so bila vodna kolesa. Vodno kolo je starodavna naprava, ki uporablja tekočo ali padajočo vodo za generiranje moči. Vodno kolo je sestavljeno iz kolesa (običajno je bilo leseno) in večjega števila lopatic ali korcev (vedrom podobnih posod), nameščenih po obodu kolesa. Sila vode, ki deluje na lopatice ali korce, posledično povzroča vrtenje kolesa, ki se preko gredi prenaša dalje. Vodna kolesa so bila v uporabi za različne namene vse do 20. stoletja. Rečemo lahko, da so vodna kolesa skupno izhodišče kasnejših vodnih turbin, ki so se razvijala v svojo smer, in pa hidravličnih pretvornikov energije, ki predstavljajo osnovo kasnejšim hidravličnim motorjem in hidravličnim prenosnikom. Glede na princip delovanja in pretvorbo energije predstavljajo vodna kolesa tako princip delovanja hidravličnih rotacijskih motorjev – hidromotorjev, različni načini črpanja in transporta vode na drugi nivo pa princip delovanja črpalk. Pri motorjih se je energija dotekajočega medija pretvarjala v mehansko energijo, ki so jo uporabljali za opravljanje določenega dela (npr. za vrtenje mlinskega kamna). Pri črpalkah, ki jih je bilo potrebno najprej na nek način poganjati, pa za transport tekočine, za kasnejše opravljanje določenega dela ali za doseganje določenega namena (npr. za namakanje polj).

Prve omembe vodnih koles segajo v obdobje okoli 4000 do 3500 let pr. n. št., v čas Sumercev, in se nanašajo na ozemlje starodavne Mezopotamije. Uporaba vodnih koles je omenjena v kasnejših babilonskih zapisih, vendar brez podrobnosti o konstrukciji vodnega kolesa. Transport vode s pomočjo koles je bil uporabljan le za namene namakanja polj in rastlinskih nasadov.

Prvotna preprosta vodna kolesa je poganjal tok tekoče vode, pri čemer iz zapisov ni znano, kako so bila ta kolesa obrnjena glede na tok reke. Manj znana je tudi podrobnejša izvedba vodnih koles, ki so jih uporabljali mlini v Indiji. V starodavnih indijskih besedilih iz 4. stoletja pr. n. št. je moč zaslediti izraz cakkavattaka (obračalno kolo), ki ga strokovnjaki pojasnjujejo kot arahatta-ghati-yanta (stroj z nameščenimi lonci na kolesu). Zgodovinarji si glede zapišanega niso enotni ali res gre za vodno gnano kolo ali za kaj drugega oz. drugo napravo. Prve tovrstne naprave, ki so se uporabljale v Indiji in jih je poga-



Slika 1 : Dokumentirani primer zgodnje izvedbe vodnega kolesa [1]

njala tekoča voda, so opisane v arabskih in perzijskih delih. Skozi čas so različne izvedbe vodnih koles tudi različno imenovali, npr. noria (beseda je špansko-arabskega izvora), je izraz za izvedbo vodnega kolesa s korci, uporabljanega za namakanje.

Najzgodnejši podrobnejši opis izvedbe in uporabe vodnega kolesa prihaja iz antične Grčije in Male Azije. Najdemo ga v pismenem delu Apolonija Pergeja iz obdobja 240 pr. n. št. Zapis se je ohranil samo v arabskem prevodu. Mitradates VI Eupator iz Pontusa bi naj že imel vodni mlin v svoji palači v Cabiri v letu 71 pr. n. št. V 1. stoletju pr. n. št. se je grški epigramatist Solunski, prvi skliceval na vodno kolo in ga omenjal kot zelo koristno napravo pri mletju žita in zmanjšanju človeškega fizičnega napora pri tem. Zgodnja raba in prisotnost vodnih koles v različnih delih grškega in rimskega sveta je bila verjetno bolj razširjena, kot to priznavajo zgodovinarji oz. imajo za to dokaze. Kasneje, še posebej v obdobju Rimljanov, so bila vodna kolesa vse pogostejše omenjana in tudi uporabljana. Primer dokumentirane zgodnje izvedbe vodnega kolesa prikazuje *slika 1*.

Pri vseh omembah vodnih koles je šlo za horizontalno ali vertikalno nameščena vodna kolesa, ki jih je poganjala tekoča voda reke ali potoka. Voda je na kolo dotekala s spodnje strani ali pa je bila preko kanala ali po cevi speljana na kolo tako, da je padala na lopatice kolesa z zgornje strani. V primeru horizontalne namestitve je voda dotekala po cevi ali po kanalu in delovala na lopatice s strani. Horizontalno nameščeno kolo z vertikalno osjo je bil zelo preprost sistem, ki je neposredno, brez dodatnih gradnikov in prestav služil kot vreteno za neposredni pogon mlinskega kamna. V nekem smislu je predhodnik sodobne vodne turbine. Vertikalno nameščena kolesa so bila cenejša in enostavnejša za izdelavo, vendar manj učinkovita kot horizontalna. Zaradi svoje preprostosti so se uporabljala tam, kjer je bil pretok vodnega vira dovolj velik za zagotavljanje navora.

Dolga stoletja so ljudstva vodna kolesa uporabljala za pogon mlinskih kamnov, žag, različnih vrst kladiv in kovaških mehov, drobilnikov kamenja in rude, za odstranjevanje vode iz rudnikov in tudi za oskrbo naselij s pitno vodo. Dva izmed številnih primerov uporabe vodnega kolesa v rudarstvu, za pogon



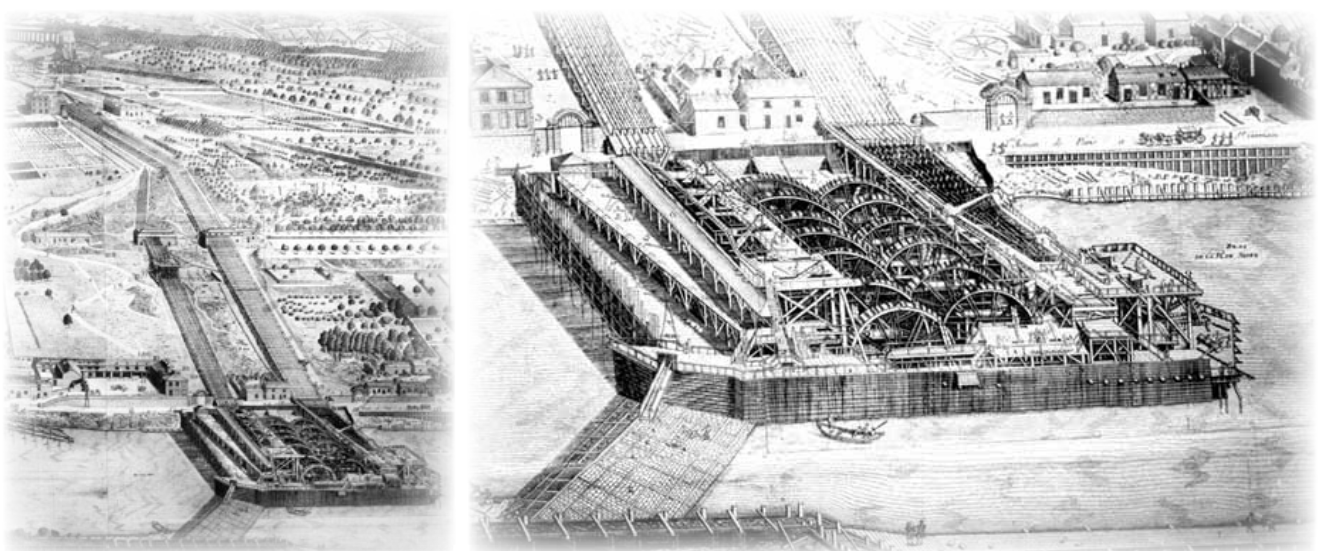
Slika 2 : Uporaba vodnega kolesa za pogon verige z vedri in za pogon drobilnika v srednjem veku; Georgius Agricola's *De Re Metallica* (1556); [2], [3]

verige z lesenimi vedri za namene odstranjevanja vode iz rudniškega jaška in za pogon drobilnika kamena oz. rude, prikazuje *slika 2*.

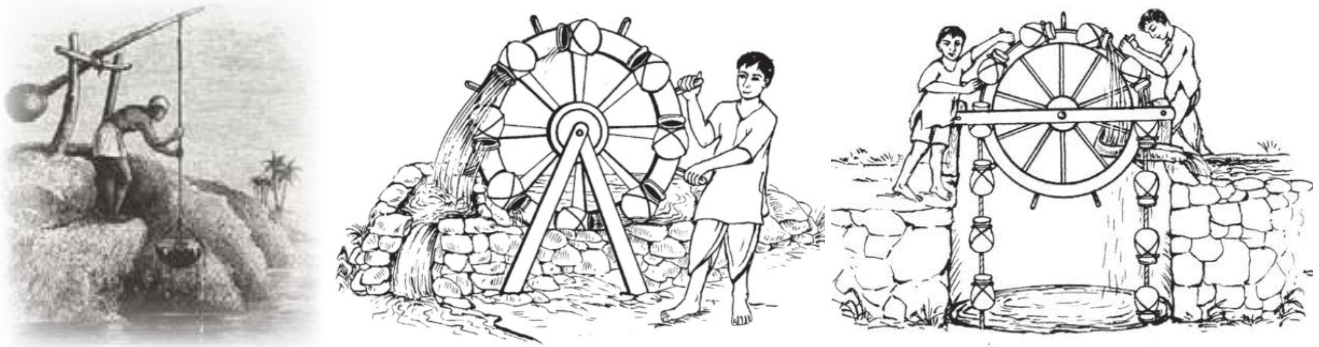
Zaradi zelo široke uporabe vodnih koles so ta upodobljena na številnih bolj ali manj natančnih risbah. Večina slikovne dokumentacije izhaja iz kasnejših obdobij, zato ne odlikavajo dejanske izvedbe in uporabe. Vsak avtor ilustracije je dodal svoje razumevanje delovanja ter svojo presojo o zgradbi in videzu naprave. V primerjavi s *sliko 1* in *sliko 2*, ki prikazujeta zgodnje izvedbe in uporabo vodnih

koles, je na *sliki 3* dokaj podrobno prikazan sistem vodnih koles, uporabljan za namakalni sistem. Tudi v takšnih primerih podrobnosti izvedbe v smislu tehniške risbe niso znane.

Ločnica med uporabo vodnega kolesa za pogon neke naprave – torej kot hidromotorja, ali za posredno ali neposredno dviganje in transport vode – uporaba kot črpalka, je zelo tanka. Za transport oz. za pretakanje vode iz enega zajetja ali vira na drugo mesto so bile v rabi preproste naprave, ki so v današnjem smislu delovale oz. so jih uporabljali kot črpalke.



Slika 3 : Vodna kolesa, ki jih poganja tok rečne vode, uporabljena za namakalni sistem; *La machine de Marly*; Celotni namakalni sistem (levo) in sklop 14 vodnih koles (desno); [4]



Slika 4 : Ročno gnane dvizne naprave za zajemanje vode; egipčanski shaduf (levo) in dve izvedbi ročno gnanih koles z vedri, noria (sredina) in sakija (desno) [7]

2 Naprave za dviganje in transport vode

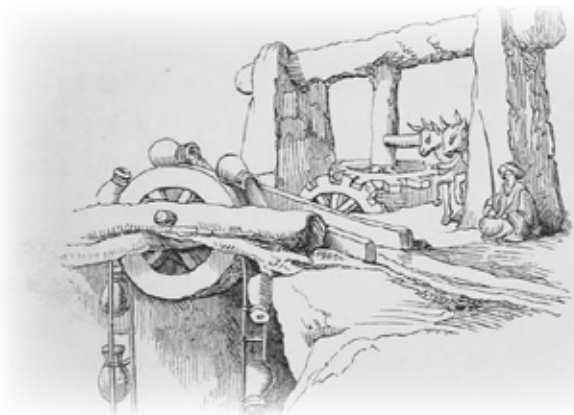
Predhodniki črpalk so bile najrazličnejše naprave za dviganje in transport vode. Tudi v tem primeru segajo prve omembe teh naprav daleč nazaj v preteklost. Omembe se navezujejo na današnja področja Indije, Pakistana, Egipta, pri čemer gre za naprave, gnane s pomočjo moči, tekoče vode, človeka ali živali. Vse izvedbe se skoraj brez izjeme nanašajo na zajemanje vode za namene namakanja polj. Značilne primere teh dviznih naprav, kakršne se ponekod uporabljajo še dandanes, prikazujeta *sliki 4 in slika 5*.

Glede na izvedbo in geografsko področje uporabe so bila tudi poimenovanja različna. Prva »vodna črpalka« sega v obdobje od 3000 do 2000 pr. N. št. in je bila imenovana shaduf. Naprava je znana pod različnimi imeni, kot so shaduf (shadoof) v Egiptu, zirigum v Sumerju, dhenkli v Indiji, kilonion ali ke-lonion v Grčiji in daliya v Iraku. Predvsem je znan egipčanski shaduf, ki so ga uporabljali posamično, ali pa so jih namestili na različnih geodetskih nivojih in s pretakanjem od nivoja do nivoja vodo transportirali na višje ležeče predele. Naprava je bila zelo preprosta. Sestavljena je bila iz lesenega vzvoda ter postavljena ob reki ali ob zajetju vode. Vzvod je bil nameščen na dveh navpičnih stebrih in obrnjen proti vodnemu viru. Na enem koncu vzvoda ali ročice je bila obešena posoda, na nasprotni strani pa je bila pritrjena protiutež. Uporabnik je potisnil ročico navzdol, napolnil vedro z vodo in teža je dvignila vedro. Šaduf je bil priljubljen po vsem Bližnjem vzhodu in je bil edina oblika »vodne črpalke«, ki se je v regiji uporabljala še naslednjih 2000 let. Šaduf se danes še vedno uporablja v Indiji in Egiptu kot preprosta naprava za namakanje zemljišč. [4], [5], [6], [7]

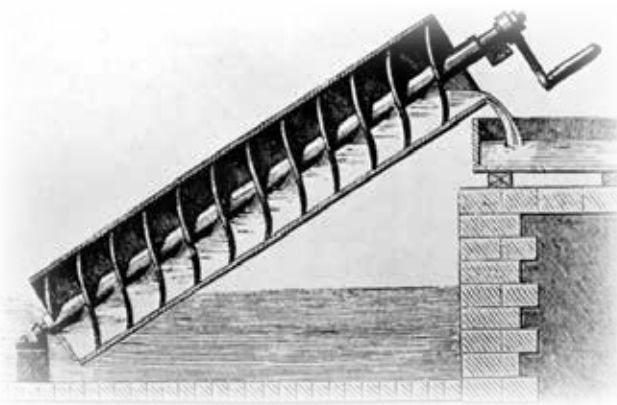
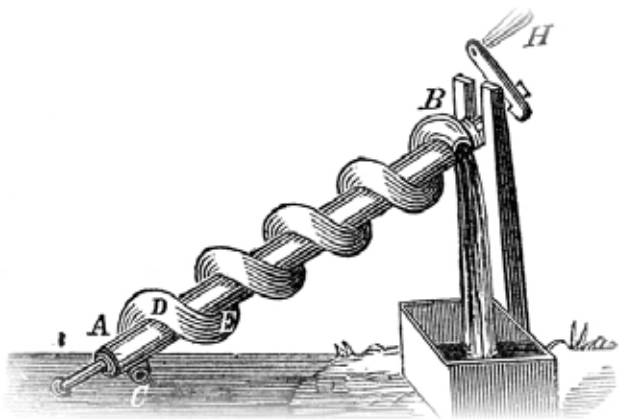
Noria ali egipčansko vodno kolo, je sestavljeno iz veder ali glinenih posod, nameščenih po obodu kolesa, ki ga je poganjal vodni tok, izhaja iz leta 700 do 600 pr. n. št. Ko so bila vedra potopljena in napolnjena z vodo, jih je gravitacija potisnila na vrh kolesa, kjer so se samodejno izpraznila v korito, kolo

pa je samodejno nadaljevalo kroženje. Po navedbah Muzeja za namakanje je bila noria prva rotacijska, samodejno delujoča naprava za dviganje vode, ki je ni poganjal človek. Kolo z vedri se je pojavljalo v različnih izvedbah. Razen gnanega z rečnim tokom, je lahko kolo z vedri vrtel tudi človek ali pa živali. Pri tem so bila vedra neposredno pritrjena na kolo ali pa na vrv, kar je omogočalo premagovanje večjih višin – t. i. shaduf in sakija. Primer shadufa ter dve izvedbi ročno gnanih vodnih koles, norie in sakije, prikazuje slika 4.

Sakija, imenovana tudi perzijsko vodno kolo ali timpanum, je po izvedbi sicer podobna noriji, razlikuje pa se po načinu poganjanja kolesa – namesto rečnega toka kolo poganjajo živali npr. voli, kamele, konji... (lahko pa tudi človek). Sakijo, z vedri, pritrjenimi na vrv in napeljano okoli pokončnega kolesa, še vedno uporabljajo v Egiptu, le da so sedaj vedra izdelana iz pocinkane jeklene pločevine, kolo pa gnano na mehanski način. Glede na področje uporabe te izvedbe kot egiptovska, perzijska, nubijska sakija so le-te lahko različnih izvedb (brez daljše vrvi z lonci, način zajemanja vode z drugače oblikovanimi posodami ...). Ena od izvedb sakije je prikazana na sliki 5.



Slika 5 : Vodno kolo, sakija, ki ga poganjajo živali, področje Zgornjega Nila [5]



Slika 6 : Egipčanska (levo) in grška izvedba Arhimedovega vijaka (desno)

Sodobnejšo izvedbo naprave za transport oz. dviganje in pretakanje vode, pa čeprav še vedno s pogonom, ki uporablja moč človeka, predstavlja vodni vijak. Izvedba je danes bolj znana pod imenom vijačna črpalka. Iznajdbo vijačne črpalke običajno sicer pripisujemo Arhimedu, (rojen v Siracusi na Siciliji, 287 do 212 pr. n. št.) grškemu matematiku, fiziku, inženirju, inovatorju in astronomu, a so zgodovinarji mnenja, da je vijačno črpalko videl ob svojem obisku Egipta. Takšno sklepanje temelji na dejstvu, da je bila tovrstna naprava Grkom pred helenističnimi časi neznana. Slike grških in rimskih vijačnih črpalk kažejo, da je imela valjasto kovinsko ohišje, v katerega je bil vstavljen vijak, ki ga je vrtel človek ali pa ga je vrtela vetrnica s pomočjo sile vetra. Dve izvedbi Arhimedovega vijaka prikazuje slika 6.

Drugi raziskovalci zopet menijo, da je bila takšna naprava še starejšega izvora in da so jo že uporabljali za namakanje visečih vrtov Babilona, enega od sedmih čudes starega sveta. Tako Stefani Dalley omenja klinasti napis asirskega kralja Sennacheriba (704 do 681 pr. n. št.), ki opisuje uporabo bronastih vijakov za transport vode, uporabljanih 350 let pred omembo Arhimeda.

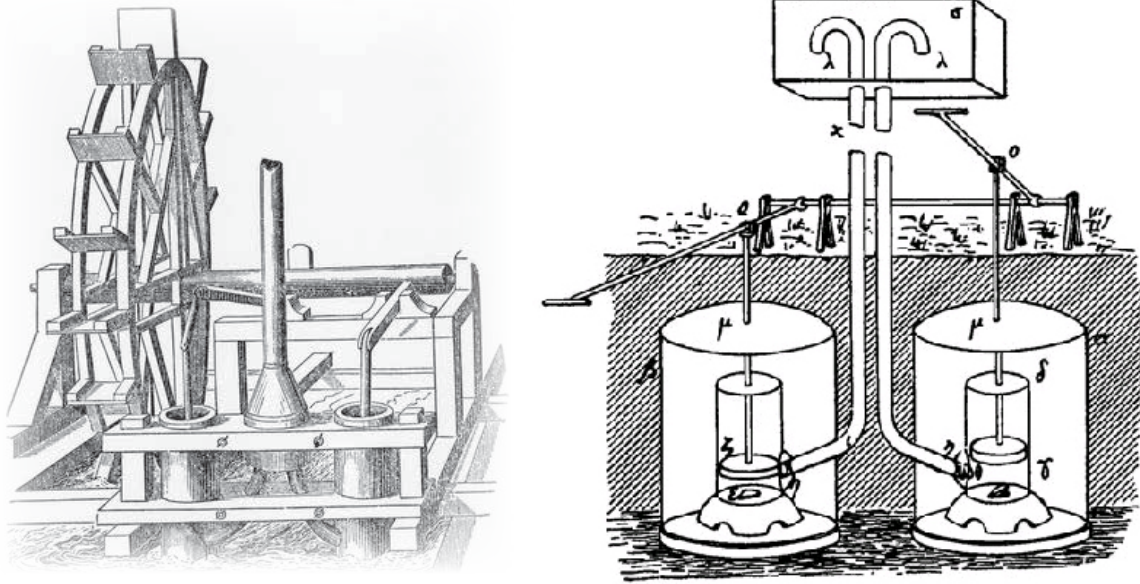
Vijačna črpalka je skozi zgodovinski razvoj doživela več večjih ali manjših sprememb in izboljšav, bila je npr. dopolnjena s zobniško prestavo, vleženjem vijaka, različno izvedbo vijaka, a je princip kot takšen v uporabi še danes, za različne namene. Leta 1830 je Revillion izumil sodobno vijačno črpalko, kakršno uporabljamo v današnjih hidravličnih napravah. Ta črpalka je bila sestavljena iz desnega in levega vijaka, ki sta se ubirala in vrtela v nasprotnih si smereh. [8]

Iz tega obdobja je v smislu delovanja črpalke potrebno omeniti še dve napravi, vodne orgle in pa batno črpalko, ki ju je zasnoval Grk Ktesibius (rojen v Aleksandriji, Egipt, 285 do 222 pr. n. št.) predstavnik t. i. Aleksandrijske šole. Ime Ktesibius pogosto povezujemo z izrazom hidravlika, hidravlično črpalko

in hidravličnimi oz. vodnimi orglami ter z vodno uro klepsidro, zračno gnanim katapultom, če omenimo njegove le najbolj znane naprave. V vseh primerih gre za izvirne rešitve, pri katerih je izkoriščal energijo vode in zraka ter ju kombiniral z mehaniko. V navezavi na hidravlično pogonsko tehniko je mogoče najbolj znana njegova dvobatna črpalka, ki so jo uporabljali za gašenje požarov. Ktesibius je imel rad tudi glasbo, zato je svoje ideje in znane »tipske« rešitve uporabljal tudi pri snovanju glasbenih instrumentov. Tako je zasnoval prvi »armonion«, ki je deloval na principu črpanja zraka skozi cevi. [9]

Vodne orgle, pogosto imenovane tudi hidraulis, so neke vrste predhodnik sodobne črpalke, delujoče na mehanski način. Vodne orgle, ki naj bi jih zasnoval Ktesibius iz Aleksandrije v Egiptu, okoli 200 pr. n. št., so po enih navedbah zračna črpalka, ki je imela v valju na spodnjem koncu nameščene ventile, vstavljen bat oz. valjasto telo pa je bil v plunžer izvedbi (=bat in batnica enakega premera). Bat je ob premikanju povzročil podtlak, ta pa je vodo posejal skozi ventil. V tem smislu je delovanje te naprave resda podobno delovanju črpalk. Črpalka je bila običajno izdelana iz bron, ventili in bati, kot elementi črpalke, pa so se pričeli uporabljati tudi pri drugih vrstah strojev, predvsem kot gradniki v vojaški opremi.

Hidravlične orgle ali hidraulis pa so glasbeni instrument, podoben današnjim cevnim orglam, delujočim na zrak. Zrak za igranje orgel – povzročanje tona oz. vir energije, ki potiska zrak v orgle, izvira iz naravnega vodnega vira (npr. energije padajoče vode slapa) ali pa ga zagotavlja ročna črpalka ali ročno gnani meh. Po drugem opisu vodnih orgel pa gre za instrument, pri katerem sta voda in zrak hkrati dotekala v t. i. zračno komoro. Tukaj sta se zaradi različni mas zrak in voda ločila, stisnjen zrak pa je potoval dalje do orgelske oz. zvočne cevi. Dve luknjani »pršilni plošči« ali »diafragmi« sta preprečevali pršenje vode in njen vdor v orgelske cevi. Kakršnakoli je že bila dejanska izvedba, so bile vodne orgle prvi instrument na svetu s klaviaturo.



Slika 7 : Ktesibiosove črpalke; vodno gnana črpalka (levo) in ročna gasilska črpalka (desno); [9], [10]

Podobna konstrukcija je omenjena tudi v povezavi s Heronom iz Aleksandrije, kjer je orgle poganjala vetrnica. Mnogo stoletij kasneje se je hidraulika razvil v današnje sodobne orgle.

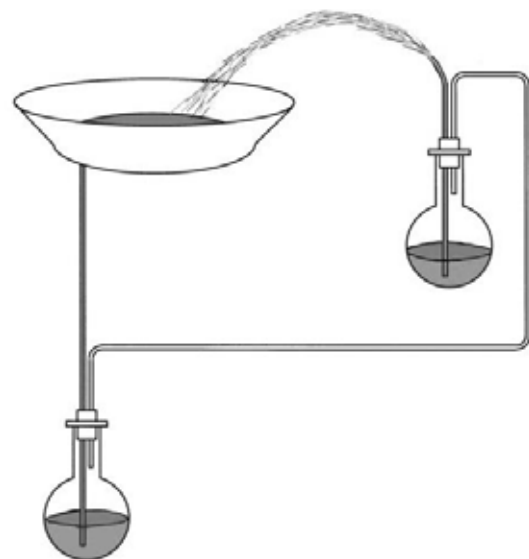
Druga pomembna iznajdba, povezana s Ktesibiustom, je že omenjena dvobatna črpalka, katere delovanje je kasneje opisal Philo iz Bizantina (2. stoletje pr. n. št.), kajti Ktesibiosova knjiga z originalnim opisom delovanja bi se naj izgubila.

Ktesibiosove črpalke so bile različnih izvedb, gnane z vodnim kolesom ali pa ročno, med delovanjem pa so morale biti potopljene v vodo. Primer ene je prikazan na *sliki 7*. Prikazana izvedba črpalke bi se naj uporabljala tudi kot črpalka za gašenje požarov. [9], [10] Prednost te izvedbe črpalke je bila v tem, da je dvignila vodo na določeno višino, določeno z dimenzijami črpalke in pogojem, da bo dovodna cev sposobna vzdržati hidrostatični tlak. Je pa imela ta izvedba črpalke tudi določene pomanjkljivosti. Črpalni mehanizem je moral biti v celoti potopljen v vodi in če je nivo vode upadel, se valj črpalke ni napolnil. Rešitev teh težav je bila v uporabi sesalne cevi na vstopu v črpalko, kakršno imajo današnje črpalke. Ne samo, da sesalna cev omogoča, da lahko črpalko namestimo nad gladino vode, z njo se lahko prilagajamo tudi nihanju gladine vodnega vira. Glede na izvedbo te črpalke je lahko sesalna višina znašala približno 10 metrov, višina curka pa slabih 8 metrov.

V tistem obdobju so že dokaj dobro poznali tudi učinek gravitacijskega tlaka ter ga tudi znali izkoriščati za namene pretakanja tekočine. To so bile prve naprave za pretakanje, ki niso uporabljale gibajoče se mehanske dele in zunanji pogon. Ena tovrstnih »črpal« je Heronova črpalka (*slika 8*),

delujoča na podtlak, znana tudi kot Heronova fontana (Heron, Aleksandrija, 10 do 70 n. št.).

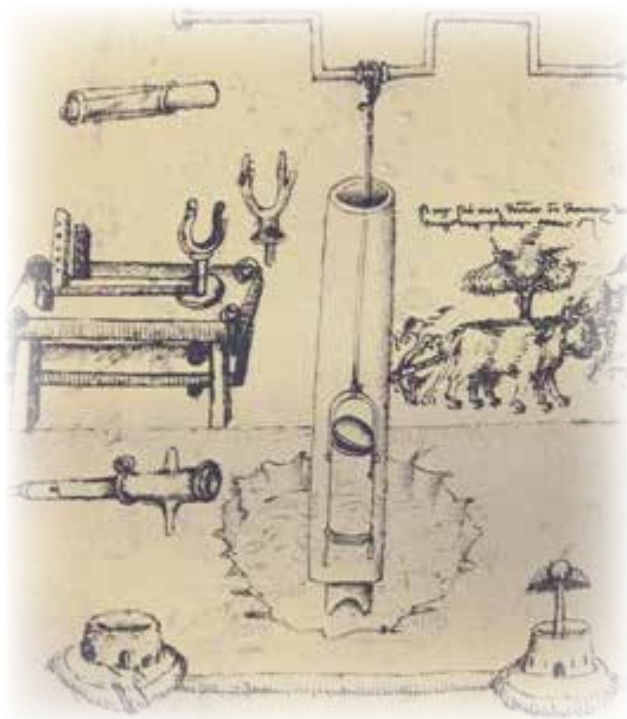
Delovanje Heronovega vodnjaka ali Heronove fontane zgolj na principu težnosti in zračnega tlaka, »brez zunanje energije«, se je ljudem v 1. stoletju našega veka zdelo čudežno. Sedaj vemo, da je delovanje naprave le lep prikaz Pascalovih in Bernoullijevih načel, ki so jih podrobneje spoznali in zapisali veliko kasneje. Vsi omenjeni principi in načini delovanja so prisotni v večini današnjih izvedb črpal: vsebujejo vse omenjene gradnike in delujejo po principu najprej sesanja in nato iztiskanja tekočine, tudi pod visokim tlakom – hidrostatične črpalke.



Slika 8 : Heronova podtlačna črpalka - Heronov vodnjak

3 Hidrostatične črpalke

Prvo omembo »Evropske« batne črpalke, ki je že imela vgrajeno sesalno cev, srečamo šele v petnajstem stoletju, v zapisih Taccole (okoli leta 1450) in Martinija (okoli leta 1475). Grobi prikaz zgradbe črpalke je prikazan na *sliki 9*. Valj črpalke in bat sta bila bolj ali manj natančno izdelana iz lesa, ki ne vzdrži visokega tlaka, pa tudi odvodne oz. tlačne



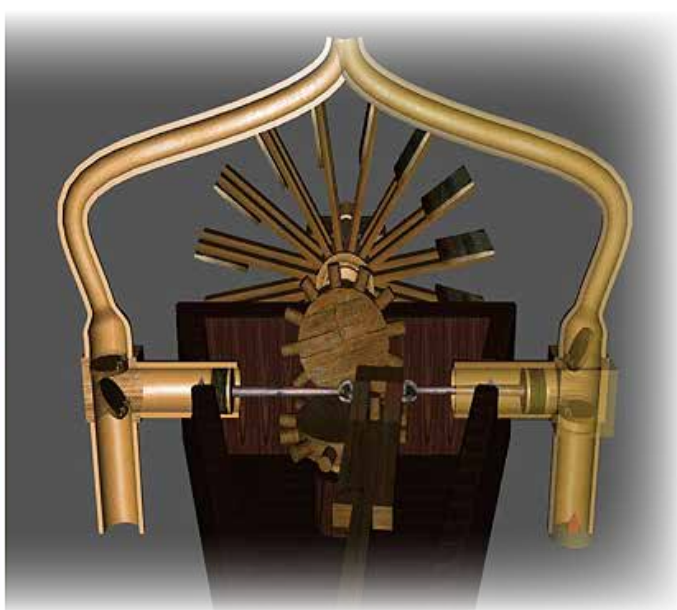
Slika 9 : Prva »Evropska« batna črpalka [11]

cevi ni imela. [11] Tekočina je kar prosto iztekala na zgornji strani. Prav tako ni imela nobene batnice ali podobne »palice« za premikanje bata – v ta namen je na sliki prikazana kar vrh. Zato je delovanje takšne zasnove vprašljivo. [12] Prav tako ni trdnih dokazov o evropski »tradiciji batnih črpal«, zasnovanih in uporabljenih v srednjem veku.

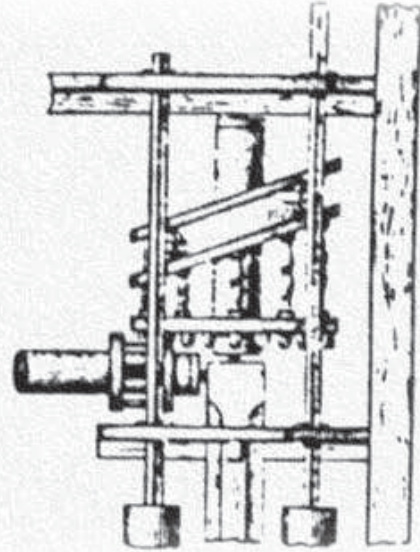
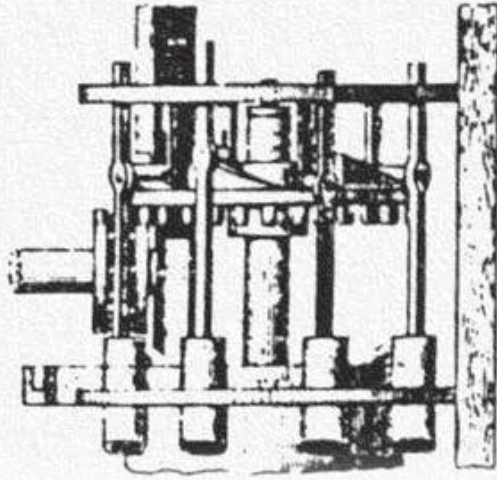
Predpostavka, da je Taccola prvi opisal sesalno črpalko [13], ni povsem utemeljena. Edina razlaga za nenaden pojav sesalne črpalke v spisih renesančnih inženirjev v Evropi je ta, da je bila ideja podedovana od islama, čigar inženirji so že dolgo poznali batne črpalke, že v zgodnjem srednjem veku [14].

Ismail Al-Jazari (1136 do 1206, islamski mislec, matematik, inženir, iznajditelj, artist) je leta 1206 napisal knjigo o strojih (približen prevod: *Knjiga znanja genialnih mehanskih naprav*). Med svojimi napravami za dviganje vode je opisal dvovaljno sesalno batno črpalko, za katero lahko rečemo, da je imela neposreden pomen pri razvoju sodobnega inženirstva. To črpalko sicer poganja vodno kolo, ki skozi sistem zobnikov dalje poganja nihajočo palico, na katero so pritrjene palice/batnice dveh batov. Bati se premikajo recipročno, eden proti drugemu, in so nameščeni v nasprotno ležečih si valjih, pri čemer je vsak valj opremljen s sesalnimi in dovodnimi cevmi ter dvema ventiloma – *slika 10*. Dovodne cevi so priključene nad sredino stroja, tako da tvorijo en izhod v namakalni sistem. [15], [16]

Ta črpalka je izjemnega pomena iz treh razlogov: predstavlja najzgodnejšo znano uporabo prave sesalne cevi v črpalci, uporablja princip dvojnega recipročnega delovanja in uporablja pretvorbo rotacijskega v translatorsko gibanje. Zato ima pomembno



Slika 10 : Al-Jazarijeva dvojna, recipročno delujoča črpalka z ročično gredjo; originalna risba (levo) in CAD risba črpalke (desno); [18]



Slika 11 : Ramellijeva aksialna batna črpalka [19]

mesto ne samo pri razvoju sodobnih batnih črpalk, temveč tudi pri razvoju parnega stroja. [17]

Ob koncu 16. in v začetku 17. stoletja so se pojavile vse »glavne« vrste črpalk, ki jih še danes uporabljamo kot glavne in najširše uporabljane hidravlične črpalke, ki delujejo po principu iztiskanja tekočine. Gre za zobniško, krilno in batno črpalko. Osnovna zgradba in princip delovanja je od prvih izvedb pa vse do danes ostal enak – vse delujejo na principu generiranja podtlaka v fazi sesanja tekočine, ki ji sledi faza iztiskanja tekočine.

Leta 1588 je Agostino Ramelli (1531 do 1610), italijanski vojaški inženir, najbolj znan po svoji knjigi ilustracij različnih naprav »*Le diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli*«, objavil prvo sliko krilne črpalke. Omenjena knjiga vsebuje 195 ilustracij najrazličnejših naprav, med katerimi je prikazana tudi zasnova preproste krilne črpalke. Omenjena vrsta črpalke se ni pretirano pogosto omenjala in uporabljala vse do druge polovice 19. stoletja, ko je Američan Charles Barnes dodelal zasnovo te črpalke. Pomembna je postala šele po letu 1920, ko je njeno zasnovo in delovanje izboljšal Harry Vickers. Kot tlačno uravnoteženo izvedbo jo danes pogosto srečamo v različnih aplikacijah. Medtem ko je Ramelli le izumil to vrsto črpalke oz. v svoji knjigi le prikazal možno rešitev, pa vseeno ni jasno ali res gre za prvi dokumentirani primer rotacijske hidrostatične črpalke, ki deluje po principu iztiskanja tekočine. V tistih časih bi se lahko tovrstna črpalka tudi praktično uporabljala, ali za izčrpavanje vode npr. iz rudnikov ali pa zgolj za »okrasne namene«, npr. kot vodomet, vendar o njeni dejanski uporabi viri ne poročajo.

Razen zobniške črpalke je Ramelli v isti knjigi opisal tudi aksialno batno črpalko, ki bi naj bi bila tudi

dejansko izdelana in praktično uporabljena za odvodnjavanje rudnikov. Čeprav je bila v leseni izvedbi (kot tudi vse prve ostale črpalke tega obdobja), pri čemer so bili bati tesnjeni z usnjenimi manšetami, je bila po zgradbi in načinu delovanja enaka današnjim batnim črpalkam. Ramellijevo batno črpalko, kot eno od njegovih 110 rešitev za namene odvodnjavanja rudnikov, prikazuje *slika 11*.

Okoli leta 1600 je Nemški astronom, matematik in astrolog Johannes Kepler (1571 do 1630) zasnoval prvo zobniško črpalko. Preden se je pričel poglobljeno ukvarjati z astronomijo, je Kepler kot matematik poučeval v Grazu, v Avstriji. Iz virov ni znano, kako je Kepler prišel na idejo o zobniški črpalki, ki je danes najpogosteje uporabljena vrsta hidravlične črpalke. Bajе mu je lokalni graditelj vodnjakov oz. fontan naročil, da zasnuje preprosto in robustno črpalko, ki bi jo bilo tudi enostavno izdelati, a prvi izdelani prototip zaradi nenatančne izdelave naj ne bi zadovoljivo deloval. Zato je leta 1604 prosil za pomoč Josta Buergija, ki je bil urarski mojster, zato mu je bila natančnost izdelave veliko bolj blizu kot Keplerju. Drugi izdelani prototip zobniške črpalke je očitno deloval, saj so o njem krožile novice v smislu »zanimiva mala fontana z dokaj visokim curkom«. Kepler svoje črpalke ni patentiral in komercializiral, saj je imel v mislih »veliko večje ideje«, kot je bila ta črpalka. Intenzivno se je namreč pričel ukvarjati z gibanjem planetov okoli sonca, zato se mu je zdela zobniška črpalka za fontane nekako nepomembna. Je pa Kepler nekoliko povezan tudi s Slovenijo. Iz Graza je bil zaradi protestantske vere izgnan in je zatočišče našel v dvorcu Kastelišče, katerega ostanke lahko najdemo na Petanjcih v Prekmurju. Čeprav je na Petanjcih je prebival le nekaj mesecev, preden se je »pokesal« in sprebrnil nazaj v katoliško vero, smo na ta način povezani s tem velikim

inženirjem črpalk. Njegova črpalka je imela dva zobnika z zunanjim ozobjem, s po šestimi zobmi oz. šestimi medzobnimi prostori oz. komorami.

Preprostejšo zobniško črpalko, kjer je zobnik z zunanjim ozobjem imel le štiri zobe oz. medzobne prostore, je leta 1624 zasnoval Francoski inženir Jean Leurechon (1591 do 1670). Tako zasnovano zobniško črpalko je opisal v knjigi »*La Recreation Mathematique*«. V knjigi je podal podroben opis zgradbe črpalke in natančen opis delovanja, kaj več pa ni mogel storiti, saj je najverjetneje dobro poznal Keplerjevo črpalko. Leta 1630 je Leurechonov sonarodnjak Nicolas Grollier zgradil celo vrsto mehanskih strojev in modelov, s katerimi je lahko demonstriral njihovo delovanje. Med njimi je tudi bila zobniška črpalka z zunanjimi zobmi v izvedbi zobnika s petimi zobmi. Izvedbo črpalke je opisal kot zelo zanesljivo črpalko za dviganje vode iz vodnjaka ali iz rezervoarja ter transport na veliko višino.

Leta 1636 se je Keplerjeva izvedba zobniške črpalke s šestimi zobmi pojavila kot t. i. »Pappenheimska črpalka«. Pappenheima pogosto navajajo kot iznajditelja zobniške črpalke, čeprav je koncept te črpalke bil znan že vsaj trideset ali štirideset let. Poganjalo jo je vodno kolo, uporabljena pa je bila v vodni fontani, za kar mu je kralj Ferdinand podelil neke vrste avtorsko pravico Imperial Privilege (predhodnik današnjega patenta) – od tod misel o iznajdbi zobniške črpalke Pappenheimu. Tudi glede lastništva in pridevnika »pappenheimska« si zgodovinarji niso povsem enotni. Po eni razlagi gre za mesto Pappenheim na Bavarskem v Nemčiji, po drugi pa, da gre za grofa Pappenheima, po katerem se je to mesto tudi imenovalo in ga je rodbina vodila. Vprašanje, ali je ta črpalka pappenheimska ali Pappenheimova, ostaja odprto. Vse tri omenjene vrste omenjenih zobniških črpalk prikazuje *slika 12*.

Proti sredini 17. stoletja so tako že bile znane in tudi uporabljane vse tri vrste danes najpogosteje

uporabljenih vrst hidrostatičnih črpalk, zobniška, krilna in batna črpalka. Razen omenjenih pionirjev gradnje rotacijskih črpalk današnje oblike, bi lahko omenili še številne druge pionirje in inženirje kot npr. Fabrya, Jones-Roota, Paytona, Evrarda, Lecoega, ki so vsaki od že znanih črpalk dodali določeno izboljšavo, ki je črpalko naredila bolj učinkovito in zanesljivo. Z iznajdbo rotacijsko delujočih črpalk se je tako začelo obdobje neodvisnosti od naravnih virov energije.

4 Zaključek

Zametki današnjih hidravličnih naprav segajo že daleč v preteklost in so povezani z naprednimi civilizacijami takratnega časa. Nekatere izvedbe so bile zelo praktične in dodelane, rešitve izvirne in povečini praktično uporabne. Evropa v današnjem pomenu ozemlja ni bila med vodilnimi. Po zatonu teh civilizacij se nekako zdi, da je po času Rimljanov, približno do 16. stoletja vladalo zatišje (ali pa morda tudi gre za pomanjkanje virov), ko se je pričelo obdobje gradnje hidravličnih črpalk v današnji obliki. To dolgo obdobje lahko imenujemo obdobje vodnih koles in naprav za transport vode, pri čemer so deloma že bili znani zametki določenih fizikalnih zakonitosti, povezanih z delovanjem teh strojev, a le v osnovni obliki, brez globljega zavedanja njihove uporabnosti.

Z gledišča hidravlične pogonske tehnike je bilo pomembno predvsem zadnje obdobje, ko so se pojavile in praktično zgradile ter uporabile osnovne vrste rotacijskih črpalk, delujoče na principu iztiskanja tekočine. Snovalci le-teh so razumeli in premislili način delovanja, ki je ostal ohranjen do današnjih dni, a brez kakršnegakoli računskega ozadja. Obdobje pojava teh črpalk lahko zato brez dvoma smatramo za prvi večji mejnik razvoja hidravličnih naprav.

Naslednji mejnik v razvoju hidravlike oz. hidrostatike predstavlja zapis Pascalovega zakona, kot osnov-



Slika 12 : Prve izvedbe zobniških črpalk; Keplerjeva (levo), Leurechonova (sredina) in Pappenheimska/-ova (desno); [19], [21]

nega zakona okoli leta 1650 in na osnovi njega razumevanje hidrostatičnega principa prenosa sil in gibanja. Na podlagi znanih principov hidrostatike – vzrok nastanka tlaka, princip transformacije sile in princip transformacije tlake, je bila šele približno 150 let kasneje zgrajena prva hidravlična stiskalnica. Prva hidrostatična stiskalnica pa je občutno pripomogla k neslutnemu razmahu te tehnologije na različnih področjih tehnike.

Literatura

- [1] N.N.: Water wheel history; <http://www.top-alternative-energy-sources.com/water-wheel-history.html>
- [2] Agricola, Georg: De re metallica; 1st ed. Basil: Hieronymus Froben & Nicolaus Episcopius, 1556
- [3] Agricola, Georg: De re metallica; <https://www.flickr.com/photos/bookhistorian/33951216891/in/album-72157682587188056/>
- [4] Belidor, Bernard Forest de: Architecture hydraulique, ou L'art de conduire,
- [5] N. N.: Interesting Engineering – 8 Ancient Water Engineering Wonders; <https://interestingengineering.com/8-ancient-water-engineering-feats>
- [6] Priscilla Chirom: Timeline of water machines, <https://www.sutori.com/story/timeline-of-water-machines--QemmdpmwHB4VzkNN-HLn4S7D1>
- [7] D. P. Agarwal: Needham on Early Indian Inventions of Hydraulics, <https://blastfferomthepast.wordpress.com/2018/04/30/the-early-water-lifting-devices-dhenkli-or-shaduf-and-the-araghatta-noria/>
- [8] Stefanie Wallace: Back to the beginning – A glimpse into the history of pumps; <https://www.groundwatercanada.com/new-products-equipment/back-to-the-beginning-1810/>
- [9] N. N.: History of Science and Technology in Islam; <http://www.history-science-technology.com/notes/notes2.html>
- [10] Hubert Walker: The Story of the fire pump; <https://www.fireengineering.com/articles/print/volume-119/issue-8/features/the-story-of-the-fire-pump.html>
- [11] White Jr., Lynn: Medieval Technology and Social Change; Oxford University Press, 1979
- [12] Prager, Frank D. and Gustino Scaglia: Mariano Taccola and his Book De Ingeneis, MIT Press, 1972, 44/15, str. 49-51
- [13] Shapiro, Sheldon: 'The Origin of the Suction Pump' in Technology and Culture, Vol. V, št. 4, str. 566-74
- [14] Smith, Norman: Man and Water, London, 1975, str. 98-99
- [15] Al-Jazari, Al- Jami` bayn al-ilm was `amal al-nafi` fi sina`at al-hiyal: (A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts), Arabic text, edited by Ahmad Y. al-Hasan, Institute for the History of Arabic Science, University of Aleppo, 1979, str. 465
- [16] Hill, Donald R.: Islamic Science and Engineering, Edinburgh University Press, str.102
- [17] Hill, Donald R.: Studies in Medieval Islamic Technology, edited by David King, Ashgate, U.K., 1998, Article II, str. 229. (this paper is a reprint from the Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science, april, str. 5-12, 1976, Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979.)
- [18] Salim Al-Hassani: The Journey of Automatic Machines in Muslim Civilisation, International Symposium on Al- Jazari "The Bright Age Shown as Dark" 13-14 May 2016; <http://muslimheritage.com/article/journey-of-automatic-machines>
- [19] Weingarten, F.: Die Entwicklung der hydrostatischen Energieuebertragung im 19. Und 20. Jahrhundert, O+P – Oelhydraulik und Pneumatik, 26, No.12, 1982, str. 873-878
- [20] Stavros I. Yannopoulos, Gerasimos Lyberatos, Nicolaos Theodossiou, Wang Li, Mohammad Valipour, Aldo Tamburrino, Andreas N. Angelakis: Evolution of Water Lifting Devices (Pumps) over the Centuries Worldwide; Water 2015, 7, 5031-5060; doi:10.3390/w7095031
- [21] Steve Skinner: Hydraulic Fluid Power; A Historical Timeline, 2014, Steve Skinner Presentations
- [22] Hunter Rouse, Simon Ince: History of Hydraulics; Dover publications Inc.; 1957



CENTER ZA SODELUJOČO ROBOTIKO NA FAKULTETI ZA ELEKTROTEHNIKO, UNIVERZA V LJUBLJANA

Sodelujoči roboti predstavljajo pomemben gradnik industrije 4.0. Zgrajeni so tako, da zagotavljajo varno sodelovanje s človekom, kar omogoča razvoj novih aplikacij tako znotraj industrije kot tudi izven. Poleg vgrajene varnosti jih odlikujejo odlični mehanski sistemi, specifični pristopi za vodenje robota ter prijazni uporabniški vmesniki, ki omogočajo programiranje robotov celo nestrokovnjakom. Pomembni uporabniki sodelujočih robotov so mikro, mala in srednja podjetja, saj roboti omogočajo avtomatizacijo kompleksne in maloserijske proizvodnje, učinkovitejšo rabo prostora in izboljšavo kakovosti, primerni so za vsestranske in prilagodljive operacije, izboljšajo ergonomijo, lahko pa se uporabljajo tudi kot dodatna roka operaterja.



Prof. dr. Gregor Dolinar, dekan Fakultete za elektrotehniko, UL FE, in prof. dr. Matjaž Mihelj, vodja razvoja v novem centru, ob demonstraciji sodelovalne aplikacije (Foto: Milan Simčič)



Center za sodelujočo robotiko združuje najnovejše robote: ABB YuMi, Universal Robots UR5e, Fanuc CR7i, Yaskawa FC10D in Franka Emika Panda. (Foto: Sebastjan Šlajpah)

Na Fakulteti za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, so lani 20. novembra v okviru Laboratorija za robotiko odprli Center za sodelujočo robotiko (www.cobotic.si). Delovanje Centra zajema raziskovalno-razvojno dejavnost v okviru domačih in mednarodnih projektov. Za podjetja bodo izvajali različne storitve, kot so svetovanje pri izbiri ustrezne robotske konfiguracije in varnostnih elementov, izvajanje testov izvedljivosti z uporabo sodelujočih robotov, razvoj sodelovalnih aplikacij, testiranje in primerjava sodelujočih robotov in perifernih naprav, pomoč pri vpeljavi varnostnih konceptov, organizirali pa bodo tudi različne delavnice, seminarje in usposabljanja s področja sodelujoče robotike. Študentom

bodo istočasno omogočili delo na najsodobnejši opremi, ki še le prihaja oziroma bo začela prihajati v industrijsko okolje.

Roboti, ki tvorijo jedro opreme Centra za sodelujočo robotiko, predstavljajo najsodobnejšo robotsko tehnologijo. Seveda pa sodelovalne aplikacije ne tvori le robot, ampak je potrebno dodati še orodje, periferne naprave in varnostne sisteme. Poleg robotov ima Center na voljo različna robotska prijemala, senzorje sil in navorov, varnostne sisteme za zaznavanje bližine človeka, kamere za zaznavanje okolice, laserske skenerje ter različna orodja, ki jih lahko namestimo na robota (na primer vijačnik).



Robot UR5e proizvajalca Universal robots v aplikaciji prepoznavne objektov z robotskim vidom, nadzora kvalitete ter testiranja trka za standard ISO/TS 15066:2016 (Foto: Milan Simčič)

Nakup opreme za Center za sodelujočo robotiko so finančno podprla podjetja Kolektor, d. o. o., TPV, d. o. o. in RLS merilna tehnika, d. o. o., del sredstev je Laboratorij za robotiko pridobil na javnem razpisu za sofinanciranje nakupov raziskovalne opreme (ARRS), del pa iz lastnih sredstev.

Odprtje so na fakulteti obeležili s spremljevalnim programom. Ta se je začel z okroglo mizo na temo Sodelujoči roboti v industriji, na kateri so sodelovali predstavniki podjetij, ki uporabljajo ali vpeljujejo sodelujoče robote v industrijske procese.



Panelisti okrogle mize: Janez Novak, RLS merilna tehnika, d. o. o., dr. Hubert Kosler, Yaskawa Slovenija, d. o. o., mag. Igor Lekše, TPV, d. o. o., Martin Slivnik, HELLA Saturnus Slovenija, d. o. o, Robert Čerin, Kolektor Orodjarna, d. o. o. Dogodek je povezovala Renata Dancinger, urednica oddaje Ugriznimo znanost. (Foto: Milan Simčič)

Dogodek je potekal v času evropskega tedna robotike, ki so ga med 16. in 25. novembrom obeležili v številnih evropskih državah. Namena tedna sta promocija robotike in predstavitev dosežkov s področja robotike v posameznih državah.

Dr. Sebastjan Šlajpah
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

MOTOMAN HC10

6-osni-kolaborativni robot

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 vođenja
- Pametni vmesnik (Smart HUB) za programiranje po principu »enostavnega učenja«

YASKAWA

AAA
Boniteta odličnosti 2017
A Blanode Solution

Krmiljen z YRC1000

PAMETNI ORTOPEDSKI VSADKI

Pametni vsadki so vsadljivi pripomočki, ki zagotavljajo ne samo terapevtske prednosti, temveč imajo tudi diagnostične sposobnosti. Pametni vsadki bodo lahko posredovali opis in lokacijo okužbe in celo raven bakterij. Vgrajeni senzori v pametnih vsadkih bodo sistemu zdravstvenega varstva omogočali odkrivanje zgodnjih težav, proaktivno zdravljenje teh težav in boljšo skrb za pacienta. Senzorji v vsadkih bodo merili obremenitve, temperaturo, gibanje, encime, ravni bakterij, pH, delce itd. Klinična uporaba pametnih vsadkov v večjem obsegu se napoveduje že leta 2020.



Različni pametni ortopedski vsadki in sklepi, z različnimi senzori za merjenje temperature, sile in številnih drugih parametrov, ki omogočajo spremljanje vedenja vsadka in posredno tudi za spremljanje počutje človeka, ki nosi vsadek. Vir: Universitätsmedizin Berlin, <https://orthoload.com/>

Vključevanje pametnih vsadkov v vsakodnevno klinično prakso ima možnosti za ogromne prihranke pri stroških zdravstvenega sistema. V aplikacijah za pametne ortopedске implantate so artroplastika kolena, artroplastika kolka, fuzija hrbtenice, fiksacija različnih zlomov in drugo. Do sedaj so bili pametni ortopedski vsadki uporabljeni predvsem za merjenje telesnih parametrov znotraj telesa, vključno s tlakom, silo, sevanjem, premikanjem, bližino in temperaturo. Merjenje fizičnih dražljajev je doseženo z integracijo sodobne tehnologije, specifične za uporabo vsadkov. Podatki iz pametnih vsadkov so omogočili izboljšave pri oblikovanju implantatov, izboljšave kirurških tehnik in strategij za postoperativno nego in rehabilitacijo. Kljub desetletnim raziskavam pametni vsadki še niso postali del dnevne klinične prakse – izjeme so redke. To je večinoma zato, ker povezovanje trenutne senzorske tehnologije zahteva znatno spremembo

Bionični človek lutka, ki smo ga razvili za izobraževalne namene bodočih inženirjev bionike, ima vgrajene mnogoštevilne implantate, naslednja generacija pa bo imela vgrajene tudi pametne ortopedске in bionične vsadke.



vsadkov. Tehnologija, na kateri temeljijo pametni vsadki, se je v zadnjem desetletju znatno razvila, vendar še vedno obstajajo pomembni tehnični izzivi, ki jih je treba premagati, preden pametni vsadki postanejo del glavne zdravstvene oskrbe. Senzorji za pametne implantate naslednje generacije bodo majhni, preprosti, robustni in poceni, zato bo takrat potrebnih le malo zamenjav obstoječih modelov vsadkov. Nova senzorska tehnologija, ki zmanjšuje spremembe obstoječih vsadkov, je ključna za uporabo pametnih vsadkov v vsakodnevni klinični praksi.

Inteligentni oz. pametni vsadki bodo v prihodnje olajšali zbiranje podatkov, omogočali boljše kirurško prakso in oblikovali skupni sistem za izboljšanje rezultatov. Inteligentne naprave bi lahko

pomagale (postoperativno) pri lajšanju bolečin in spodbujanju okrevanja. Inteligentni vsadki bi lahko ponudili priložnosti za zgodnje odkrivanje bolezenskih stanj in manj invazivne intervencije, če bi se morebiti pojavile akutne težave po implantaciji. Čeprav je razvoj pametnih instrumentov za diagnostiko taktično pomemben, je razvoj inteligentnih vsadkov ključnega pomena za izboljšanje rezultatov in bi moral biti osrednjega pomena za strateško vizijo razvoja ortopedskih in bioničnih tehnologij.

Janez Škrlec, inž. mehatronike,
Razvojnoraziskovalna dejavnost s. p.
Zgornja Polskava

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

KOMPAKTNI VALJ AEN-S/ADN-S

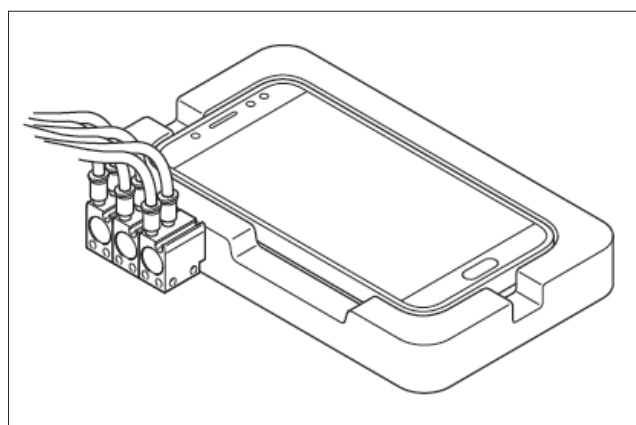


Festo predstavlja nov dimenzijsko majhen valj, izveden kot eno- ali dvosmerno delujoč AEN-S/ADN-S. V obeh izvedbah ima izjemno kratke gibe, majhno maso, je kompakten, njegov okrov je iz enega kosa in ne vsebuje bakra.

Je zelo primeren za mikrogibe pri različnih testiranjih, npr. za pritiskanje na tipke ter vklapljanje in izklapljanje, kjer so potrebne majhne sile. Ker ima odlične karakteristike, je trpežen in zanesljiv.

Valji AEN-S/ADN-S pokažejo svoje prednosti še posebej takrat, ko so vgrajeni in delujejo v napravah v čistem okolju. Številne možnosti pritrditve omogočajo hitro in enostavno vgradnjo pri še tako majhnem vgradnem prostoru. Navoj na batnici valja omogoča različne načine povezovanja.

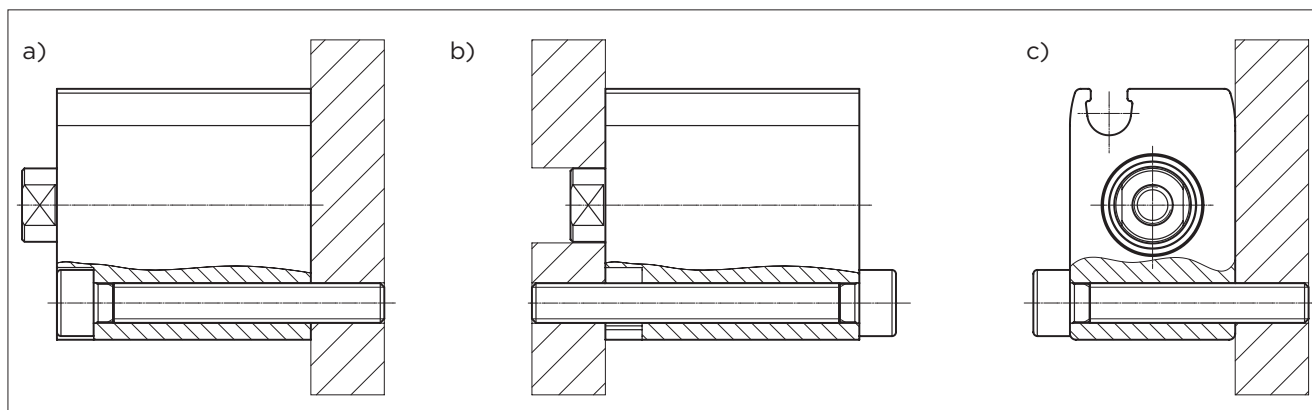
Eno- in dvosmerno delujoči valji (AEN-S/ADN-S) se izdelujejo v dveh velikostih: s premerom 6 in 10 mm in dolžino giba 5 ali 10 mm, imajo zunanji ali notranji navoj, magnetni senzor ali pa ne.



Uporaba valjev pri testiranju funkcij pametnega telefona

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



Načini pritrditve: a - spredaj, b- zadaj, c - s strani

OMRON KOLABORATIVNI ROBOTI SERIJE TM

OMRON globalno predstavlja novo serijo kolaborativnih oz. sodelujočih robotov serije TM, s katerim udejanja inovativno proizvodno okolje, kjer stroji in ljudje delujejo v harmoniji.



Slika 1 : Kolaborativni robot Omron serije TM s serijsko vgrajenim strojnim vidom in prijmalom

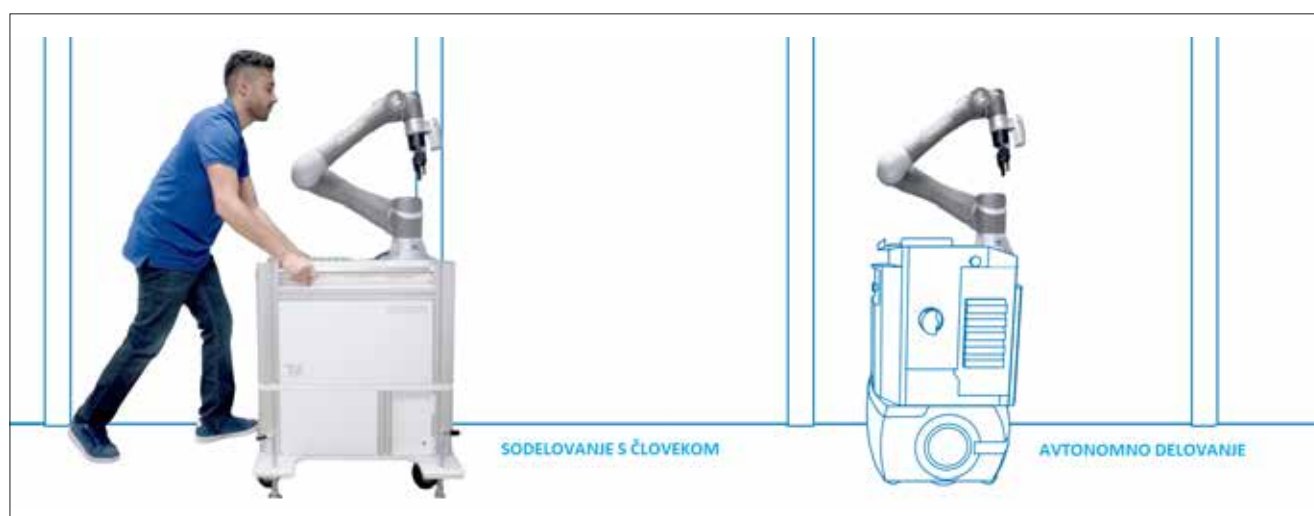
Z različnimi funkcijami vgrajenega strojnega vida in intuitivnim programskim okoljem, omogočamo varno, fleksibilno in sodelujočo proizvodnjo, ki jo tvorita človekom in stroj. Ker spreminjanje potrošnih trendov še naprej skrajšuje življenjske cikle iz-

delkov, proizvajalci potrebujejo proizvodne linije, ki omogočajo pogosto in hitro spremembo proizvedenih artiklov. Ker se soočamo s pomanjkanjem delovne sile, si proizvajalci prizadevajo avtomatizirati enostavne in monotone naloge, nova delovna mesta pa so namenjena ljudem, ki prispevamo k reševanju bolj ustvarjalnih nalog.

Nova serija TM kolaborativnih robotov ponuja edinstveno rešitev z instalacijo robota za avtomatske aplikacije, kot so vijačenje, pick&place aplikacije in končna kontrola proizvodov. V okviru lansiranja serije TM bomo kmalu ponudili model, ki bo združljiv z mobilnimi napravami in ki se bo brez težav integriral v področje mobilnih robotov, kjer smo s serijo LD mobilnih robotov oz. AIV (Autonomous Intelligent Vehicle) vodilni na tem področju. Ta kombinacija uporabnikom omogoča avtomatizacijo bolj zapletenih nalog, kot so pick&place aplikacije v povezavi s tekočimi trakovi ali zalogovniki ter povezavo procesov z avtonomnimi mobilnimi roboti.

V seriji TM predstavljamo 12 modelov z sledečimi specifikacijami:

Dolžina roke: 700mm, 900mm, 1100mm, 1300mm
 Nosilnost: 4kg, 6kg, 12kg, 14kg
 Napajanje: AC, DC
 Skladnost: z/brez SEMI 2 Safety



Slika 2 : Načrtujemo prihodnost – združena funkcionalnost mobilnega robota serije LD in kolaborativnega robota serije TM - fleksibilni robotski sistem za različne proizvodne procese



Slika 3 : Različna standardna prijemala omogočajo kolaborativnemu robotu, da opravlja vsakovrstno

Tri ključne značilnosti TM serije kolaborativnih robotov:

- ▶ Intuitivni vmesnik za programiranje, ki skrajša čas programiranja; krajši čas namestitve in nastavitve kot pri tradicionalnih industrijskih robotih. Intuitivni vmesnik na osnovi diagrama poteka in preprostega učenja ne zahteva posebnega predznanja in izkušenj iz programiranja robotov.
- ▶ Vgrajena kamera oz. sistem strojnega vida skrajša čas namestitve; TM serija že ima vgrajen sistem strojnega vida in osvetlitve ter omogoča uporabniku, da vidi proizvode s širokim kotom zajete slike.
- ▶ Robotski sistem je opremljen s funkcijami za zaznavanje slik, kot so ujemanje vzorcev, branje črtne kode, barvna identifikacija, kar omogoča izredno preprosto zasnovo aplikacij za enostavni pregled in razvrščanje produktov.
- ▶ Skladno z vsemi varnostnimi standardi, ki morajo biti zagotovljeni pri sodelovanju človeka

in stroja, TM ustreza vsem varnostnim standardom, ki omogočajo sodelovanje s človekom in jih je mogoče upravljati brez industrijskih ograj, ki so običajna zahteva pri integraciji industrijskih robotov. Zaradi tega se bistveno skrajša čas implementacije robota na proizvodno linijo (v skladu z varnostnimi zahtevami za industrijske robote ISO/TS15066).

S kolaborativnim robotom TM bomo še naprej zagotavljali varno, prilagodljivo in sodelovalno proizvodnjo med človekom in strojem ter še naprej pospeševali inovativno avtomatizacijo, inovativen proizvodni koncept, kjer stroji in ljudje delujejo v harmoniji.

Vir:

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



Vse za avtomatizacijo proizvodnje



Za višjo produktivnost. ✓

Sistemi za avtomatizacijo

- Industrijski računalniki
- Krmilniki za avtomatizacijo strojev
- Programirljivi logični krmilniki (PLC)
- Distribuirane I/O enote
- Vmesniki človek-stroj (HMI)
- Sysmac Studio

Stikalne komponente

- Elektromehanski releji
- Polprevodniški releji
- Nizkonapetostni preklopniki
- Stikala in tipke
- Terminalni bloki

Varnostna tehnika

- Naprave za zaustavljanje in nadzor v sili
- Varnostna stikala
- Varnostna vrata
- Varnostne preproge - serija UMA

Pogonska tehnika

- Krmilniki gibanja
- CNC krmilniki
- Servo sistemi
- Frekvenčni pretvorniki



Komponente za nadzor delovanja

- Senzorji in regulatorji temperature
- Napajalniki
- Brezprekinitveno napajanje (UPS)
- Časovniki
- Števci
- Programirljivi releji
- Digitalni prikazovalniki
- Naprave za spremljanje energije

Senzorika

- Fotoelektrični senzorji
- Senzorji barve in označb
- Senzorji s svetlobnimi vodniki
- Senzorji za površine
- Optični senzorji in ojačevalniki
- Induktivni senzorji
- Mehanski senzorji in mejna stikala
- Senzorji za procesne veličine

Robotika

- Industrijski roboti
- Linearne osi
- Mobilni roboti

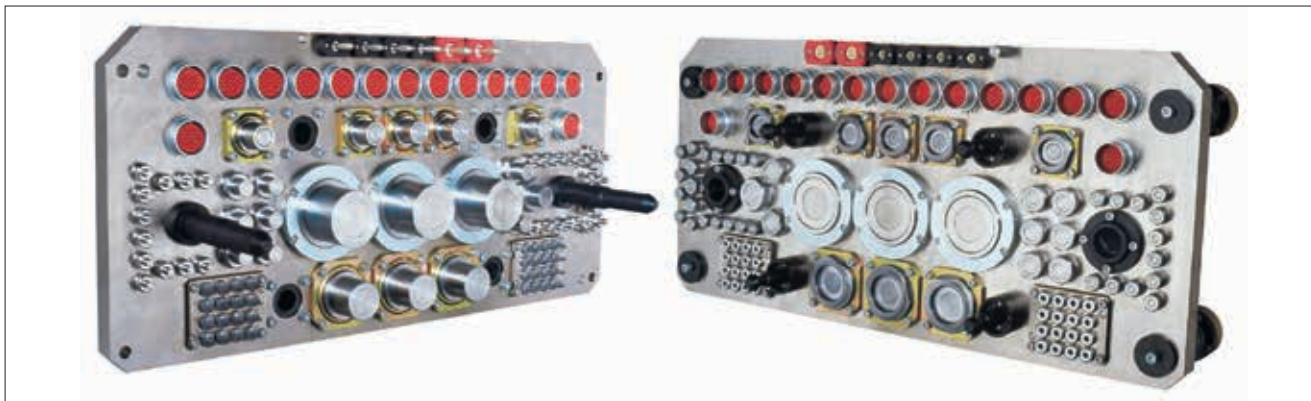
Nadzor in preverjanje kakovosti

- Identifikacijski sistemi
- Sistemi za kontrolo kvalitete
- Verifikacijski sistemi
- Vision sistemi in industrijske kamere
- Merilni senzorji



STÄUBLI ELEKTROKONEKTORJI

COMBITAC V MULTISPOJNIH SISTEMIH (MCS)



Multispojni sistem (MCS) vam omogoča centralno povezovanje različnih virov energij (elektrika, prenos podatkov, pnevmatika, hidravlika itd.) in vzpostavi takojšen pretok energije z lažjim in zanesljivejšim postopkom spajanja.

Avtomatski kot tudi ročno upravljani sistemi spajanja omogočajo, da se standardne komponente pritrdijo na nosilne plošče in omogočajo istočasno spojitve ali odklop pretokov več energij.

Multispojne MCS-plošče se običajno uporabljajo pri visoko zmogljivih aplikacijah, ki zahtevajo zanesljivost in ponovljivost, kot so priključki za testne mize, orodja za brizganje, transferne mize (vozički), pretvorniki itd.

Multispojne (MCS) plošče so optimalna kombinacija visoko zmogljivih rešitev.

Staubli Electrical Connectors je vodilni mednarodni proizvajalec visoko kakovostnih električnih spojnih sistemov.

Smo del skupine Stäubli, ki nudi mehatronske rešitve za električne priključke, spojke za tekočine in pline, robote in tekstilne stroje. Dodatne informacije o portfelju izdelkov, posebnosti in predstavitvene videe si lahko ogledate na naslovu: www.combitac.com.

Vir:

www.staubli.com in www.combitac.com, www.staubli.com, d.kikelj@staubli.com

NOVE KNJIGE

[1] [1] O + P Report 2018 - Fluidtechnik - Sonderausgabe - Revija O + P Fluidtechnik nadaljuje z redno letno izdajo publikacije Reporter, ki je namenjena novostim na področju hidravlike in pnevmatike, predvsem v Zvezni republiki Nemčiji. Izdaja za leto 2018 obsega 68 strani s predstavitevami in reklamnimi objavami nekaj najzanimivejših izdelkov in nekaj uveljavljenih izdelovalcev in dobaviteljev.

Predstavitve novih izdelkov so razdeljene v pet poglavij, in sicer:

- ▶ črpalke in agregati (8),
- ▶ pogoni - vključno z delovnimi valji in motorji (30),

- ▶ krmilniki in regulatorji (26),
- ▶ merilna tehnika in preskuševališča (26),
- ▶ dodatne sestavine in oprema (48).

Vsaka predstavitev obsega ime in fotografijo izdelka, kratek in jedrnat opis, osnovne tehnične lastnosti in spletni naslov dobavitelja.

23 posebnih reklamnih objav obsega poimenovanje in vsebino ponudbe, značilno fotografijo ter izčrpen naslov (vključno s spletnim) dobavitelja.

Z imenom, logotipom, naslovom, strnjanim seznamom ponudbe in nekaj referenčnimi oddjemalci je podrobneje predstavljenih še 12 novo uveljavljenih dobaviteljev.

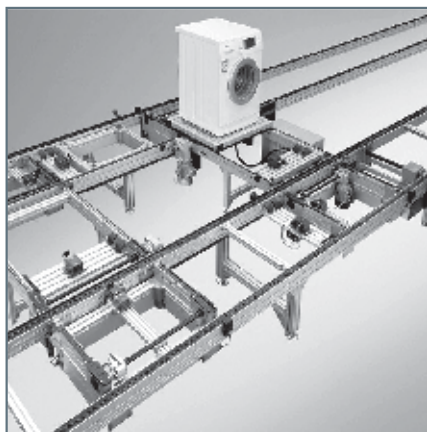
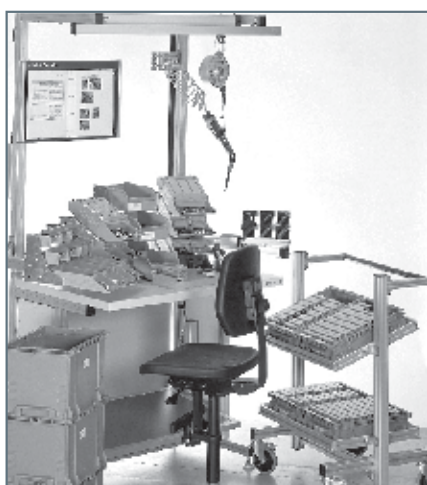
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



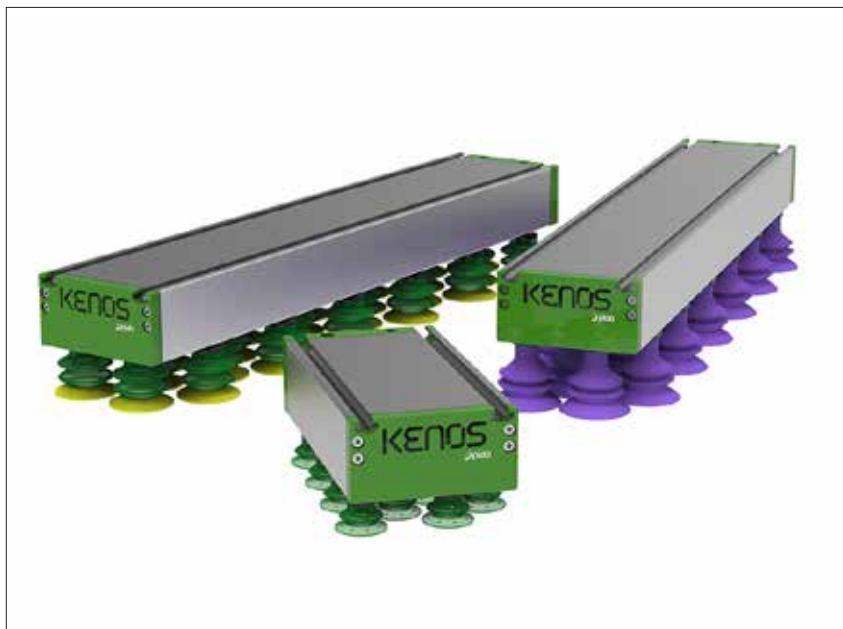
OPL

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

VAKUUMSKO PRIJEMALO KENOS®



Vakuumsko prijemalo Kenos® KVG

Podjetje INOTEH dopolnjuje serijo vakuumskih prijemal Kenos® KVG, ki so standardno opremljeni s tehnično peno. Popularno vakuumsko prijemalo je lahko sedaj opremljeno tudi s fleksibilnimi in vzdržljivimi sesalnimi gumami DURAFLEX® BX ali ValueLine® proizvajalca PIAB.

Standardni modeli vakuumskih prijemal Kenos® KVG uporabljajo enostavno snemljivo tehnično peno, ki se obda okoli predmeta za zagotovitev močnega prijema neodvisno od njegove oblike ali dimenzije. Prijemalo s sesalnimi gumami pa ponuja dodatne prednosti v primeru mokrih ali oljnatih površin prijemanja.

Sesalne gume DURAFLEX® združujejo kompaktno telo z mehкими in fleksibilnimi ustnicami. Narejene so iz posebnega materiala, ki združuje elastičnost gume in odpornost poliuretana. Primerne so predvsem za neravne in porozne površine.

Sesalne gume ValueLine® pa so stroškovno odlična rešitev za standardne/osnovne aplikacije.

Več informacij o vakuumskih prijemalih PIAB 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@inoteh.si, internet: www.inoteh.si.

© Ventil 25(2019)1. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 25(2019)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** 25
Year **Letnica** 2019
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.

Ustanovitelja: 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
- ▶ izr. 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: Cvetana Tavzes, Andrea Potočnik
Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
Tisk: Schwarz Print, d. o. o., Ljubljana
Marketing in distribucija: Roman Putrih

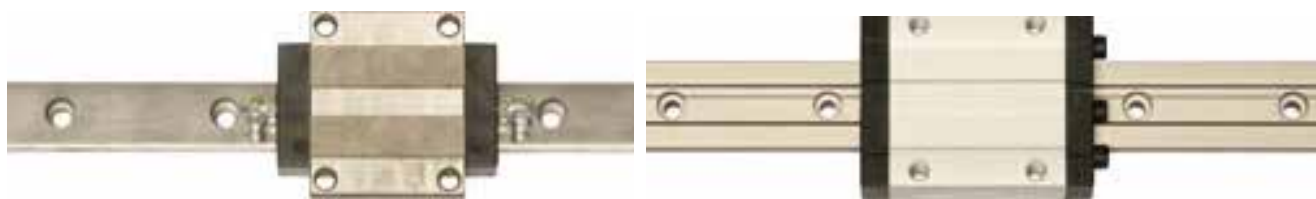
Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil
Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana
Telefon: + (0) 1 4771-704
Faks: + (0) 1 4771-772 in + (0) 1 2518-567

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 9,5-odstotni davek na dodano vrednost.

PREDNOSTI LINEARNIH VODIL BREZ MAZANJA

Sistem linearnih drsnih vodil drylin® deluje brez mazanja in vzdrževanja. Vodila so neobčutljiva na umazanijo, vodo, kemikalije, toploto in/ali udarce. Zaradi uporabljenih drsnih materialov – iglidur® – in značilnih oblik delujejo tudi zelo tiho. Linearni sistemi drylin® so primerni za uporabo v najrazličnejših pogojih delovanja. Modularni sistem pa zagotavlja prilagodljivost različnim konstrukcijskim zahtevam.



Slika 1 : Različne izvedbe linearnih vodil

Linearna vodila drylin® ne potrebujejo vzdrževanja niti mazanja. Uporaba visoko zmogljivih, samomazalnih drsnih elementov značilno zmanjša stroške vzdrževanja ter nenačrtovane izpade zaradi poškodb ležajev pri slabem mazanju. Po podatkih iz raziskave MIT v ZDA vsako leto izgubijo več kot 240 milijard dolarjev zaradi nezadostnega mazanja različnih drsnih površin, ki zahtevajo mazanje.

Plastični ležaji ne potrebujejo obdelave in drugih procesov, potrebnih za namestitev krogličnih ležajev. So cenejši in ne zahtevajo maziv in mazalne opreme, kot so mazalne linije ali črpalke. Plastični ležaji se lahko uporabljajo tudi na oseh iz cenejšega materiala, kot so aluminij ali hladno valjana jekla. V primeru zamenjave so stroški minimalni v primerjavi z zamenjavo krogličnih ležajev oziroma vodil.

Proizvajalci industrijske opreme, ki vgrajujejo samomazalne plastične ležaje, imajo prednost, kadar naročnik zahteva opremo brez mazanja za posebne pogoje uporabe.

Študije so pokazale, da več kot polovica strojnih maziv, uporabljenih v Nemčiji (podobni, če ne celo slabši, so podatki za Evropo), pronica v zemljo, vodo ali izhlapi v ozračje. Raziskave okoljevarstvenih strokovnjakov inštituta univerze RWTH iz Aachna kažejo, da samo v Nemčiji porabijo okoli 250.000 ton maziv na leto. S to količino lahko napolnimo 8000 cistern. Če več kot polovica teh maziv konča v zemlji, to pomeni 125.000 ton ali 4000 cistern.

Tudi energijsko ravnotežje pri proizvodnji plastike je zelo pozitivno. Medtem ko za proizvodnjo 1 l alu-

minija potrebujemo 15 l olja, za proizvodnjo jekla pa 11 l olja, je za proizvodnjo plastike dovolj samo 1,8 l olja.

Sistemi drylin® omogočajo enostavno zamenjavo obstoječih linearnih krogličnih sistemov, ki potrebujejo mazanje in vzdrževanje z linearnimi drsnimi sistemi, ki temeljijo na polimerih, izredno odpornih na obrabo, posebej razvitih za linearno tehnologijo. Dimenzije so enake standardnim krogličnim ležajem.

Podjetje je za sisteme drylin® – primerni za čisto okolje, ESD in RoHS – pridobilo ustrezne certifikate, ki jih je izdal inštitut IPA iz Nemčije (slika 2).

Preskušani so bili linearni sistemi: drylin® NK-02-40-02, drylin® TK-01-30-01 in drylin® WK-10-40-15-01



Slika 2 : Potrdilo o primernosti

Vsi sistemi drylin® so namenjeni za delovanje brez mazanja in so bili pod temi pogoji preizkušeni.

Potrdilo o primernosti IPA potrjuje, da so vsi trije sistemi podjetja igus® GmbH, za katere je bilo mogoče z ustreznimi izračuni zagotoviti primernost za čiste prostore razreda ISO 6, v skladu z DIN EN ISO 14644-1.

Rezultati meritev skladnosti ESD po SEMI E78-0998 kažejo, da se linearni sistemi drylin® lahko uvrstijo kot primerni za raven 1 (najboljša ocena).

S tem je potrjeno, da je sistem vodil, navedenih v certifikatu, skladen z zahtevami RoHS in Direktivo 2011/65 / EU.

Vir:

HENNLICH, d. o. o., Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj, tel.: 041 386 005, faks: (0)4 532 06 20, internet: www.hennlich.si, e-mail: drobnic@hennlich.si

2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja

30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



svet
ELEKTRONIKE

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

svet
MEHATRONIKE

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana..... 23, 81
- ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje..... 13
- ▶ DOMEL, d. d., Železniki..... 36
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin..... 1, 88
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Podnart 31
- ▶ ICM, d. o. o., Celje..... 58
- ▶ IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)
NORGREN, Lesce..... 1
- ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija 53
- ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi 37
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana 73
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje 1, 76
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana..... 1
- ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... 1
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin 1, 78
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.)
Novo mesto..... 1
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... 1, 2
- ▶ POMURSKI SEJEM, d. d., Gornja Radgona..... 86
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 1, 4
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 19, 34, 87
- ▶ STÄUBLI Systems, s.r.o., Pardubice, CZ 22
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana 69
- ▶ UL, Fakulteta za elektrotehniko..... 58, 59
- ▶ UL, Fakulteta za strojništvo..... 26
- ▶ UM, Fakulteta za strojništvo 25
- ▶ YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica 71

BRANKO BRODNIK – INTERVJU Z LETALSKIM ZDRAVNIKOM

Aleksander Čičerov

Letalska medicina kombinira spoznanja preventivne, poklicne, okoljske in klinične medicine z naukom o življenjskih dogajanjih v telesu ter s psihologijo človeka, ki leti. Skrbi za zdravje in varnost tako posadk kot tudi potnikov, prav tako pa je odgovorna za izbiro in delovanje vseh, ki imajo letalske licence. Letalstvo lahko povzroči hitro širjenje nalezljivih bolezni. Letalska medicina prispeva k ublažitvi in nadzoru takih tveganj in drugih zdravju škodljivih dogodkov, kot so npr. sevanja in kemične nesreče. Letalska medicina dela z roko v roki z agencijami Združenih narodov in Svetovno zdravstveno organizacijo (WHO) kot tudi z mednarodnimi nevladnimi in vladnimi organizacijami, npr.: IATA, ACI in ICAO, z odgovornimi vodji civilnih letalskih oblasti po svetu ter z direktorji, odgovornimi za letalsko medicino letalskih družb. Pogovarjali smo se z Brankom Brodnikom, zdravnikom letalske medicine, ki nam bo poskušal odgovoriti na najpogostejša vprašanja s tega področja.



Dr. Branko Brodnik

Ventil: Doktor Brodnik, kako ste postali letalski zdravnik? Na kratko nam opišite vašo poklicno kario.

Branko Brodnik: Kot študent sem leta 1973 pričel z jadralnim letenjem. Kasneje sem 4 leta delal v Ljubljani kot splošni zdravnik, nato sem opravil spe-

cializacijo iz kirurgije in bil do upokojitve kirurg v jeseniški bolnišnici. Seveda je bilo med študijem in kasneje službo letenje moja prva okupacija. Malo je manjkalo, da nisem študija opustil in se vpisal v Višjo letalsko akademijo v Zagrebu, kamor je šlo nekaj mojih letalskih vrstnikov, ki so sedaj tako kot jaz že v pokoju. Takrat sem se udeleževal republiških in državnih prvenstev v jadralnem letenju. Letel sem po vsem svetu: v ZDA, Avstraliji, na Novi Zelandiji in po Evropi. Leta 1988 me je direktor Alpskega letalskega centra v Lescah France Primožič pregovoril, da sem opravil tečaj letalske medicine v Beogradu. Seveda sem se kasneje stalno izpopolnjeval na tem področju in po osamosvojitvi Slovenije navezal prve kontakte z JAA (Joint Aviation Authorities), ki je bila predhodnica današnje EASE.

Ventil: Vaše delo je povezano z ali bolje rečeno odvisno od mednarodnih in nacionalnih letalskih predpisov. Kateri so in kako hitro se spreminjajo?

Branko Brodnik: Osnovne smernice predpisuje ICAO (International Civil Aviation Organization). Te smernice so opisane v Aneksu VIII. Na tej osnovi so sestavljeni nacionalni pravilniki. Evropa se je že pred 30 leti odločila za vzpostavitev enotnih zdravstvenih zahtev za Evropo. Te smo prevzeli tudi mi. Pravilniki se praktično letno spreminjajo in prilagajajo napredku medicinske stroke.

Ventil: Kdo vse želi vaše potrdilo o sposobnosti letenja? Opišite nam vrste spričeval in pogoje zanje.

Branko Brodnik: Zdravniška spričevala izdajamo vsem poklicnim in športnim letalcem, kontrolorjem letenja, padalcem ter tudi tehničnemu osebju v le-

talstvu. Zdravstvene zahteve so iz leta v leto načelno manj zahtevne. Če karikiram, so pregledi za pridobitev zdravniškega spričevala za poklicnega voznika v nekaterih segmentih obširnejši kot za licenco prometnega pilota. Vendar je nekaj bolezni, ki so popolnoma nezdržljive z letenjem.

Ventil: *Letenje ni za vsakogar. Ali je v Sloveniji v primerjavi z Evropo več ali manj zavrženih kandidatov? Kaj je najpogostejši vzrok zavrnitve?*

Branko Brodnik: Letenje je za vsakogar, ki je povprečno zdrav. Število zavrženih kandidatov je verjetno primerljivo kot v drugih državah Evrope. Zavrženi so kandidati, ki imajo bolezni, ki niso združljive z letenjem. Absolutno so zavrženi kandidati s čeprav enkratno nepojasnjeno izgubo zavesti, z epilepsijo, nekaterimi boleznimi srca, odvisniki od psihotropnih substanc, gluhi, slepi ter gibalno tako hendikepirani, da ne morejo adekvatno upravljati letala. Vendar kandidat danes pod določenimi pogoji lahko pridobi zdravniško spričevalo za letalca tudi z inzulinsko odvisno sladkorno boleznijo, kar je bilo še pred nekaj leti nemogoče.

Ventil: *Se nad vašimi odločitvami kandidati pogosto pritožujejo in komu?*

Branko Brodnik: Primerov, ki se jih spominjam, je manj kot prstov na roki. Ob pravilnem pristopu, odnosu in ustrezni razlagi je to skoraj nepotrebno. Neupravičena zavrnitev kandidata ima za zdravnika lahko tudi negativne posledice, tako tudi izdaja spričevala kandidatu, ki ne zadosti zdravstvenim zahtevam.

Pritožba je možna na Agencijo za civilno letalstvo. Glede na vzroke se nato vpletajo specialisti odgovarjajoče stroke. Ti imajo tudi znanje iz predpisov in zdravstvenih zahtev. Seznam teh specialistov vodi Oddelek za letalsko medicino na Agenciji za civilno letalstvo in se sproti izpopolnjuje.

Ventil: *Pred kratkim je časopis Dnevnik objavil novico (Objektiv 10. nov. 2018), da je Kitajska odprla nebo tudi za pilotke. Ali glede na vaše izkušnje lahko trdimo, da obstaja pri zdravstvenih pogojih za opravljanje pilotskega poklica, poklica stevardese, padalca in podobno razlika med spoloma? Kakšne pogoje mora izpolnjevati komercialni(a) pilot(ka)?*

Branko Brodnik: V nekaterih deželah se zgodovina nadaljuje. Antropološke študije potrjujejo, da imajo ženske večjo možnost preživetja kot moški. Poznam veliko poklicnih pilotk, ki se enakopravno kosajo z moškimi. Ta ločnica med žensko in moškimi je v zahodnem letalstvu že dolgo odpravljena. Ženske naj ne bi pilotirale le v visoki nosečnosti in ob nekaterih stranskih pojavih pri nosečnosti. Skoraj vsi Japonci imajo kratkovidnost (miopio). Danes je dovoljena dioptrija pri prvem pregledu za poklicnega pilota od +5,0 do -6,0, če ni hkratnih drugih bolezni oči. S



Med poletom v Dolomitih

korekcijo je dovoljena ostrina vida na daleč in blizu za posamezno oko 0,7, za obe očesi 1,0. Ni omejitev za ostrino vida brez korekcije.

Ventil: *Znano je, da so med 2. svetovno vojno nekateri piloti leteli tudi z umetnimi nogami. Kako je s tem danes? Ali recimo nekdo z vsajenim spodbujevalnikom lahko normalno leti? Kaj je z drugimi pripomočki, ki jih uporablja medicina, da bi olajšala oz. izboljšala življenje posamezniku? Ko opazujemo posadke, recimo japonskih letalskih družb, lahko opazimo, da piloti nosijo očala. Kakšni pogoji veljajo za ostrino vida pri komercialnih pilotih(kah)? Kakšne pogoje predpisuje ICAO za CABG? Ali je lahko nekdo pilot s thalassaemio?*

Branko Brodnik: Letalo lahko pilotira vsak, ki je sposoben z njim varno upravljati. Hendikepirani lahko upravljajo letalo, če ima to prilagojene upravljalne ročice. Sam sem tudi šolal paraplegika, ki je uspešno samostojno poletel. Pri nas imamo poklicne pilote z nadkolensko amputacijo noge, veliko letalcev je z okvarami roke ali amputacijo prstov. Obširna kanadska študija (3000 pilotov) je pred leti dognala, da imajo enooki piloti manj nesreč in incidentov. Vzrok je verjetno v odnosu do letenja, ki je verjetno drugačen. Pod določenimi pogoji je dovoljeno letenje s srčnim spodbujevalnikom. Za to ima zasluge napredek medicine. EASA v dvomljivih primerih dovoljuje letenje z varnostnim pilotom (OML, OSL), tega drugod v svetu ne uporabljajo.

Z neslutnim napredkom v kardiologiji je mnogim s koronarno srčno boleznijo letenje danes dovoljeno – tudi po akutnem srčnem infarktu, bypass operacijah in stentiranju koronarnega ožilja. Seveda je tak kandidat v določenih presledkih skrbno kontroliran pri kardiologu. Omejeno je letenje z blažjimi oblikami bolezni krvotvornega sistema (thalassaemia, srpastocelična anemija).

Ventil: *Kakšne nevarnosti s stališča letalske medicine prežijo na pilote športnih letal in tiste na velikih letalih? Ima radiacija na velikih višinah vpliv na posadke letal? Kakšne so starostne omejitve za letalske posadke?*

Branko Brodnik: Skoraj 80 % vseh nesreč se pripisuje človeškemu dejavniku. Teh nesreč je v generalnem in športnem letalstvu veliko več kot v prometnem letalstvu. Po letu 1975 se je število nesreč v prometnem letalstvu drastično zmanjšalo. V generalnem letalstvu je ta številka nespremenjena že vsa leta po 2. svetovni vojni (velja za severno poloblo). Statistično so vzrok vsaki stoti nesreči zdravstvene težave. Še vedno je vroča nesreča letala Germanwings. Na EASI se tako pogovarjamo pred GW in po GW. Na tem področju je še pričakovati spremembe. Danes je možno dokazati uporabo psihotropnih sredstev za leto nazaj. Taka preiskava stane okrog 70 EU in jo Lufthansa in nekatere družbe izvajajo pri vseh, ki so sprejeti na delo. Videti je, da pri GW to sito ni delovalo.

Zdravniški pregledi so le delček pri varnosti letenja. Najbolj učenca pozna njegov učitelj. Zato sem prepričan, da sta najpomembnejši dobra šola in uporaba simulatorjev letenja.

Napravljene so številne preiskave o vplivu žarčenja na kabinsko osebje. Nekoliko večje sevanje je pri letenju čez Zemljine pole, vendar so doze zanemarljive in sprejemljive. Največ teh raziskav so napravili pri letenju Concorda. Velik vpliv ima sončni veter. Pri astronautih pa so te doze daleč višje od dovoljenih.

Za privatne pilote starostnih omejitev ni, če zdravstveno ustrezajo. Poklicni piloti lahko letijo do 60. leta, do 65. leta pa v dvojni posadki z enakopravnim pilotom, ki je mlajši od 60 let. V ZDA teh omejitev ni in se tudi v Evropi na tem področju danes veliko dogaja.

Ventil: *Kakšen vpliv imata na pilota alkohol ali droga? Kako vpliva na posadko kajenje v letalu?*

Branko Brodnik: Psihotropne substance vplivajo na zavest in stopnjo pozornosti. Njihova uporaba v letalstvu ni dovoljena. Najstrožje to obravnavajo v ZDA. Pilot, tudi če ga ustavijo v avtu pod vplivom

psihotropnih substanc, lahko doživljenjsko izgubi letalsko licenco. Podobno v prihodnosti lahko pričakujemo tudi v Evropi.

Pri kajenju tobaka vdihavamo tudi ogljikov monoksid, ki je krvni strup. Nekako velja, da ena cigareta pilota dvigne za 2100 metrov. Danes seveda kajenje v letalu ni priporočljivo, ni pa prepovedano.

Ventil: *Slovenija in njen zračni prostor sta premajhna, da bi ustanovili medicinsko službo po vzoru avstralskih letečih zdravnikov. Kako vi gledate na RFDS (Kraljeva služba letečih zdravnikov Avstralije)?*

Branko Brodnik: Po končanem študiju medicine sem tudi sam sanjal o »flying doktorju«. Avstralija je tako prostrana in redko naseljena, da drugače ne gre. Človeštvo se srečuje v zgodovini z vedno večjo mobilnostjo. Transport v prihodnosti bo veliko hitrejši pod zemljo, morjem in čez vesolje.

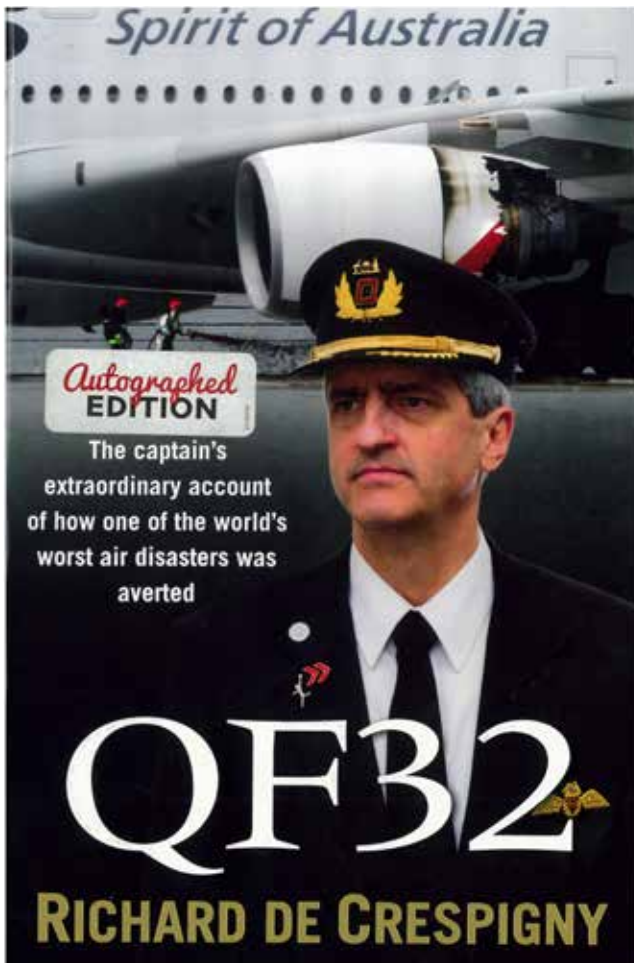
Ventil: *Kako je organizirana letalska medicina v Sloveniji? Bi bilo sedaj, ko se pripravlja nov slovenski zakon o letalstvu, potrebno kaj spremeniti?*

Branko Brodnik: Slovenska letalska medicina je evropska. Smo člani EASE in uporabljamo popolnoma enake predpise kot vsa Evropa. Vsi vodje letalske medicine Evrope se sestanejo najmanj štirikrat letno. Vsaka tri leta imamo po teden dni trajajočo zelo izčrpno inšpekcijo EASE. V primeru kakršnegakoli odklona od skupnih letalskih predpisov moramo te odpraviti v določenem roku. Slovenski letalski zdravniki smo lahko ponosni, da slovensko letalsko zdravniško spričevalo velja po vsej Evropi. K nam hodijo na zdravniške preglede iz sosednjih držav, tudi iz Anglije, Nizozemske, Italije, Avstrije ... Spričevalo je veljavno za podaljšanje katerekoli letalske licence v vseh državah Evrope. To je dosežek skupnega dela, podiplomskega študija na Medicinski fakulteti in predvsem letalcev zdravnikov, ki so zavzeto sodelovali pri implementaciji pravilnikov. Vsi pooblaščenici zdravniki morajo opravljati kontinuirano izobraževanje iz letalske medicine za podaljšanje pooblastila, ki traja tri leta. Slovenski zakon o letalstvu mora upoštevati in uveljaviti dosledno vse zahteve EASE. V primeru kakršnekoli neskladnosti z evropskimi in ICAO zahtevami so lahko naša spričevala neveljavna (kar se je zgodilo Madžarom).

Ventil: *Dovolite mi, da se v imenu uredništva revije Ventil zahvalim za vaše izčrpne in poučne odgovore ter vam zaželim veliko uspeha pri vašem delu in letenju.*

Mag. Aleksander Čičerov
Uredništvo revije Ventil
UL, Fakulteta za strojništvo

RICHARD DE CRESPIGNY: QF32



Izjemna pripoved kapetana Airbusa 380 o tem, kako se je izognil eni najhujših letalskih katastrof.

Ni daleč od resnice, če rečemo, da gre za nenavadno zgodbo o pogumu, izkušnjah in skupinskem delu posadke, ki je lahko dobra lekcija za vsakega pilota.

Avtor predstavi zgodbo v 30 poglavjih. Morda bo za neukega bralca tekst malce težje razumljiv, česar pa za poklicne pilote ne moremo trditi. Posebej zadnja poglavja knjige so polna tehničnih podatkov in rešitev, ki bodo razveselila še posebej pilote velikih letal, med katerimi je tudi A380.

Richard Champion de Crespigny se je rodil v Melbourneu. Z letali se je spoznal že kot štirinajstletnik, 1975., star 17 let, se je priključil RAAF, bil je adjutant avstralskemu guvernerju Zelmanu Coveniu in Ninianu Stephenu, leta 1986 pa se je pridružil avstralski letalski družbi Qantas. Tako v prvih 11 poglavjih spoznamo njegovo profesionalno pot, ki nas popelje do 4. novembra 2010, ko se vkrca na letalo QF32, namenjeno z letališča Changi (Singapur) v Sydney.

Na krovu je 469 ljudi. Richard de Crespigny je poveljnik letala in njegova naloga je pilotirati letalo ali, povedano z drugimi besedami, ohraniti letalo v zraku v enem kosu!

Richard si je zelo dolgo želel leteti na F-111, ko pa se je 1970. leta pojavil Airbus, ki naj bi konkuriral ameriški dominaciji na področju izdelovanja letal (v konzorcij Airbus so se združile britanski Aerospace, francoski Aerospecial in nemška ter španska CASA), je poizkusil vse, da bi postal pilot naprednega in tehnološko izpopolnjenega Airbusa. Fly-by-wire je bila tehnologija bodočnosti, čeprav so nekateri kritiki verjeli, da letalski računalniki niso nič bolj zanesljivi kot tedanji Windowsi.

19. septembra 2008 je Qantas dobil 14 letal A380. Letalo, ki ga je upravljal Richard, je bilo registrirano pod oznako VH-OQA, botra pa mu je bila Nancy-Bird Walton, ki je kot prva ženska v Avstraliji dobila dovoljenje poklicne pilotke (CPL). Letalo je dobilo tudi Code F.

Kmalu po vzletu A380 z letališča Changi so v pilotski kabini, kjer je vladala popolna tišina, zaslišali močan Boom! in kmalu za tem še enega. Dogodki so si sledili z rekordno hitrostjo in ECAM (osrednji elektronski nadzor nad letalom) je sporočal, kaj je narobe z letalom in predlagal rešitve. Richard je na krmilni palici pritisnil na gumb za prenos zvoka in sporočil



Letalo F-111 sem si vedno želel leteti

Vir slike: https://www.google.com/search?q=f+111&source=inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjW673ik6ngAhUyuaQKHRDzBu8Q_AUIDigB&biw=1532&bih=742#imgsrc=gXj7YkbUs4KOTM

kontroli letenja: »PAN PAN PAN, Qantas 32, engine failure, maintaining 7400, and current heading.«

Naslednja poglavja so polna opisov postopkov reševanja nastalih težav in srečnega konca. To je tudi vabilo za bralce in profesionalce, da z vodjem letala A380 podožive vse, kar se je zgodilo na tem poletu. Zgodba Richarda de Crespignyja je poučna, dobro berljiva, strokovna in ilustrativna. Škoda bi je bilo ne prebrati.

Avtor tega prispevka je imel srečo, da je lani kupil izvod podpisane knjige v eni od knjigarn v Perthu (Avstralija).

Richard De Crespigny je napisal tudi knjigo Fly, v kateri opisuje izkušnje, ki jih je pridobil v pilotski kabini QF32. O samem dogodku je mogoče veliko prebrati tudi na internetu.

Zal.: Richard De Crespigny, QF32, MACMILLAN, Pan Macmillan Australia, Cataloguing-in-Publication Data: QF32/Richard de Crespigny with Mark Abernethy, 9781742611174, 355 strani, 34,99 AU\$.



A380

Vir slike: https://www.google.com/search?q=a380&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi477Kyk6ngAhXNsaQKHQuxDOOQ_AUIDigB&biw=1532&bih=742#imgsrc=dbDwkbLv4YbXSM

Pomurski sejem za inovativnost in odličnost



POMURSKI SEJEM

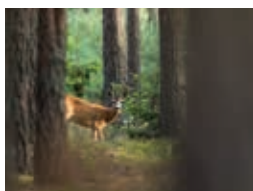
Pomurski sejem, d.d.
Cesta na stadion 2
9250 Gornja Radgona
www.pomurski-sejem.si

Tel.: 02/ 5642 116
Fax: 02/ 5642 160
E-mail: info@pomurski-sejem.si

12. - 14. 4. 2019



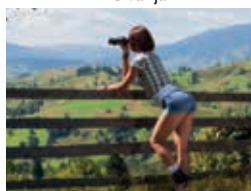
LOV
Mednarodni
sejem lovstva



RIBOLOV
Mednarodni
sejem ribištva



NATURO
Mednarodni sejem
zelenega turizma
in bivanja



24. - 29. 8. 2019



AGRA
Mednarodni
kmetijsko-živilski sejem



Mednarodna ocenjevanja kakovosti 2019

40. mednarodno ocenjevanje mesa in mesnih izdelkov
15. maj 2019 (sveže meso) 12. junij 2019 (mesni izdelki)

33. mednarodno ocenjevanje mleka in mlečnih izdelkov
4.-7. junij 2019

23. mednarodno ocenjevanje sokov, brezalkoholnih pijač
in embaliranih vod
18. junij 2019

45. odprto državno ocenjevanje vin "Vino Slovenija Gornja
Radgona" in 9. odprto državno ocenjevanje BIO vin
14.-18. julij 2019

17. ocenjevanje medu z mednarodno udeležbo
6. avgust 2019

39. mednarodno ocenjevanje kmetijske
mehanizacije in opreme
22.-23. avgust 2019



INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2019

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

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

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

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

Portorož, 3. in 4. junij 2019



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

www.forum-irt.si

Dogodek poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

Glavni pokrovitelj



Nacionalni pokrovitelj



Pokrovitelji



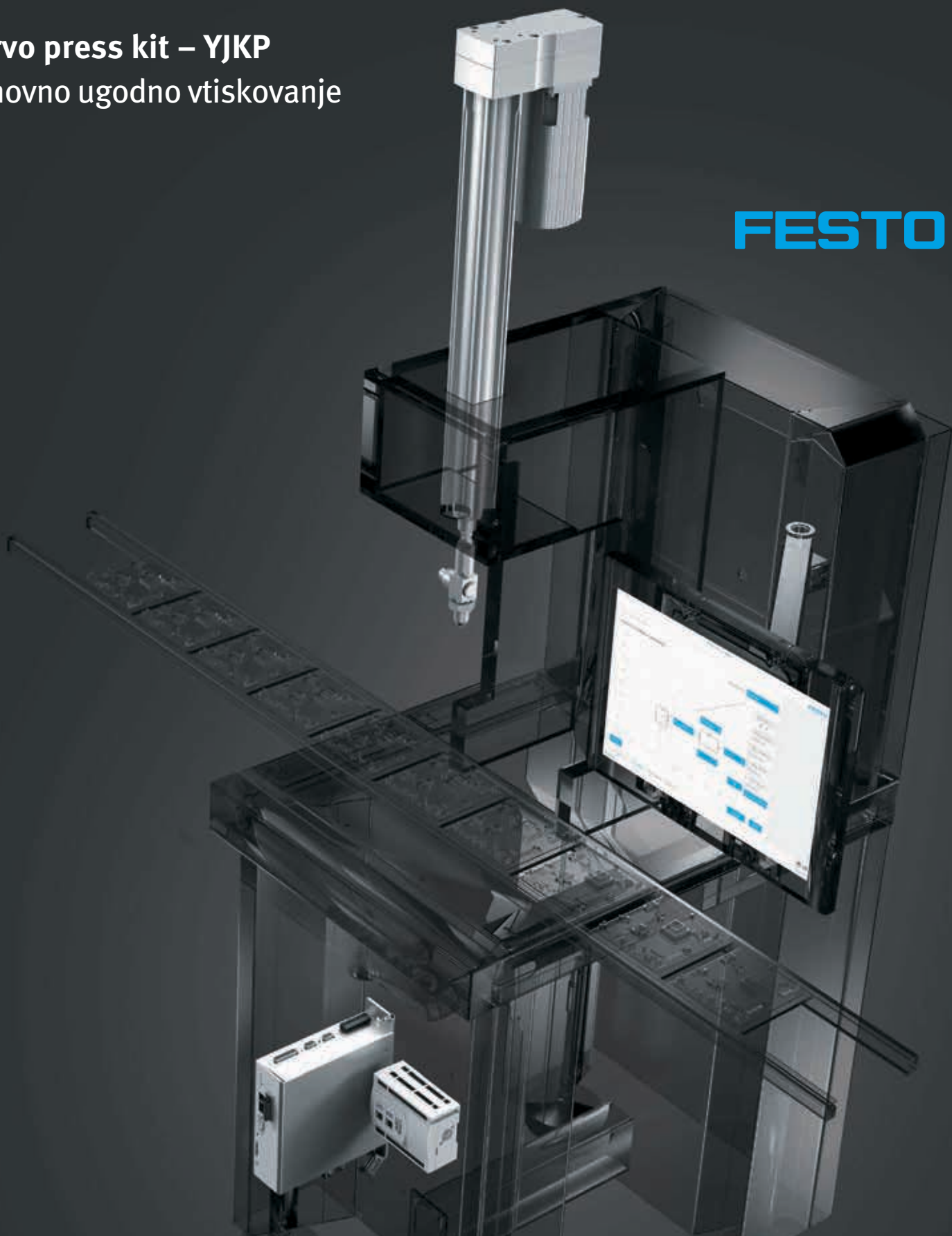
INDUSTRIJSKI FORUM **IRT**
forum-irt.si

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 Svetak, darko.svetak@forum-irt.si

Servo press kit – YJKP

Cenovno ugodno vtiskovanje

FESTO



Vse v enem: vnaprej nameščena, modularna programska aplikacija, krmilnik in strojna oprema
Takoj uporaben sistemski set za električne aplikacije vtiskovanja do 17 kN
www.festo.com/yjkp

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