

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 29 / 2023 / 3 / Junij

Fakulteta za
strojništvo z novo
raziskovalno opremo

Prodajni in
proizvodni procesi

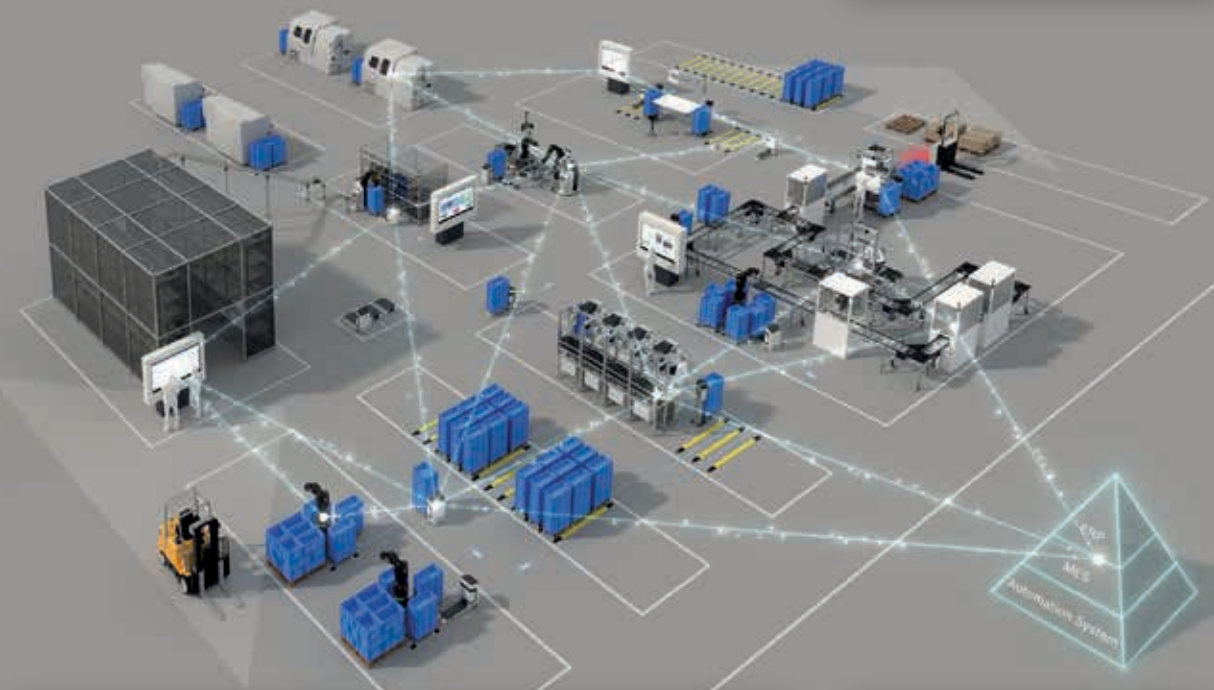
Črpanje
surove nafte

Iz prakse
za prakso

OPL Z vami že **30** let

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

rexroth
A Bosch Company



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

Parker

la&co

rexroth
A Bosch Company

OMEGA
AIR

MIEL **OMRON**
www.miel.si

ppt commerce

OPL

hpe
www.hpe.si info@hpe.si

ZAVORNE REŠITVE

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

VSESTRANSKOST / VARNOST / ENOSTAVNOST UPORABE / ERGONOMIJA



Ventil za delavno zavoro



Ventil za parkirno zavoro



Ventil za polnjenje akumulatorja



Zavorni ventil za dvolinijski zavorni sistem – traktor



NOVO



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

www.poclain-hydraulics.com



UMETNA INTELIGENCA: BOŽANSTVO ALI PREKLETSTVO



Umetna inteligenca je dosegla zavidljiv znanstveni razvoj in danes omogoča široko uporabo vsem nam navadnim državljanom, ki nismo strokovnjaki s tega področja. To je prav gotovo izjemen dosežek. Pa je res tako?

Redko v zgodovini se v visoki znanosti dogodi, da so znanstveniki zgroženi nad svojimi svetovnimi odkritji in svetovno priznanimi dosežki. Eden izmed takih je bil Alfred Nobel, ki je odkril dinamit, ki je povzročil tudi veliko nesreč s smrtnim izidom in so ga zato nekateri celo poimenovali »trgovec s smrtjo«. Da bi opral ta slab sloves je ustanovil Nobelov sklad za podeljevanje nagrad posameznikom za zasluge v znanosti ne glede na narodnost.

Sedaj pa se je dogodilo podobno. Eden od »botrov umetne inteligence«, 75-letni Geoffrey Hinton, je zapustil službo in opozoril na vse večje nevarnosti razvoja te tehnologije, ki lahko vodijo celo do katastrofe. Za več časopisov in TV-hiš je namreč izjavil, da obžaluje svoje minulo delo. In nadalje pravi, da so lahko nekatere nevarnosti govorečih robotov z umetno inteligenco precej grozeče. Poleg tega na koncu enega od intervjujev tudi pomirja, da računalniki z umetno inteligenco trenutno niso bolj inteligentni od nas, lahko pa se to prav kmalu spremeni.

Njegove bazične raziskave so bile nevronske mreže, ki so podoben sistem kot človeški možgani. Nevronske mreže omogočajo globoko učenje in obdelavo informacij, ki je osnova umetne inteligence, kot je ChatGPT. Prav te mreže umetni inteligenci omogočajo, da se uči iz izkušenj kot človek, da na osnovi teh sklepa in daje rezultate. Računalnik umetne inteligence sprejema podatke, ki so predhodno pripravljene ali pa jih zbere sam s senzorji, denimo s kamero, z mikrofonom ali podobnim, jih obdela in se odzove. In tega odziva nas je lahko strah?

Geoffrey Hinton je eden od treh tako imenovanih »botrov umetne inteligence«. Druge dva sta Yann LeCun in Yoshua Bengio. Vsi trije so prejeli Turingovo nagrado, ki jo nekateri imenujejo Nobelova nagrada za računalništvo.

LeCun je francoski računalniški znanstvenik predvsem na področju strojnega učenja, računalniškega

vida, mobilne robotike in računalniške nevroznanosti. Je profesor Courantovega inštituta za matematične znanosti na Univerzi v New Yorku in podpredsednik ter glavni znanstvenik za umetno inteligenco pri Meti.

On je bolj optimističen. Dejal je, da so strahovi nekaterih strokovnjakov, da umetna inteligenca predstavlja grožnjo človeštvu, nesmiselni. Da bodo računalniki postali inteligentnejši od ljudi, bo minilo še mnogo let. Nadalje pravi: »Če se zavedaš, da ni varno, ga pač enostavno ne zgradiš.« Tudi on pa se strinja, da je razvoj prehitel in da sta potrebni previdnost in preventiva.

Tretji »boter« Yoshua Bengio je kanadski računalniški znanstvenik, najbolj znan po svojem delu na področju umetnih nevronske mreže in globokega učenja. Je profesor na Oddelku za računalništvo in operacijske raziskave na Univerzi v Montrealu in znanstveni direktor Montrealskega inštituta za učenje algoritmov. V letošnjem letu je najbolj citiran računalnikar po h-indeksu.

Yoshua Bengio prav tako predlaga, da pride, vsaj začasno, do odmora pri raziskavah umetne inteligence. Nadalje pravi, da je treba narediti korak nazaj in da se je njegovo mnenje glede raziskav na tem področju spremenilo v zadnji polovici leta.

Čeprav zgoraj navedene tri znanstvenike danes imenujejo »botri umetne inteligence«, so pravi očetje te tehnologije drugi in segajo pol stoletja v zgodovino. Pravi oče je John McCarthy, ki je bil eden najvplivnejših ljudi na tem področju. Zaradi fantastičnega dela na področju računalništva in umetne inteligence je znan kot »oče umetne inteligence«. McCarthy je v petdesetih letih prejšnjega stoletja skoval izraz »umetna inteligenca«. Opredelil ga je kot »znanost in inženiring izdelave strojev, ki so pametni«.

Pri obravnavi umetne inteligence moramo omeniti tudi Elona Muska in njegov namen izdelave možganskih čipov, ki bi povezali človeške misli in računalnik. Kako torej naprej se sprašujejo številni znanstveniki, politiki, ekonomisti in psihologi? Ustanovili so poseben spletni Center za varnost umetne inteligence, na katerem se zbirajo razne izjave in najdemo opise številnih možnosti katastrofe z umetno inteligenco.

Nas je lahko strah? Ja, mogoče res. Ampak le v primeru, če ta znanja in celotna napredna tehnologija pridejo v roke zelo ozkemu krogu ljudi ali posameznikom, ki imajo v nekem okolju absolutno oblast in jih poznamo iz zgodovine in sedanosti kot diktatorje. Druga nevarnost je, da se uporabljajo napačni podatki in napačne informacije, ki bi vplivali na mnenje ljudi in njihovo vedenje.

Tako je bilo vedno v zgodovini. Tisti, ki je imel moč informacij in moč orožja, je vladal svetu. In tako bo v bodoče z umetno inteligenco ali brez nje.

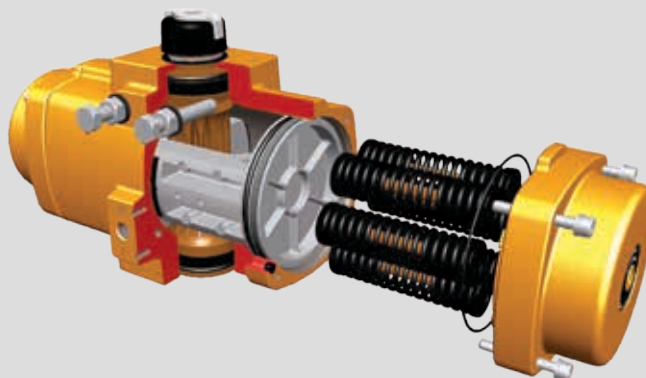
Janez Tušek




EMERSON™
 Process Management



EL Matic™



Field



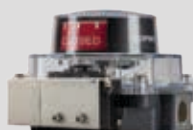
BETTIS™



 **BIFFI**



FISHER



Dantorque

HYTORK

Shafer

ppt commerce

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

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

DOGODKI • POROČILA • VESTI	142
JUBILEJ	
Darko Lovrec	
Leto 1993 – pomembno leto za razvoj fluidne tehnike v Sloveniji	152
PREDSTAVITEV	
Tanja Potočnik Mesarić	
Fakulteta za strojništvo z novo raziskovalno opremo še več možnosti vrhunskih raziskav in sodelovanja z industrijo – 3. del	156
LETALSTVO	
Igor Petrović	
Uspeh študentov Univerze v Ljubljani na mednarodnem tekmovanju brezpilotnih letal v ZDA	158
NOVICE • ZANIMIVOSTI	
Janez Škrlec	
Različni pogledi na prihajajočo novo industrijsko paradigmo	162
PROIZVODNI PROCESI	
Klara Štavdekar, Mitja Cerovšek	
Renovation of sales and production processes in Robeta	172
ČRPANJE NAFTE	
Simon Oman, Marko Nagode, Jernej Klemenc, Aleš Gosar	
Razvoj črpalne enote za črpanje surove nafte iz velikih globin	182
IZ PRAKSE ZA PRAKSO	
Milan Kambič	
Ali je novo hidravlično olje čisto?	194
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Dvižni vijaki z aktivacijo z gumbom (ELESA+GANTER)	198
Kompaktni frekvenčni pretvornik Q2V (MIEL Elektronika)	199
NOVOSTI NA TRGU	
ENEMAC-ov najmanjši omejevalnik navora ECA (ENEMAC)	201
Razstavljiv kabelski okvir za uvod kablov pri elektro omaricah – CABseal (FBS Elektronik)	202
Povratne informacije o sili pri aktuatorjih Electrak® XD (INOTEH)	203
Kaj lahko ročna sprostitev in »preglasitev« zavore naredita za vaše stroje? (INOTEH)	203
SUCO: Čisto nova serija transmitterjev Economy (INOTEH)	204
Novi pogoni Parker serije AC15 in AC20 (PARKER)	205
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Hidravlični blažilnik HD 15 Suspa za bolniške postelje (HENNLICH)	206
Uporaba vodika (H2) v različnih aplikacijah (OMEGA AIR)	208

PODELITEV NAGRAD TEHNOLOŠKE MREŽE TEHNOLOGIJA VODENJA PROCESOV ZA NAJBOLJŠE DIPLOMSKO IN MAGISTRSKO DELO ZA LETO 2023

Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov (TVP) je tudi letos, že deseto leto zapored, podelila nagradi za najboljše diplomsko in magistrsko delo na področju tehnologije vodenja.



Nagrajenci

Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov je konzorcij, ki od leta 2003 povezuje javne raziskovalne institucije in podjetja na področju avtomatizacije, informatizacije in kibernetizacije sistemov v Sloveniji. Aktivnosti mreže so usmerjene v spodbujanje prenosa znanja in tehnologij v industrijsko prakso ter razvoj produktov in storitev za prodajo na trgu.

S podeljevanjem nagrad Tehnološka mreža TVP vzpodbuja kvalitetno delo in odličnost mladih, ki začenjajo s svojim raziskovalnim in strokovnim delom. Nagrade razpisuje na širših področjih delovanja mreže, in sicer:

- ▶ avtomatizacija strojev in naprav,
- ▶ vodenje kompleksnih sistemov in tehnoloških procesov,
- ▶ inteligentni sistemi in procesi v pametnih tovarnah,
- ▶ diagnostika, prognostika in samovzdrževanje strojev in naprav,
- ▶ avtonomna vozila,
- ▶ podpora logističnim procesom v podjetjih,
- ▶ tehnologije vodenja za pametno upravljanje z energijo, večjo kakovost bivanja in manjše onesnaževanje okolja,
- ▶ sodobne IKT v sistemih vodenja, npr. internet stvari, umetna inteligenca, oblačne tehnologije, velepodatki,
- ▶ tehnologije in znanja za razvoj novih orodij in gradnikov za sisteme vodenja,
- ▶ druga področja, povezana s problematiko vodenja sistemov in procesov.

Podelitev nagrad in predstavitev nagrajenih sta potekali 13. aprila 2023 v okviru konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'23.

Nagrado za najboljšo diplomsko delo je prejela Nejcra Ajanovič za delo z naslovom Primerjava ročnega in avtomatskega spremljanja podatkov proizvodnega procesa na primeru proizvodne linije alternatorjev, ki ga je opravila na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici pod mentorstvom prof. dr. Juša Kocijana.

V diplomskem delu je opisano preverjanje kakovosti delovanja proizvodnje in kakovosti izdelkov na proizvodni liniji montaže alternatorjev. Za alternator so določene vrednosti meritev in parametrov, ki jih je treba zagotoviti za izdelavo kakovostnega izdelka. V delu je diplomantka preverila, če avtomatsko spremljanje podatkov oziroma statistični nadzor procesa ustrezno zamenja ročno spremljanje podatkov ter tiste človeške operacije, ki so v vsakem proizvodnem procesu neizogibne. Avtomatski način je opisan z metodologijo in z delovanjem programske podpore. Ročni način preverjanja podatkov pa je opisan z izvajanjem večnivojskih presoj procesa. Na proizvodni liniji montaže sta obe metodi aktualni in se izvajata hkrati, njuni rezultati pa se uporabljajo za različne namene in se med seboj dopolnjujejo. V delu so ugotovljene kakovost, sledljivost in uporabnost podatkov glede na njihov način zbiranja. Zaključek študije je izveden na podlagi

teoretične in praktične primerjave metod, končnih poročil in statistik.

Nagrado za najboljšo magistrsko delo je prejel Jakob Baumgartner za delo z naslovom Vodenje redundantnega neholonomičnega mobilnega manipulatorja, ki ga je opravil na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko pod mentorstvom izr. prof. dr. Gregorja Klančarja in somentorstvom doc. dr. Tadeja Petriča.

V magistrskem delu avtor opisuje izvedbo vodenja neholonomičnega redundantnega mobilnega manipulatorja. Robot je sestavljen iz neholonomične mobilne platforme z diferencialnim pogonom in redundantnega robotskega manipulatorja, ki je pritrjen na vrh platforme. V sklopu magistrske naloge je bil izdelan model robotskega sistema, ki je namenjen simulaciji v okolju Gazebo. Izdelani so bili algoritmi za vodenje robotskega sistema z dvema različnima pristopoma pri izdelavi kinematičnega modela združenega robotskega sistema. Ker ima robotski sistem skupaj devet aktivnih prostorskih stopenj, sta bila uporabljena tudi nalogi manipulabilnosti in srednje lege sklepov za optimizacijo položaja presežnih prostostnih stopenj. Razviti algoritmi so bili končno preizkušeni v simulacijskem okolju in na realnem robotu.

Doc. dr. Gorazd Karer,
UL, Fakulteta za elektrotehniko



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



CERTIFIED
ISO 9001



INTEGRATED
QUALITY SYSTEM









CLASSIFIED

KONFERENCA AIG' 2023

V hotelu Habakuk smo uspešno izvedli že 13. konferenco Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu. Osrednja tema na konferenci AIG'23 so bile tovarne prihodnosti in zeleni prehod v družbo 5.0. To je logično nadaljevanje tematike konference AIG'21, ko smo govorili o digitalizaciji tovarn in možnosti uporabe umetne inteligence v industriji.



Udeleženci AIG 2023 med predavanjem

Pametne tovarne, podprte z umetno inteligenco, so vse bližje realizaciji, in to zahteva nova znanja in temu primerno izobražene inženirje. Družba 5.0 je nova vizija družbe, ki temelji na naprednih tehnologijah in hkrati poudarja pomen trajnostnega razvoja in družbene odgovornosti. Osredotoča se na to, kako lahko tehnologija in digitalizacija pomagata pri reševanju družbenih izzivov, kot so podnebne spremembe, revščina, neenakost in podobni problemi. Industrijska avtomatizacija lahko pomembno prispeva k zelenemu prehodu, na primer: pri energijski učinkovitosti, zmanjšanju in reciklaži škodljivih odpadkov, zmanjšanju ogljičnega odtisa, pri uporabi obnovljivih virov energije ter pri pametnem in učinkovitem ravnanju z viri. Poleg tega lahko industrijska avtomatizacija pomaga tudi pri ustvarjanju novih delovnih mest v zeleni industriji.

Na otvoritvi konference so nas s svojim pozdravnim nagovorom počastili rektor Univerze v Mariboru prof. dr. Zdravko Kačič, državna sekretarka na Ministrstvu za digitalno preobrazbo dr. Aida Kamišalić Latifić, prodekan za sodelovanje z gospodarstvom, mednarodne odnose in pedagoške študijske programe na UM FNM, izr. prof. dr. Robert Repnik in prodekan za mednarodno sodelovanje in razvoj kakovosti na UM FER prof. dr. Marjan Mernik. Vsi so se strinjali, da je tema letošnje konference še kako aktualna. Poudarili so pomen avtomatizacije v industriji in gospodarstvu ter njeno vlogo pri hitrejšem prehodu v družbo 5.0.

Stanje na področju tovarn prihodnosti in zelenega prehoda smo skušali pojasniti v okviru štirih vabljenih predavanj ter okrogle mize, ki so potekali prvi dan konference. Temam, kot so digitalna transfor-

macija proizvodnje, prilagoditve trga električne energije, vseživljenjsko učenje ter primer aktivnega sodelovanja med industrijo in inštitutom, so sledila predavanja v Industrijskem forumu, ki so se prav tako nanašala na tovarno prihodnosti.

Doc. dr. Boštjan Vlaovič je v okviru vabljenega predavanja predstavil pomen vseživljenjskega učenja v povezavi s hitrim tehnološkim napredkom in spreminjajočo se dinamiko na trgu dela. Predstavil je evropski pristop k mikrodokazilom, ki potrjujejo učne izide krajših oblik izobraževanj, tudi v visokem šolstvu. Na Univerzi v Mariboru naslavljajo izzive, povezane s skupnim evropskim visokošolskim prostorom v okviru načrta za okrevanje in odpornost (NOO) ter s projektom Evropske univerze Athena, kjer osem univerz prispeva k uvedbi skupnih pristopov, podprtih s kombiniranimi shemami mobilnosti.

Pogled na zeleni prehod skozi razvoj produktov in storitev slovenskega gospodarstva je eden od pomembnih triangulatorjev potencialne slovenske razvojne strategije na področju novih zelenih tehnologij, tudi vodika. Na okrogli mizi Tovarne prihodnosti in zeleni prehod, ki jo je moderiral dr. Zoran Marinšek, vodja Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja, so o tej tematiki razpravljali sogovorniki iz udeleženih ministrstev in vladnih agencij, predstavniki gospodarstva in predstavniki presečnih SRIP-ov: Matevž Frangež, državni sekretar na Ministrstvu za gospodarstvo, turizem in šport, dr. Peter Wostner iz Urada RS za makroekonomske analize in razvoj (UMAR), dr. Aleksandra Lobnik, soustanoviteljica podjetja IOS, d. o. o., mag. Matjaž Čemažar, direktor podjetja Domel, d. d., in Stojan Kokošar, glavni direktor podjetja Kolektor SISTEH, d. o. o.

Razprava je razgrnila nekatere pomisleke glede usklajenosti posameznih ministrstev in manjka skupne nacionalne strategije za podporo in prepoznavo prebojnih tehnologij, ki bodo ključne za zeleni prehod v boljšo in bolj vzdržno družbo. Za razvoj tehnološko napredne ponudbe slovenske industrije bo pomembno, če bodo vključene v razvojne investicije v okviru slovenskega energetske-podnebnega načrta na eni strani, na drugi pa, če bo zaživela osvežena razvojno-inovacijska strategija – Strategija pametne specializacije (S5), ki bo usmerjala in v zadostni meri podprla razvoj novih digitalnih zelenih tehnologij v celotnem ciklu tehnološkega razvoja z odpravo dolin smrti. Na zmanjšanje ogljičnega odtisa pomembno vpliva, na kakšen način se pridobiva električna energija, prav tako pa je pomembna energijska učinkovitost proizvodov, ki se ponujajo na trgu. Zelena tovarna prihodnosti pomeni ogljično nevtralna tovarna. Da bi lahko lovili cilj 1,5 oC, bi se morale industrijske emisije do leta 2030 zmanjšati za 45 %, kar ima pomembno vlogo in pomaga podjetjem, da razvijajo konkurenčne proizvode na globalnem trgu. Pri tem pa obstaja velik razkorak med ambicijami in realizacijo načrtov. Največji pomen pri tem so viri znanja in finančne spodbude.

Po zaključku okrogle mize je sledila slavnostna podelitev nagrad za najboljša diplomska in magistrska dela v letu 2022. Podelila jih je Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov, ki je te nagrade uvedla in jih podeljuje že trinajsto leto. Prvo nagrado za najboljšo diplomsko delo je prejela Nejra Ajanović za delo z naslovom Primerjava ročnega in avtomatskega spremljanja podatkov proizvodnega procesa na primeru proizvodne linije alternatorjev, ki ga je opravila na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici pod mentorstvom prof. dr. Juša Kocijana, drugo nagrado za najboljšo magistrsko delo pa je prejel Jakob Baumgartner za delo z naslovom Vodenje redundantnega neholonomičnega mobilnega manipulatorja, ki ga je opravil na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko pod mentorstvom izr. prof. dr. Gregorja Klančarja in somentorstvom doc. dr. Tadeja Petriča.

Čeprav je konferenca namenjena izmenjavi izkušenj in predstavitvi aplikativnih rešitev ter druženju uporabnikov, izvajalcev in raziskovalcev, smo pomislili tudi na študente, ki se pripravljajo, da prevzamejo breme in skrb za stroko. V ta namen smo organizirali študentsko sekcijo, na kateri so se študentje elektrotehnike iz FE UL in FERI UM predstavili s študentskimi članki. Študentje so bili vabljeni tudi na borzo kadrov, kjer so izvedeli, kakšne so njihove zaposlitvene možnosti in katera znanja potencialni delodajalci od njih pričakujejo. Na konferenčni večerji smo razglasili zmagovalce študentskega tekmovanja. Najboljšim štirim smo podelili praktične nagrade.

Dosežki študentov na tekmovanju študentskih prispevkov:

1. nagrada: Lokalizacija mobilnega robota s senzorji bližine: Matej Kristjan Mestek, mentor: Andrej Zdešar;
2. nagrada: Nelinearno samosprožilno mrežno vodenje z modelom na osnovi globokega učenja: Sebastjan Vogrinčič, mentor: Andrej Sarjaš;
3. nagrada: Integracija globinske kamere za povečanje varnosti avtonomnega vozila: Lenart Lavrih, mentorja: Aleš Bizjak in Marko Munih;
3. nagrada: Nadgradnja večagentnega planiranja poti z varnimi intervali in prioriteta: Matic Sedej, mentor: Gregor Klančar.

Zelo delovno je bilo tudi drugi dan konference. V dveh zaporednih sekcijah smo sledili predstavitev člankov iz raziskovalnih institucij in gospodarstva.

Pred konferenčno dvorano je oba konferenčna dneva potekala razstava slovenskih podjetij, ki so hkrati tudi naši zvesti sponzorji, brez katerih konference ne bi bilo.

doc. dr. Nenad Muškinja, UM FERI

DAN VARILNE TEHNIKE V ČASU MEDNARODNEGA INDUSTRIJSKEGA SEJMA V CELJU OD 18. DO 21. APRILA 2023

Janez Tušek

Lani je bil Mednarodni industrijski sejem v Celju organiziran izjemoma. Moral bi biti leta 2021, a to zaradi kovida ni bilo mogoče. V letu 2022 pa je bil sejem ponovno organiziran po ustaljenem urniku.

Mednarodni industrijski sejem v Celju se je v zadnjih letih uveljavil na širšem industrijskem področju in v širšem regionalnem okolju. Z rastjo števila razstavljalcev in obiskovalcev je v zadnjih nekaj letih postal prepričljivo največji in najpomembnejši sejem s področja orodjarstva in strojogradnje, varjenja in rezanja, industrije polimerov, industrijskega vzdrževanja ter industrijske avtomatizacije, robotike in elektronike v jugovzhodni Evropi.

O tem govorijo podatki in številke. Med razstavljalci je bilo več kot 60 odstotkov tujih podjetij iz več kot 32 držav, med obiskovalci pa jih je več kot 43 odstotkov prišlo iz 13 tujih držav. Na sejmu se je v osmih dvoranah predstavilo več kot 330 podjetij. Skupaj je bilo predstavljenih več kot tisoč blagovnih znamk. Razstavna površina je bila večja kot 23.000 m². To je več kot 2 ha.

Letos se je predstavilo rekordno število podjetij s področja avtomatizacije in robotizacije, med njimi vodilni slovenski akterji s tega področja. Prisotnih je bilo tudi rekordno število podjetij s področja varjenja in rezanja, kar nas je še posebno razveselilo, saj smo prav na tem področju v preteklih letih zasledili padec števila razstavljalcev.

Predstavljene so bile novosti s področja kompresorjev, numerično krmiljenih CNC-strojov, avtomatizacije procesov in tehnologij za boljši izkoristek materialov, robotske celice s kolaborativnim robotom za lasersko varjenje, avtomatski in pnevmatski kovičnik, 3D-printerji, zaščitna delovna oprema, software programi, stroji, naprave in priprave za spajanje materialov itd.

Prof. dr. Janez Tušek, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil



Slika 1: Utrinek iz predavalnice strokovnih predavanj

Celjski sejem se je za štiri dni spremenil v eno večjih proizvodnih v Sloveniji z najsodobnejšimi in tehnično najbolj dovršenimi stroji, aparati, napravami, industrijskimi roboti, orodji in aplikacijami.

Vsak dan sejma je bil posvečen enemu strokovnemu področju in številnim spremljevalnim dogodkom, ki so povezani s tem področjem. Te dogodke so poleg sejmskih ljudi pomagala soustvariti področna in stanovska združenja iz vse države.

Prvi sejmski dan je bil namenjen industrijski avtomatizaciji in optimizaciji proizvodnih procesov. Predavanja so pripravili Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov in Laboratorij za simulacije diskretnih sistemov.

Obravnavane so bile različne tematike o trendih in pomenu optimizacije, o vlogi delovnih mest pri doseganju globalne konkurenčnosti podjetij in optimizaciji proizvodnih sistemov, ki je ključ do globalne konkurenčnosti.



Slika 2 : Sejamski utrip

Drugi sejamski dan je tradicionalno namenjen varilstvu in sorodnim tehnikam. Tudi tokrat je bilo tako. Prireditelji sta organizirala DVT (Društvo za varilno tehniko) Krško in DVT Maribor. Ta dan je bil še posebno bogat. Organizirana so bila znanstvena in strokovna predavanja, objavljena v zborniku, in tekmovanje varilcev v teoretičnem in praktičnem znanju. Tako strokovna predavanja kot tekmovanje varilcev so bila letos prvič mednarodno obarvana. Na strokovnem posvetovanju smo imeli poleg domačih predavateljev še gosta iz Finske in predavateljico iz Hrvaške. Tekmovanja varilcev pa so se udeležili tekmovalci iz naše države in držav bivše Jugoslavije. Tekmovanje je potekalo v tehnikah varjenja po postopku MAG, TIG in prvič tudi v REO (ročnem obločnem varjenju).

V četrtek, 20. aprila, sta bila organizirana dan orodjarstva in dan vzdrževanja.

Poudarek je bil na zelenem prehodu, aditivnih tehnologijah in industriji 4.0 ter na tem, kako lahko v naši industriji spodbujajo uporabo tehnologij za zeleni prehod. Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani in Laboratorij za fluidno tehniko pa sta na ta dan pripravila predavanja s področja sodobnega industrijskega vzdrževanja. Pomemben poudarek je bil posvečen področjema hidravličnih tekočin in pnevmatičnih sistemov.

Petek, 21. aprila, je bil namenjen inovativnim tehnologijam v industriji plastike, gume in drugih umetnih snovi. Predavanja je pripravila Fakulteta za tehnologijo polimerov in GIZ – Grozd Plasttehnika.

Srečanje varilskih strokovnjakov

Na sejmu sta bila prav gotovo zelo pomembna dan varilne tehnike, ki je bil 19. aprila, in dan orodjarstva in vzdrževanja, ki je bil dan kasneje, kamor spada tudi varjenje, predvsem reparaturno varjenje.

Dan varilne tehnike je bil letos po obsegu predavanj nekoliko okrnjen, kar pa ni zmanjšalo njegovega pomena. Po drugi strani pa je bil obogaten z mednarodno udeležbo tako na strokovnih predavanjih in na tekmovanju varilcev. Ob tej priliki je bil izdan tudi zbornik, v katerem so zajeta vsa predavanja, ki so bila opravljena na ta dan in še nekateri drugi strokovni prispevki slovenskih varilskih strokovnjakov.

Dopoldne je bilo strokovno posvetovanje o novostih na varilskem področju. Okoli opoldneva se je pričelo mednarodno varilsko tekmovanje s teoretičnim in popoldne s praktičnim delom. Zaključku tekmovanja varilcev pa je sledilo družabno srečanje s podelitvijo nagrade za življenjsko delo na varilskem področju in nagrad varilcem. Organizatorja srečanja sta bila DVT Krško in DVT Maribor. Dolenjci so organizirali in poskrbeli predvsem za organizacijo posvetovanja in kasneje druženja, Štajerci pa za varilsko tekmovanje. Tu gre obema predsednikoma Tomažu Vuhererju in Franciju Krošlju iskrena zahvala.

Nagrajenec

Nagrado za življenjsko delo na varilskem področju je letos prejel diplomirani inženir strojništva Stane Zorko iz Krškega.

Stane Zorko se je po diplomi na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani leta 1975 zaposlil v Kovinarski Krško, družbi s preko 700 zaposlenimi, ki je izdelovala tlačne posode, dvigala, gradbene konstrukcije, asfaltne baze in še marsikaj drugega. Svoje prve »varilske korake« je torej naredil v omenjeni tovarni. Po devetih letih se je preselil v podjetje SOP, prav tako v Krškem, ki je bilo specializirano za industrijsko opremo. Tu je opravljal dela vodja kontrole kakovosti na varjenih in drugih izdelkih.

Po sedemnajstih letih dela v teh imenitnih podjetjih se je Stane skupaj z ženo Boženo odločil za samostojno pot. Leta 1992 sta ustanovila podjetje Q Techna za zagotavljanje in kontrolo kakovosti varilskih procesov in izdelkov. Kmalu za tem pa je Stane sodeloval tudi kot soustanovitelj podjetja Numip, ki je tipično strojno podjetje za izdelavo opreme v energetiki, farmaciji in na drugih strojniških področjih. To so bila za obe novoustanovljeni podjetji zelo uspešna leta. Načrtovali in izvedli so zelo veliko uspešnih projektov v Nuklearni elektrarni Krško in drugje, kjer je Stane odigral zelo pomembno vlogo.

Kmalu po zaposlitvi se je kot inženir strojništva močno vpel v mednarodno okolje. To še posebno velja po ustanovitvi omenjenih podjetij. Preko obeh družb, kjer bil direktor, se je uspešno vključil v mnoge projekte v Evropi in ZDA. V vlogi direktorja Numipa se je leta 2012 tudi upokojil.

Od nekdanj se je zavedel pomena ustrezne usposobljenosti. Že v drugi polovici sedemdesetih let je uspešno zaključil specializacijo za varilnega in-



Slika 3 : Letošnji nagrajenec za življenjsko delo na varilskem področju Stane Zorko (v sredini), predsednik DVT Krško (desno) in predsednik DVT Maribor (levo)

ženirja, kasneje pa je kot eden prvih strokovnjakov iz slovenskega prostora leta 1994 v Nemčiji na SLV Mannheim pridobil certifikat evropskega varilnega inženirja, kar danes velja kot naziv mednarodni varilni inženir.

Za svoje odlično delo je g. Stane Zorko prejel vrsto priznanj. Naj tu omenim samo najpomembnejšo nagrado Gospodarske zbornice Slovenije za izjemne gospodarske dosežke, ki jo je prejel za leto 2001.

Velik pečat je g. Stane Zorko pustil v okviru Društva za varilno tehniko Krško, ki je bilo ustanovljeno leta 1979. Stane je postal prvi predsednik in je še danes velik promotor varilstva, aktiven udeleženec dogodkov in mecen društvenih aktivnosti v Krškem in v celotni Sloveniji. Kljub upokojitvi je še danes zelo aktiven v Društvu za varilno tehniko v Krškem in drugje, še posebno pri vsakokratni organizaciji Dneva varilne tehnike na sejmju v Celju.

Naj še zapišem, da je g. Stane varilski strokovnjak s srcem in dušo. V Sloveniji skoraj ni več takih ljudi, ki bi s tako vnemo in zavzetostjo delovali na različnih nivojih in področjih, ki so povezana z varilstvom. Prav zato je ta nagrada prišla v prave roke in njegovi prijatelji upamo, da bo Stane še dolgo aktiven z njemu značilno vnemo, optimizmom in dobro voljo, s polno pozitivne energije.

Posvetovanje

Na posvetovanju je bilo predstavljenih osem različnih referatov s področja spajanja materialov in sorodnih tehnik. Članki so bili zbrani na osnovi recenzije članov uredniškega odbora. Predsednik je bil dr. Andrej Lešnjak, ki je vzorno organiziral in recenziral članke. Vsi prispevki so iz industrijske prakse. V njih so prikazani rezultati, dobljeni z raziskavami, ki so podkre-

pljene z znanstvenimi metodami, kar pomeni, da je slovenska varilska stroka na visokem strokovnem in znanstvenem nivoju ter da sledi novostim v svetu.

Prvo predavanje kot vabljeno predavanje z naslovom: Uporaba digitalnih dvojčkov v robotskih varilnih aplikacijah sta izvedla g. Erik Arko in g. Peter Arko iz podjetja Yaskawa Ristro, d. o. o., iz Kočevja.

Izraz digitalni dvojček (ang. digital twins) označuje repliko dejanskih naprav, prostorov ali procesov. Gre za programsko opremo, ki podpira in optimizira projektiranje, izgradnjo in vzdrževanje zgradb, v katerih potekajo procesi na konkretnih napravah in strojih. Najpogosteje so to kar proizvodni procesi in med njimi tudi varilstvo, kjer koncept prinaša najhitrejši povratek investicije. Obdelava podatkov iz vseh strojev in naprav, povezanih v internet stvari, namreč omogoča izgradnjo baze podatkov, iz katere se lahko s pomočjo umetne inteligence in modeliranja napoveduje prihodnje obnašanje.

Drugo predavanje je opravil dr. Andrej Skumavc iz podjetja SIJ Acroni. Naslov: Certifikacijski postopki za jekla z visoko napetostjo tečenja za najzahtevnejšo strojogradnjo dvigal. Avtor je na kratko predstavil proizvodnjo visoko trdnostnih jekel in njihove značilnosti glede tolerance debelin plošč, ki jih dajo na trg, kakovosti same površine teh valjanih plošč, kemične sestave in mehanskih lastnosti.

Prvo predavanje iz tujine je imela Mladena Dujmenović iz podjetja Elektroda Zagreb z naslovom: Obložene elektrode. Predstavila je proizvodnjo oplaščenih elektrod, njihove lastnosti, namen uporabe posameznih tipov elektrod in vpliv vrste oplaščenja na potek varjenja ter na lastnosti zvarnega spoja.

Drugi predavatelj, ki je prišel iz tujine, je predstavil članek z naslovom: Prednosti naprednih vizualnih in osvetlitvenih sistemov pri varjenju (angl. Benefits of using advanced vision and illumination systems in welding). Vsebina članka govori o posebni laserski hitro tekoči kameri, ki jo lahko uporabimo za snemanje varilnega obloka, gibanje taline med varjenjem, prehod materiala iz elektrode v var in druge dogodke med talilnim obločnim ali nekim drugim talilnim varjenjem

Matej Pleterski iz Numipa, d. o. o., je predstavil članek o spajanju bakra in nerjavnega jekla. Pri praktičnih raziskavah so pripravili prekrivne zvarne stike iz cevi iz prej omenjenih materialov in jih varili po postopku TIG in spajkali prav tako po postopku TIG. Po varjenju in spajkanju so iz cevnih prekrivnih spojev naredili vzorce za natezni preskus, za preskus žilavosti, izvedli so tlačni preskus in iz spojev naredili makrobruse ter jih analizirali. V zaključkih so zapisali, da je spajkanje TIG zelo primeren postopek, ki je v številnih primerih primernejši od plamskega spajkanja ali pa od varjenja TIG.

Branko Petek iz podjetja Kovit projekti, d. o. o., je opisal navarjanje nerjavečega materiala na vodoodlivne površine turbinskih sklopov. V praksi se zelo pogosto uporabljajo naprave in razni elementi, na katere na tak ali drugačen način učinkuje voda. To so razne turbine, črpalke, zasuni in podobno. Voda med obratovanjem erodira material in ga odnaša. Strojni element se obrablja. Zato je smiselno, da se te površine navarijo z materialom, ki je obrabno obstojen in se z deformacijo utrjuje. To lastnost imajo nekatera nerjavna jekla, ki so legirana z manganom. Avtor članka je navarjanje prikazal na praktičnem primeru. Uporabili so dodajni material, ki vsebuje približno 18 odstotkov kroma, 8 odstotkov niklja in le 3 odstotke mangana.

Pri tem bi dodal, da naše praktične izkušnje iz preteklosti govorijo nekoliko drugače. V takšnih primerih je primerneje uporabiti material, ki ima enako sestavo, kot so ga avtorji članka uporabili v opisanem primeru, le da dodajni material ne glede na vrsto varilnega postopka vsebuje namesto treh odstotkov mangana sedem odstotkov tega elementa. Mangan namreč prispeva, da se jeklo z deformacijo utrdi in zviša obrabno obstojnost.

Klemen Pompe iz TKC-ja iz Ljubljane je predstavil in opisal sanacijo 4 000-tonske stiskalnice z varjenjem. To je bila izjemno zahtevna sanacija razpokanega ohišja 4 000-tonske stiskalnice, ki sta ga za slovensko podjetje izvedli podjetje TKC, d. o. o., iz Ljubljane in podjetje Balavto, d. o. o., in Ajdovščine. Avtor članka je najprej slikovno prikazal razpokano ohišje stiskalnice, nato je opisal in slikovno prikazal pripravo zvarnih stikov, izbiro varilnega postopka in računalniško simulacijo porazdelitve napetosti v ohišju stiskalnice med obremenitvijo. V zaključkih pa je podal ugotovitev, da je sanacija v celoti uspela in da stiskalnica normalno obratuje že več mesecev.

Zadnje ustno predstavitve pa je imel Robert Planic iz Nuklearne elektrarne Krško. Predstavil je mehansko sproščanje zaostalih napetosti v bimetalnem zvarnem spoju. Bimetalni zvarni spoj pomeni, da je zvarjen iz dveh različnih materialov, kar je pogosta potreba v postrojenjih v nuklearnih elektrarnah. V opisanem primeru je to sočelni cevni spoj. Za sproščanje napetosti v teh zvarih so uporabili posebno ameriško patentirano metodo, s katero so s posebno objemko stisnili cev, jo deformirali in pri tem neugodne natezne napetosti pretvorili v ugodnejše tlačne.

Med dnevom je potekalo državno prvenstvo varilcev. Najprej so se ti preizkusili v teoretičnem pisnem preizkusu, nato pa še v praktičnem varjenju v treh različnih postopkih. Varili so po postopku MAG, po postopku TIG in ročno obločno z oplaščeno elektrodo. Glavni organizator tekmovanja je bilo Društvo za varilno tehniko Maribor. Tekmovali so fantje in dekleta, mladi, nekoliko starejši varilci in tudi taki



Slika 4 : Podelitev nagrad na teoretičnem in praktičnem tekmovanju varjenja po postopku MAG, postopku TIG in ročnem obločnem varjenju

v letih. Prav ta pisanost tekmovalcev je popestrila celotni dogodek.

Izjemno zanimivo je, da je mlada Andreja Mihelin iz podjetja Modic metal, Klemen Modic, s. p., zmagala kar trikrat.

Naj tu ponovim, kar so na popoldanskem družabnem srečanju povedali glavni organizatorji Dneva varilne tehnike: glavni namen dneva varilstva z razstavnim in spremljajočim strokovnim programom je bil predstaviti to zelo pomembno stroko javnosti, jo približati mladim in mlade navdušiti za poklic varilca, ki ga v Sloveniji zelo močno primanjkuje.

»Dan varilne tehnike je največja strokovna prireditve s področja varjenja v Sloveniji in je zelo pomembna za ohranjanje in razvoj varilske stroke. Treba je vedeti, da je varjenje zelo pomembna panoga v slovenski industriji. Ogromno izdelkov se izdelava z varjenjem. Zato so tovrstna srečanja izrednega pomena za to področje,« je dejal dr. Andrej Lešnjak, predsednik organizacijskega odbora Dneva varilne tehnike.

Ob slovesnosti podelitve priznanj in nagrad je izvršni direktor Celjskega sejma mag. Robert Otorepec nagovoril vse prisotne: »Zelo me veseli, da smo se ponovno zbrali na Dnevu varilne tehnike, ki je postal sestavni del sejma MIS.« »Zelo odmevno je tudi državno prvenstvo varilcev in varilk, na katerem tudi letos beležimo odlično udeležbo. Po zahtevnih teoretičnih in praktičnih preizkusih smo dobili najboljše varilce v državi,« je še dodal.

Takšen sejem je za vse nas, ki delujemo v teh panogah, izjemno pomemben. Predstavlja mnogo več kot le izjemno priložnost za najhitrejšo in najcenejšo pridobivanje kupcev iz celotne jugovzhodne Evrope. Pomeni tudi možnost za predstavitve novosti, srečanje s kupci, primerjavo s konkurenco in ne nazadnje za prijetno druženje.

V OKVIRU DNEVA MEROSLOVJA 2023 NA GZS OBELEŽILI PODPIS METRSKE KONVENCIJE V PARIZU LETA 1875

Urad RS za meroslovje je skupaj s sekcijo SiMER 17. maja 2023 na Gospodarski zbornici Slovenije organiziral Dan meroslovja ob spominu na podpis pomembne mednarodne pogodbe leta 1875 v Parizu – Meterske konvencije.



Skupinska fotografija predavateljev – Dan meroslovja 2023

Na Gospodarski zbornici Slovenije (GZS) smo obeležili svetovni Dan meroslovja, ko se spominjamo podpisa Meterske konvencije leta 1875 v Parizu. S podpisom te mednarodne pogodbe je bil postavljen pomemben mejnik naše zgodovine. Takrat je bil ustanovljen mednarodni urad za uteži in mere v Parizu (BIPM), hkrati pa so bili vzpostavljeni osnovni pogoji za poenotenje merskih enot in mednarodno primerljivost merjenj.

Krovna tema letošnjega Dneva meroslovja je bila: Meritve, ki podpirajo globalni prehranski sistem. Ob svetovnem dnevu meroslovja 2023 je bil poudarek na številnih merilnih izzivih, ki jih je treba zagotoviti, da bo prehranski sistem deloval. Povezovanje in sodelovanje z vsemi deležniki pa je ključno, da lahko odgovorimo na vse zastavljene izzive, s katerimi se na področju prehranskega sistema srečujemo v so-

dobni družbi. Zato sta Dan meroslovja že drugo leto zapored skupaj organizirala Urad Republike Slovenije za meroslovje in GZS – sekcija SiMER, ki povezuje proizvajalce, uporabnike ter zastopnike merilne opreme in je medsektorska organizacijska enota v okviru Zbornice elektronske in elektroindustrije na GZS.

Udeležence dogodka je v uvodu v imenu ministra za gospodarstvo, turizem in šport pozdravil državni sekretar mag. Dejan Židan, ki je pohvalil uspešnost delovanja slovenskega meroslovnega sistema na evropski ravni in njegovo aktivno vlogo pri pripravi številnih novih predpisov na mednarodni ravni. Pomen meroslovja v našem okolju se odraža tudi v tem, da se na letni ravni v Republiki Sloveniji na podlagi meritev ustvari najmanj za letni proračun RS prihodkov, pri čemer ta številka z razvojem še narašča. Meroslovje pa je vse bolj pomembno tudi za zago-

tavljanje kakovosti življenja, saj je poleg digitalizacije vedno bolj pomembna tudi kakovost hrane.

Zagotavljanje zdrave in cenovno dostopne hrane je eden izmed ključnih izzivov držav po vsem svetu. S temi izzivi se srečujejo tako kmetje in drugi proizvajalci hrane, veletrgovci in trgovci, ki dobavljajo hrano potrošnikom na mednarodni, nacionalni in lokalni ravni. V letu 2021 je bila trgovina s hrano vredna 22 bilijonov dolarjev in je predstavljala kar 20 % svetovne trgovine. Merjenja na področju prehrane in prehranske verige so odločilna za kakovost hrane in konkurenčnost ponudnikov. Zato je letošnja tema Dneva meroslovja posvečena prav izzivom merjenj za zagotavljanje zdrave in cenovno dostopne hrane.

Na Dnevu meroslovja so svoja bogata strokovna znanja s področja meritev, ki podpirajo globalni prehranski sistem, številnim poslušalcem predstavili predavatelji iz raziskovalnih inštitucij – nosilcev nacionalnih etalonov, ki na svojih področjih predstavljajo najboljše merilne zmogljivosti v državi – in gospodarstva, ki njihova znanja prenaša v proizvodne procese z namenom zagotavljanja čim višje kakovosti, dodane vrednosti in konkurenčnosti na zahtevnem globalnem trgu:

1. izr. prof. dr. Igor Pušnik, vodja kakovosti Laboratorija za metrologijo in kakovost, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani: *Meritve temperature in vlage za zagotavljanje varnosti hrane;*
2. dr. Vasilij Valenčič, ZRS Koper, Inštitut za oljkar-

stvo: *Akreditacija metode senzoričnega ocenjevanja oljčnega olja;*

3. prof. dr. Nives Ogrinc, vodja skupine za organsko biogeokemijo, Institut »Jožef Stefan«: *Izotopske tehnike ter njihova uporaba pri sledljivosti in kakovosti živil;*
4. Dušanka Škrbič, vodja sektorja za meroslovni nadzor, Urad RS za meroslovje: *Meritve na področju količinske kontrole predpakirane hrane;*
5. Janez Kešnar, vodja skladnosti in standardov v Pivovarni Laško Union d. o. o.: *Kontrola volumna predpakiranih proizvodov na polnilnih linijah v Pivovarni Laško.*

Vsi predavatelji so ne glede na področje dela poudarili, da so meritve na področju prehrane izredno pomembne, saj ne zagotavljajo samo kakovosti hrane, ampak ščitijo tudi zdravje in življenje vseh ljudi.

Sodeč po veliki udeležbi, številnih vprašanih in zanimivih razmišljanjih poslušalcev je dogodek še dodatno potrdil, kako pomembno vlogo ima meroslovje v našem življenju in kako veliki so izzivi meritev na področju prehrane v sodobni družbi. Prav zato so Združeni narodi med cilje trajnostnega razvoja vključili tudi cilja svet brez lakote in svet s splošnim dostopom do čiste vode, saj izčrpavanje naravnih virov in velike podnebne spremembe, ki smo jim priča, predstavljajo velik izziv tudi za globalni prehranski sistem.

Mag. Dominika Rozoničnik
Urad RS za meroslovje



Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



rexroth
A Bosch Compa

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

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



25
LET

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

LETO 1993 – POMEMBNO LETO ZA RAZVOJ FLUIDNE TEHNIKE V SLOVENIJI

Darko Lovrec

Povzetek:

Za leto 1993 lahko brez dvoma rečemo, da je izstopalo glede aktivnosti, povezanih s fluidno tehniko v Sloveniji – tistih aktivnosti, ki so dolgoročno vplivale na ves nadaljnji razvoj dogodkov vse do danes. Med te zagotovo spadajo aktivnosti Združenja za fluidno tehniko, priprave na izdajo prvega slovenskega standarda s področja fluidne tehnike, povečane aktivnosti za polnomočno članstvo v CETOP-u, povečane aktivnosti slovenskih raziskovalcev s področja fluidne tehnike z mednarodnimi objavami ter tudi zelo pomembna ustanovitve Slovenskega društva za fluidno tehniko – SDFT.

S prispevkom želimo ob 30-letnici podrobneje osvetliti jubilejno leto in tudi na ta način izkazati priznanje ter spoštovanje smelim pobudam in idejam, ki so vodile do bolj organizirane in usmerjene dejavnosti na področju fluidne tehnike v Sloveniji in prispevale k današnji prepoznavnosti in prisotnosti slovenske fluidne tehnike v svetu.

Uvod

Fluidna tehnika v Sloveniji ima že dolgo tradicijo. Različna podjetja so proizvajala določene komponente ali gradila in vzdrževala sisteme fluidne tehnike za tržne namene že od konca druge svetovne vojne dalje. Vendar je bil pri tem vsak nekako bolj ali manj prepuščen sam sebi. Šele kasneje so se začela podjetja s podobnimi vsebinami med seboj povezovati in s skupnimi močmi delovati bolj usmerjeno za razvoj stroke.

Na podlagi te pobude je bil ustanovljen Odbor za fluidno tehniko – OFT, delujoč v okviru Splošnega združenja kovinske industrije Slovenije. Namen odbora je bil poudariti potrebo po boljšem sodelovanju vseh podjetij, ki se ukvarjajo z izdelki fluidne tehnike, tako proizvajalcev kot uporabnikov. Želja vseh članov odbora je bila, da vsi po najkrajši poti pridejo do potrebnih informacij, da so te ustrezno urejene in arhivirane za nadaljnjo uporabo, da se dogovorijo za skupne razvojne cilje in konkretne raziskave ter tako na strokovni podlagi kompletirajo proizvodnjo komponent in sistemov fluidne tehnike. V ta namen je bilo izdano tudi strokovno glasilo Bilten OFT in zgornje misli je v uvodni besedi prve številke Biltena OFT zapisal predsednik OFT gospod Viljem Jelen. [1]

Aktivnosti na področju fluidne tehnike so bile v naslednjih letih intenzivnejše, pri čemer po aktivnostih

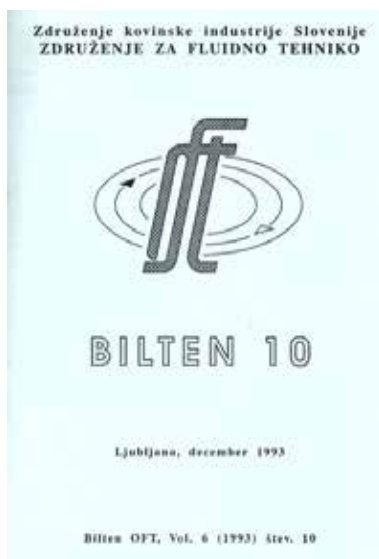
nekako odstopa leto 1993. V tem letu je bilo veliko dogodkov, ki so odločilno vplivali na nadaljnji razvoj tega področja tehnike v Sloveniji: od ustanovitve in preoblikovanja strokovnih združenj, intenziviranja izobraževanja s tega področja in prirejanja seminarjev in posvetov ter tudi povečane prisotnosti mlade generacije raziskovalcev na mednarodnem področju. Ob koncu leta pa smo ustanovili tudi Slovensko društvo za fluidno tehniko (SDFT) z željo povezovati vse, ki so na kakršen koli način povezani s fluidno tehniko. Večina pomembnih informacij od dogajanja na področju fluidne tehnike je bila povzeta v jubilejni deseti številki Biltena (*slika 1*), glasila OFT-ZFT, izdanega v decembru 1993.

Ustanovitev ZFT – Združenje za fluidno tehniko Slovenijo

Kot nadaljevanje aktivnosti s področja fluidne tehnike je bila 17. maja 1993 v Ljubljani v prostorih Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) ustanovna skupščina Združenja za fluidno tehniko Slovenije – ZFT. Združenje je bilo namenjeno predvsem proizvajalcem hidravličnih in pnevmatičnih komponent ter naprav oziroma vsem, ki so bili v tistem času dejavni na področju fluidne tehnike. Skupščina je izvolila tudi »novi« Odbor za fluidno tehniko (OFT), ki je bil izvršilni organ ZFT.

ZFT in OFT sta bila dejansko naslednika uspešnega večletnega dela »starega« OFT-ja, ki je deloval pod okriljem Splošnega združenja kovinske industrije Slovenije. Z ustanovitvijo ZFT je bila uresničena dolgoletna želja, da se lahko uradno včlanimo v CETOP (slov.: Evropski komite za hidravliko in pnevmatiko).

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



Slika 1: Bilten OFT-ZFT, številka 10, 1993

S tem so bili izpolnjeni pogoji, da je to združenje proizvajalcev s področja fluidne tehnike, ki deluje na nacionalnem nivoju, in da je neprofitno združenje, ki nima statusa pravne osebe.

Prvi pogoj je bil izpolnjen z osamosvojitvijo, drugi pa z ustanovno skupščino ZFT. Tako so bili izpolnjeni formalni pogoji, da smo lahko naslednje leto postali polnopravni člani CETOP-a. V tem obdobju (od julija

1992 dalje) smo imeli zgolj dvoletni status članice opazovalke. Razen tega pomembnega pogoja, vezanega na članstvo v CETOP-u, je bilo glavno delo ZFT in OFT povezovanje interesov vseh dejavnikov na področju fluidne tehnike v Sloveniji na gospodarskem, tehničnem in izobraževalnem področju. V ospredju so bile sledeče naloge: standardizacija (uvajanje ISO-standardov), promocija proizvajalcev s področja fluidne tehnike (s katalogi in bilteni ter na sejnih), izobraževanje (seminarji, posveti, sodelovanje z izobraževalnimi ustanovami) ter izmenjava izkušenj in mnenj na področjih razvoja, izdelave in trženja izdelkov. Delo na omenjenih področjih je vodil OFT, ki se je sestajal štirikrat letno, za pokrivanje materialnih stroškov pa je bila določena letna članarina.

Kot je bilo omenjeno, ustanovitev ZFT ni predstavljala samo ustanovitve »nekega« združenja s področja fluidne tehnike, temveč je bil s tem izpolnjen potreben pogoj za polnomočno članstvo in tvorno sodelovanje v mednarodnih organizacijah, kakršna je evropsko krovno združenje CETOP.

Sodelovanje z združenjem CETOP

Že takoj po osamosvojitvi je bilo prepoznano, da se je tudi na področju fluidne tehnike potrebno vključiti v mednarodne organizacije, ki so povezane s tem področjem. Predvsem v CETOP. Kot je bilo rečeno, je bila leta 1992 Slovenija sprejeta v CETOP kot opazovalka, s čimer je že lahko aktivno prisostvovala vsem sejam CETOP-a in prejela različno dokumentacijo, na podlagi katere smo bili dobro seznanjeni z obravnavanimi problemi. [2]

Še posebej zanimive so bile razprave v komisiji za ekonomiko, kjer je večina držav članic poročala o recesiji in splošni gospodarski krizi v tistem obdobju, še posebej v Italiji in Španiji. Zanimivo je to,

da takratne razprave kljub nezavidljivemu stanju niso imele pridiha malodušnosti in vdanosti v usodo, ampak so vsi intenzivno iskali različne izhode iz nastale situacije in izmenjevali dobre prakse ter ukrepe za rešitev iz krize. Takrat so kot nov trg novih priložnosti videli Kitajsko in pa tehnične izboljšave hidravličnih pogonov in krmilij, ki so bile usmerjene v pospešeno uvajanje energetske varčne zasnove krmilja in pogonov (ang. load sensing koncept), pospešeno uvajanje elektrike in elektronike na področju hidravlike (hitrostna regulacija črpalk z elektromotorjem, elektronska regulacija komponent) pa še kaj. Prav tako so se posvetili problemu in prednostim, ki jih prinaša skupni evropski trg. Predvsem se to nanaša na poenotenje tako blaga kot storitev, kar sploh ni bila lahka naloga, saj je bila specifična posameznih držav izredno velika. Veliko razprav se je nanašalo tudi na poenotenje področja izobraževanja in podajanja ustreznih (potrebni) vsebin, vezanih na področje fluidne tehnike.

Prav tako so stekle priprave na izdajo novega direktorija CETOP-a s posodobljenim seznamom članic. V letu 1994, po prenehanju dvoletnega statusa opazovalke, so bila v direktorij vnesena vsa slovenska podjetja s področja hidravlike in pnevmatike, ki so za pripravo seznama poslala vse potrebne podatke. Danes je v direktoriju CETOP-a (zadnja izdaja v letu 2019/20) šest slovenskih podjetij s področja hidravlike, pet s področja pnevmatike in trije laboratoriji, ki izobražujejo na področju hidravlike in pnevmatike. [3]

Nadaljnja pomembna aktivnost CETOP-a je bila (in je še vedno) tudi spremljanje ekonomskih kazalcev s področja fluidne tehnike posamezne članice. Podatki o gospodarskih gibanjih in dosežkih na področju fluidne tehnike so izredno dober pokazatelj trendov, ne samo med članicami v okviru EU, temveč tudi v svetu. Na podlagi teh kazalcev je tudi zastavljen program dela in ukrepov za naslednje obdobje. V današnjem času znaša tržni delež Slovenije okoli 0,2 % celotnega deleža držav Evropske unije, ki so članice CETOP-a. [3] Za prisotnost slovenske fluidne tehnike smo v letu 1993, takrat še kot opazovalka, naredili pomemben korak k polnomočnemu članstvu v CETOP-u, se pričeli pojavljati v direktoriju CETOP-a in spremljati ekonomske kazalce ter trende.

Danes je v CETOP kot uradna organizacija vključena Fluidna tehnika Slovenije (FTS), slovensko združenje proizvajalcev, distributerjev, uporabnikov in izobraževalnih ustanov s področja fluidne tehnike. Poslanstvo pa je ostalo enako, kot je bilo zastavljeno leta 1993: aktivno sodelovanje na področju fluidne tehnike pri vprašanih, kot so zakoni in direktive, terminologija, standardizacija, izobraževanje, izmenjava informacij itd., kot tudi spodbujanje tesnejšega sodelovanja med industrijo in strokovnimi inštituti in univerzami, spremljanje novih tehnoloških trendov in posredovanje informacij vsem svojim članom in širši javnosti.

Prvi slovenski standard s področja fluidne tehnike, spremljanje tehničnih in gospodarskih vidikov razvoja, domača pamet v svetu, izobraževanje in drugo

Že ob koncu leta 1992 je bil najavljen prvi slovenski standard s področja fluidne tehnike. V letu 1993 pa se je začelo zares. Postopek priprave in izdaje standarda je bil določen s posebnim pravilnikom, ki ga je izdal Urad RS za standardizacijo in mero-slovje (USM) pri Ministrstvu za znanost in tehnologijo. Procedura je potekala po fazah nastajanja: od pobude, delovnega osnutka, osnutka, predloga in nato do uradne verzije slovenskega standarda. ZKIS-GZS je najprej podal pobudo za izdajo slovenskega standarda za grafične simbole za hidravliko in pnevmatiko. Pripravljen in usklajen je bil prevod takrat novega standarda ISO 1219-1, s katerim smo se lotili tudi problematike poenotenja slovenskih izrazov s področja fluidne tehnike kot specialnega področja strojništva. Po številnih usklajevanjih v okviru 11- oz. 13-članskega tehničnega odbora, sprejemanju pobude, zagonu postopka, pripravi izdaje slovenskega prevoda je bil kasneje (leta 1998) izdan in vsem zainteresiranim v slovenskem prostoru ponujen standard SIST ISO 1219. [4]

V letu 1993 smo skladno s smernicami ZFT pričeli intenzivneje spremljati razvoj fluidne tehnike v svetu in se primerjati s trendi v naši bližini in po svetu. Že v tem in v vseh naslednjih letih so iz zapisov razvidna velika nihanja razvoja in prometa na področju fluidne tehnike. Za obdobje pred letom 1990 je bilo značilno, da je imela fluidna tehnika strmo gospodarsko rast, visoko nad povprečjem splošne strojegradnje. Že od leta 1990 dalje pa je rast tudi na tem področju pričela upadati in bila nekako v letu 1993 blizu najnižje točke. Posledica je bila splošna globoka kriza v strojegradnji, ne samo v Evropi, temveč širom po svetu. Za Slovenijo je bilo predvsem pomembno spremljanje dogajanja v Nemčiji (še danes je zelo podobno). Tako je recimo v prvi polovici leta 1993 promet upadel za približno 10 %, pri čemer izboljšanja in poživitev razmer za naslednje bližnje obdobje ni bilo moč napovedati. Pojavljali so se problemi neizrabljenih proizvodnih kapacitet, skrajšanje delovnega časa, odpuščanja, nižja investicijska vlaganja in podobno. Vzroke za to so videli v fiskalnih in političnih dogajanjih ter dogajanju na monetarnih trgih. Vsak tak upad rasti je bolj časovno omejeno obdobje, splošen trend rasti področja fluidne tehnike je v daljšem obdobju še vedno bil pozitiven. [5]

Je pa res, da se v takšnih obdobjih intenzivneje iščejo rešitve tako na nacionalnem kot mednarodnem nivoju. Slednje vodi do večjih aktivnosti na področju razvoja in raziskav. V tistem obdobju so rešitve iskali predvsem v večji integraciji mikroelektronike in senzorike v sistemih in komponentah fluidne tehnike, ki bi pripeljala do povsem novih rešitev, novih področij uporabe in predvsem dvignila konkurenčnost glede na druge pogonske tehnike. Rešitev je bila tudi višja kakovost postopkov obde-

lave, ki je tesno povezana z natančnostjo in dinamično delovnih gibov strojev in naprav. Prav tako se je pojavila zahteva po ukrepih za snovanje energetske bolj varčnih pogonov, saj so sistemi fluidne tehnike že pregovorno energetske zelo potratni.

Tem aktivnostim smo sledili tudi raziskovalci v Sloveniji. Tako je pri pregledu bibliografskih podatkov moč zaslediti kar precej objav in poročanj o dosežkih slovenskega razvoja in raziskav tako na domačih kot na mednarodnih posvetih, v bližnji okolici ali bolj oddaljenih krajih. Naj jih ob tej priložnosti nekaj naštejemo: Montaža in proizvodna logistika; stanje in prihodnji razvoj (Skubic, Noe; Slovenija), Self-organizing Fuzzy Controller for Electrohydraulic drives (Detiček, Kastrevc, Kiker; Madžarska), Modeling and simulation of a pneumatic drive using an adiabatic model (Herakovič, Duhovnik, Noe, Petkovič; Madžarska), Application of Non-Involute Spur Gears in Hydraulic Gear pumps (Hlebanja, Stušek, Resman; Madžarska), Mehrzweckige Modellbildung von Axialkolben Verstellpumpen (Lovrec, Kiker, Hochleitner), Self Learning Fuzzy Controller for electrohydraulic Drives (Detiček, Kastrevc, Kiker, Lovrec; Kitajska), Electrohydraulic Servo Drive Control System using Fuzzy Logic Controller (Detiček, Faber; Nemčija), Aktive elektrohydraulische Lastpendelampfung von Containerkrane (Lovrec, Detiček; Nemčija), Influence of Frequency and Amplitude Oscillation on Surface damage in Line contact (Pezdirnik, Vižintin; Francija). [6], [7]

Navedeni prispevki dokazujejo raziskovalno usmerjenost slovenskih raziskovalcev v tistem času in tematike, s katerimi smo se v tistem obdobju ukvarjali. Pri pregledu avtorjev pa vidimo, da smo se že takrat uspešno povezovali med različnimi oddelki in ustanovami, s strokovnjaki z različnih področij in tudi mednarodno z univerzami iz tujine. To povezovanje strokovnjakov in predstavitev lastnih dosežkov tako doma kot v tujini poteka tudi danes, le da je raziskovalcev več, rezultatov in objav več, teme pa so vezane na reševanje problemov, značilnih za današnje smeri raziskav.

Ustanovili smo Slovensko društvo za fluidno tehniko

Konec leta 1993 je zaznamoval še en zelo pomemben dogodek za fluidno tehniko v Sloveniji: ustanovili smo Slovensko društvo za fluidno tehniko - SDFT. Ustanovitev SDFT je bila sad večletnih prizadevanj strokovnjakov s področja fluidne tehnike kot tudi želje Zveze strojnih inženirjev in tehnike Slovenije (ZSITS), da svoje strokovno delo vsebinsko in organizacijsko še poživijo. Ustanovni občni zbor je potekal 18. novembra 1993 na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani (*slika 2*).

Priprave na ustanovitev društva je vodil petčlanski iniciativni odbor, imenovan na redni letni skupščini maja 1993. Dogovorjena je bila oblika organiziranosti, opredeljeni so bili namen, cilji in glavne naloge društva ter pripravljen predlog pravil (statut) dru-

štva. Na ustanovnem občnem zboru je bilo zbranih 30 kolegov, ki so za prvega predsednika izvolili mag. Antona Stuška in tudi druge člane izvršilnih organov društva za prvo mandatno obdobje. [8]

Glavni namen društva je bil – in je še danes – sodelovanje in povezovanje na področju stroke, predstavitve nadaljnjega napredka raziskav ter razvoja in uporabe fluidne tehnike. S tem so bili določeni osnovni cilji društva: prizadevanje za povečano in načrtno medsebojno izmenjavo znanja in izkušenj, povečana učinkovitost dela, varčevanje z energijo in zaščita delovnega okolja za dvig splošnega blagostanja v državi ter osebnega zadovoljstva članov z uspešnim strokovnim delom. Vest o ustanovitvi SDFT je bila objavljena v strokovnih revijah in biltenu OFT. [9], [10]

Tako je bilo zapisano, da bo izpolnitev zastavljenih ciljev mogoča samo z izpolnjevanjem nalog društva, med katerimi so bile kot najpomembnejše omenjene sledeče:

- ▶ prizadevanje za ustrezno zastopanost fluidne tehnike v programih rednega strokovnega izobraževanja,
- ▶ lastna organizacija in podpora vsem oblikam dopolnilnega izobraževanja na področju fluidne tehnike in z njo povezanih področij,
- ▶ organizacija strokovnih srečanj, kot so tečaji, seminarji in posveti,
- ▶ javno objavljane in izmenjava strokovnih informacij,
- ▶ sodelovanje pri pripravi nacionalnih in mednarodnih standardov, priporočil in tehničnih predpisov ter skrb za slovensko tehniško izrazoslovje,
- ▶ vzpodbujanje mladih za študij in strokovno delo na obravnavanem področju, tudi z uvedbo ustreznih priznanj in nagrad, ter
- ▶ vse druge dejavnosti, ki so usmerjene k napredku fluidne tehnike.

Pred tridesetimi leti zapisanim in zastavljenim ciljem društvo sledi in jih izpolnjuje tudi danes. Med pomembne dejavnosti štejemo tudi strokovna predavanja in strokovne ekskurzije v slovenska podjetja in tujino.

Prav tako pa društvo tesno sodeluje z danes že upokojenimi člani, ki so bili pred tridesetimi leti »gonilna sila« različnih strokovnih združenj in aktivni pri nalogah in dogodkih, omenjenih v tem prispevku – to so t. i. člani Foruma fluidne tehnike. Teh dogodkov se bomo skupaj spomnili tudi v okviru Svečane akademije SDFT, ki bo potekala 21. septembra 2023 v nadaljevanju mednarodne konference Fluidna tehnika 2023.

Viri

- [1] Kopač, M.: Usmeritve ZFT, Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 4–5, december 1993.
- [2] Jeromen, F.: Sodelovanje z Združenjem CETOP,



Slika 2 : Izsek dokumenta Pravila SDFT iz leta 1993

- [3] Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 7–10, december 1993.
- [4] CETOP Directory, spletni vir dosegljiv na <https://www.cetop.org/directory/>; (10. 6. 2023).
- [5] Marolt, A.: Pripravlja se Slovenski standard za grafične simbole hidravlike in pnevmatike, Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 5–7, december 1993.
- [6] Detiček, E., Lovrec, D.: Fluidna tehnika na poti sprememb – Tehnični in gospodarski vidiki razvoja, Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 24–30, december 1993.
- [7] Lovrec, D., Detiček, E.: Delovanje slovenskih raziskovalcev in drugih strokovnjakov na področju fluidne tehnike, Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 31–33, december 1993.
- [8] Stušek, A.: VIII. mednarodna konferenca PNEU-HIDRO '93 v Miskolcu na Madžarskem, Bilten OFT, št. 10, Združenje kovinske industrije Slovenije, Ljubljana, str. 33–35 december 1993.
- [9] Dokumentacija iz arhiva SDFT (od 1993 dalje).
- [10] Stušek, A.: Ustanovili smo Slovensko društvo za fluidno tehniko, Bilten OFT, str. 36. ISSN 1408-2411, 1993, COBISS.SI-ID 1655067.
- [10] Stušek, A.: Ustanovili smo Slovensko društvo za fluidno tehniko, Strojniški vestnik.. 1993, let. 39, št. 11/12, str. 335. ISSN 0039-2480, COBISS. SI-ID.

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO Z NOVO RAZISKOVALNO OPREMO ŠE VEČ MOŽNOSTI VRHUNSKIH RAZISKAV IN SODELOVANJA Z INDUSTRIJO – 3. DEL

Tanja Potočnik Mesarić

Pridobivanje in izvajanje vrhunskih nacionalnih in mednarodnih raziskav, objave v najprestižnejših revijah ter sodelovanje s širokim krogom partnerjev iz gospodarstva ne bi bile mogoče brez investicij v raziskovalno opremo. Zato Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani namenja posebno pozornost vsakoletnim investicijam v najmodernejšo raziskovalno opremo, ki je velikokrat edinstvena ne le v slovenskem, temveč tudi mednarodnem prostoru.

V tokratnem prispevku nadaljujemo s predstavitvijo raziskovalne opreme (Paket 20), ki je del rekordne investicije v raziskovalno opremo na Fakulteti za strojništvo.

Oprema za raziskave pametnih 3D natisnjenih vibracijsko in temperaturno obremenjenih struktur

Raziskovalna oprema je sestavljena iz treh komponent: iz temperaturne/klimatske komore za stresalnik, laserskega merilnega sistema za visokofrekvenčno brezkontaktno merjenje ter piezoojačevalnika za relativno visoke frekvence in moči in znatno nadgrajuje testne sposobnosti obstoječega elektrodinamičnega stresalnika.

Opremo bodo raziskovalci uporabljali zlasti za temperaturne raziskave 3D natisnjenih dinamičnih senzornih elementov in aktuatorjev. Piezoojačevalnik je potreben za vzbujanje piezoelektričnih aktuatorjev, laserski merilnik za merjenje vibracijskega odziva, temperaturna/klimatska komora pa za ustvarjanje temperaturnih pogojev.

Podobne raziskovalne opreme v povezavi z elektrodinamičnim stresalnikom v slovenskem raziskovalnem prostoru ni na voljo, z njo pa bodo raziskovalci



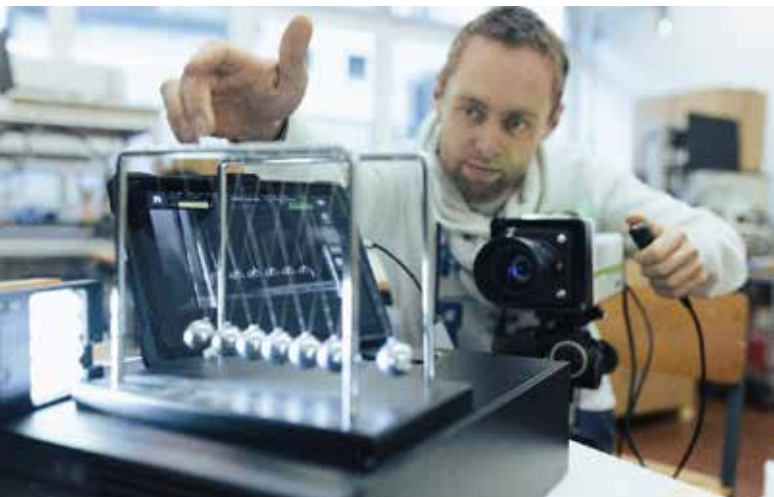
Slika 1: Oprema za raziskave pametnih 3D natisnjenih vibracijsko in temperaturno obremenjenih struktur

lahko izvedli prelomne raziskave, ki jih bodo lahko prenesli v slovensko razvojno naravnano industrijo.

Hitro tekoča video kamera

Osnovna funkcija hitro tekoče kamere je zajemanje slik z zelo veliko frekvenco. Če je klasična frekvenca zajemanja, npr. snemanje z video kamero, 30 slik na sekundo, je mogoče s hitro tekočo kamero snemanje z nekaj tisoč slikami na sekundo pri polni HD ločljivosti pa vse do nekaj sto tisoč slik na sekundo pri ustrezno manjših ločljivostih. Hitro tekoča ka-

Dr. Tanja Potočnik Mesarić, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

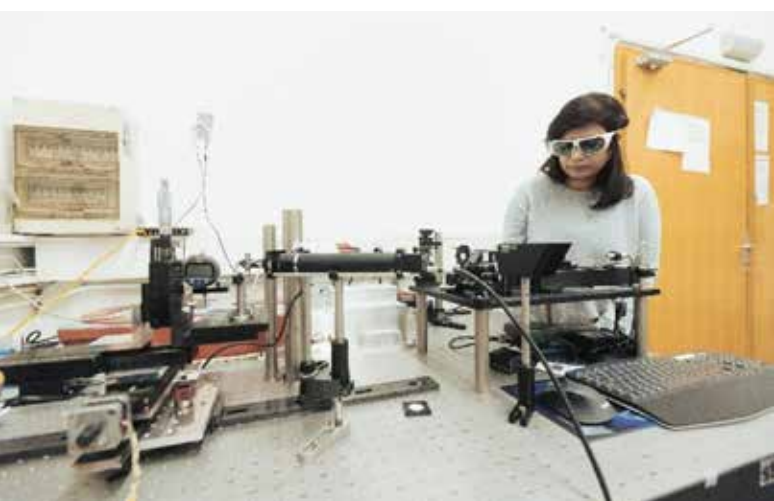


Slika 2 : Hitro tekoča kamera z veliko frekvenco zajemanja slik

mera zato raziskovalcem omogoča beleženje zelo hitrih dogodkov, kot so trki teles, gibov, eksplozij itd. Hkrati posnetek služi kot vir zelo pomembnih podatkov za študij in raziskave. Tako se iz serije posnetkov lahko določi trajektorija gibanja, čas trajanja trka (čas med zajetimi slikami je znan) in študirajo mehanika ter mehanizmi zelo hitrih dogodkov.

Na Fakulteti za strojništvo se kamera uporablja za raziskovanje fenomenov, vezanih na trke, mehanska gibanja, utrujanje materiala in lome. Hitro tekoča kamera mora zato izpolnjevati zahtevane specifikacije in omogočati izvajanje namenskih preizkusov:

- ▶ opazovanje in študije trkov deformabilnih teles pri povišanih hitrostih (npr. preoblikovanje – »crash« testi) do meje hitrosti zvoka,
- ▶ opazovanje in študije mehanizmov utrujanja nekovinskih gradiv (metoda digitalne korelacije slik),



Slika 3 : Laserski sistem z velikim razponom repeticije ultrakratkih bliskov s spremenljivo dolžino za raziskave v optodinamiki

- ▶ opazovanje preizkusov trdnosti tehničnih polimernih materialov (kompoziti in polimeri z dodatnimi ojačitvami, 3D tiskani kosi),
- ▶ opazovanje preizkusov nosilnosti in zdržljivosti hibridnih (polimer-kovina) in kovinskih spojev (točkovni zvari, laserski zvari, lotani/lepljeni spoji, TOX-spoji itn.),
- ▶ snemanje in analiza hitro tekočih tehničnih procesov (vrtenje in mehanizmi).

Laserski sistem z velikim razponom repeticije ultrakratkih bliskov s spremenljivo dolžino za raziskave v optodinamiki

Raziskovalci Fakultete za strojništvo delujejo tudi na interdisciplinarnem raziskovalnem področju optodinamike. Znotraj tega področja so raziskave in razvoj usmerjeni v tri sklope s posameznimi specifičnimi cilji: optodinamski vidiki interakcije svetloba-snov, optodinamika laserskih obdelovalnih in drugih procesov ter optodinamika laserskih medicinskih posegov.

Ena izmed pomembnih lastnosti novega laserskega sistema je bistveno boljši električni izkoristek v primerjavi z ostalimi obstoječimi laserskimi viri, poleg tega pa laserski sistem z ultrakratkimi bliski omogoča skalabilno obdelavo površin brez uporabe kemikalij.

Spreminjanje frekvence bliskanja od posameznih bliskov do več deset milijonov bliskov v sekundi je ključnega pomena za širok spekter industrijskih in bazičnih raziskav. Zato se raziskovalci na Fakulteti nadejajo, da bo raziskovalna oprema omogočila doseči preboj na področju laserskih mikroobdelav različnih materialov ter nove pristope in razvoj novih visokotehnoloških produktov, ki bodo zanimivi tudi za partnerje iz gospodarstva.

Za vsa dodatna vprašanja v zvezi z opremo in možnostmi sodelovanja se lahko obrnete na rr@fs.uni-lj.si.



USPEH ŠTUDENTOV UNIVERZE V LJUBLJANI NA MEDNARODNEM TEKMOVANJU BREZPILOTNIH LETAL V ZDA

Igor Petrovič

Na letošnje tekmovanje v snovanju, gradnji in letenju daljinsko vodenih brezpilotnih letal DBF (Design/Build/Fly – Zasnuj/Izdelaj/Leti), ki ga organizira Ameriški inštitut za aeronavtiko in astronautiko (AIAA) ob podpori Textron Aviation in Raytheon Missiles & Defense, sta se iz Slovenije prijaviли ekipa Univerze v Ljubljani in ekipa Univerze v Mariboru. Ekipa študentov Univerze v Ljubljani: DBF Edvard Rusjan Team Slovenija je osvojila 2. mesto, študentje Univerze v Mariboru pa 49. mesto v konkurenci 99 univerz iz 14 držav. Tekmovanje je potekalo med 13. in 16. aprilom 2023 v Tucsonu (Arizona, ZDA).



Slika 1: Del ekipe DBF Edvard Rusjan Team Slovenia (UL), ki se je udeležila tekmovanja v ZDA.

Glavna vodila tekmovanja so omogočiti študentom aplikacijo relevantnih inženjskih konceptov na primeru snovanja in izdelave daljinsko vodenega brezpilotnega letala, učenja novih tehničnih veščin

Dr. Igor Petrovič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

in veččin vodenja ter reševanja problemov kot tudi mreženja s potencialnimi delodajalci. To organizatorji dosežejo tako, da vsako leto razpišejo nove naloge, ki jim mora letalo zadostiti. Naloge so objavljene konec septembra, ko pričnejo ekipe analizirati nove zahteve. Na ta način od ekip zahteva vedno nove pristope in znanja, ki pa lahko temeljijo na preteklih izkušnjah. Zaradi tega je tudi zaželeno, da del ekipe predstavljajo študentje z izkušnjami iz

preteklih let, del pa je novih mlajših študentov. Taka je bila tudi sestava letošnje ekipe UL (*slika 1*).

Ekipo UL sestavljajo študentje in študentke Fakultete za strojništvo, študent Biotehniške fakultete, študent Fakultete za računalništvo in informatiko ter študent Ekonomske fakultete. Od 2008, ko se je takratna ekipa študentov Fakultete za strojništvo prvič udeležila tekmovanja, je opazen velik napredek na področju izboljšanja konstrukcije letala in tehnologij izdelave ter medijske prepoznavnosti in pridobivanja sponzorjev in donatorjev. Ker sta razvoj in izdelava takšnega letala precej kompleksna procesa, znotraj ekipe deluje več delovnih skupin. Vsaka je zadolžena za svoje področje: računalniške simulacije, snovanje in modeliranje, testiranje in elektronika, gradnja, finance in odnosi z javnostmi. Vsako leto ekipa glede na časovne in finančne zmožnosti izdelava več prototipov letala. Člani ugotovijo pomanjkljivosti, ga izboljšajo in nato izdelajo tekmovalno letalo.

Letošnja tema nalog, ki jih je moralo opraviti letalo, je bila elektronsko bojevanje. To je aktualno tako na vojnih območjih po svetu kot npr. tudi pri doseganju varnosti na letališčih ob vdoru UAS v letalski zračni prostor, kjer bi ciljno delovanje letala lahko preprečilo velike finančne izgube letališč in letalskih operaterjev. Zahteve so bile razdeljene v 1 nalogo na tleh in 3 letalne naloge. V nalogi na tleh je moral UAS 30 s zdržati čim večjo masno obremenitev, aplicirano na območju trupa, brez vidnih poškodb strukture letala ter s prikazom polnega odklona vseh krmilnih površin. Prva letalna naloga je bil let UAS v osnovni konfiguraciji, kjer mora prikazati, da dosega osnovne zahteve ter dokonča 3 tekmovalne kroge znotraj 5 min časovnega okna. V drugi letalni nalogi »opazovalnega leta« je moralo letalo v 10 min opraviti čim večje število krogov s čim težjim koristnim tovorom. Tretja letalna naloga »elektronsko motenje v letu« je zahtevala let 3 tekmovalne kroge v čim krajšem času s pritrjeno čim daljšo anteno na koncu krila. Vsaka



Slika 2 : Prvi prototip za določanje letalnih lastnosti

naloga je točkovana po posebni formuli, seštevek doseženih točk pri nalogah pa se množi s številom točk, doseženih pri končnem poročilu. Tako dosežen končni razpored točk je uporabljen za končno razvrstitev ekip.

Ker tekmovanje pridobiva na popularnosti pri študentih po celem svetu, so organizatorji morali omejiti število tekmovalcev. Zato je postavljen prvi rok konec oktobra, do katerega morajo ekipe poslati poročilo o do tega roka opravljenem delu, predstavijo svoj pristop in organiziranost, začetni koncept letala in načrt izdelave ter testiranja na 5 straneh. Pravočasno je predloge oddalo 135 ekip, od katerih jih je prvih 110 pridobilo pravico udeležbe na tekmovanju v ZDA. UM je s poročilom zasedla 3 mesto, UL pa 93, tako da sta se obe ekipi uvrstili na tekmovanje.

Sledil sta bolj podroben pregled zahtev posameznih nalog in izboljšanje numeričnih modelov, s katerimi smo določali glavne parametre letala, ki najbolj vplivajo na končno točkovanje. Poleg zahtev v nalogah, ki jih je moralo opraviti letalo, so bile podane tudi splošne zahteve, ki so omejevale končni koncept letala. Nekaj glavnih omejitev glede definicij nalog je bila tudi omejitev škatle, v kateri mora biti letalo z vso pripadajočo opremo: seštevek širine, višine in dolžine škatle mora biti manjši od 157,48 cm (62,00 in); največja masa polne škatle je 22,68 kg (50,00 lb). Letalo mora imeti 2 para levih in desnih kril. Letalo mora vzleteti na dolžini 18,29 m (60 ft), največja dovoljena skupna kapaciteta baterije je 100 Wh. Sestavljanje letala mora biti hitrejšo kot v 5 min. Poleg teh omejitev so bile podane še ostale, vendar so bile našteje najbolj omejujoče za naš koncept letala.

Rezultati analiz v ekipi razvitega numeričnega modela tekmovanja so pokazali, da bi za doseganje najboljšega skupnega rezultata morali zasnovati letalo, ki bi bilo hitro, lahko, s čim večjo možno obtežbo pri talni nalogi in s čim daljšo anteno. S temi zahtevami je bil zasnovan končni koncept letala, vmes pa sta bila izdelana delna prototipa (*slika 2*), ki sta omogočala meritve posameznih obremenitev za validacijo numeričnih modelov in karakterizacijo uporabljenih metod in materialov. Pri detajlnem snovanju za nalogo na tleh je moralo letalo zdržati čim večjo obtežbo. Za obremenitveni preizkus je ekipa morala razviti stojalo in zagotoviti uteži, ki jih je morala namestiti na letalo. To je predstavljalo dodatni logistični problem, saj je bilo potrebno opremo na tekmovanje pripeljati z letalom oziroma stvari kupiti tam. Poleg detajlnega modeliranja pritrditve letala na podpore, ki bi delno prenašalo obtežbo, ter pritrditve za uteži, ki bi letalo čim manj obremenilo, je bilo veliko poudarka namenjenega razvoju posebnega glavnega nosilca krila, ki bi ustrezal zahtevam (*slika 3*). Poleg velike nosilnosti je bilo željeno, da je nosilec čim lažji, hkrati pa je moral zagotoviti hitro sestavljanje letala, ki je zloženo v škatli. Dolžino antene v 3. letalni nalogi ob primerni izbiri motorja s propelerjem, ki

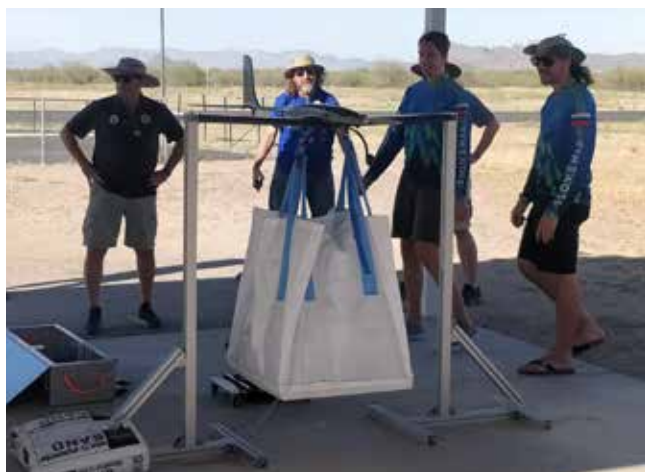


Slika 3 : Detajl trupa (levo) in krila (desno)

bi aerodinamično oblikovanemu letalu zagotavljal veliko hitrost letenja, sta glede na izračune omejevala dolžina škatle in izbrani pogonski sklop. Ugotovljeno je bilo, da odziv antene (PVC-cev premera 21,3 mm, debeline stene 2,8 mm), ki je pri teh hitrostih relativno deformabilna, ne povzroča kritičnih obremenitev na letalo, vendar zahteva izkušenega pilota, ki upošteva vpliv dodatnega upora antene. Ker je bil v ekipi izkušen pilot, se temu ni dajalo preveč poudarka.

Ob določitvi končnih dimenzij in oblike je bilo potrebno letalo izdelati in dodatno testirati ter natrihati. Izdelava letala je potekala v Odprtem laboratoriju FS ter v Zavodu 404. Zahtevala je velik delež ur celotnega dela na letalu. Najprej so bili izdelani kalupi, ki so omogočali natančno polaganje tkanine. Letalo je bilo izdelano pretežno iz karbonskih vlaken, delno pa tudi iz steklenih vlaken s postopkom mokre ročne laminacije z vakuumiranjem v vreči ter s končno fino obdelavo.

Za tekmovanje je bilo potrebno izdelati končno poročilo, ki je zajemalo celoten postopek snovanja,



Slika 4 : Naloga na tleh - letalo vsaj 30 s zdrži obremenitev, ki je aplicirana v področju trupa.

gradnje in testiranja letala s pripadajočo tehnično dokumentacijo in je obsegalo do 60 strani. Ocena poročila je imela velik vpliv na končno oceno, saj so končne točke vsake naloge množene s točkami poročila. Poročilo je bilo potrebno oddati do konca februarja, kar je sovpadalo tudi z izpitnim obdobjem, ko je visoka pedagoška obremenitev študentov. Kot vsako leto je bilo poročilo z nekaj iteracijami popravkov oddano v roku. Po recenziji poročil je UL dosegla 7. mesto, UM pa 44. mesto. Ta uvrstitev je določala vrstni red na tekmovanju.

V ZDA je ekipa odpotovala nekaj dni pred tekmovanjem, saj so bile poznane komplikacije iz preteklih let zaradi izgubljene prtljage in ostalih nevšečnosti, ki lahko vplivajo na udeležbo. Na dan tekmovanja so morale ekipe najprej opraviti tehnični preizkus letala ter predložiti video leta letala kot dokaz, da je letalo že preizkušeno v zraku in sposobno letenja. Sledil je pregled ključnih varnostnih zahtev na letalu. Po odobritvi sodnikov so ekipe opravljale nalogo na tleh. Da ne bi bilo potrebno popravljati letala in bi lahko opravili tudi letalne naloge, smo letalo obremenili z manjšim deležem predhodno testirane največje obremenitve. Pri tej nalogi je letalo zdržalo 145 kg obremenitve v vreči (*slika 2*). Zaradi relativno lahkega letala glede na druge ekipe in veliko obremenitev smo bili uvrščeni na prvo mesto pri tej nalogi in hkrati tudi na skupno prvo mesto, saj ekipe še niso dokončale veliko nalog.

Drugi tekmovalni dan je bilo vetroven z napovedjo, da naj bi se veter naslednji dan umiril. Zato smo opravili samo prvo letalno nalogo, pri kateri (*slika 3*) smo dosegli vse minimalne kriterije in letalo pripravili za naslednji dan. Ker je bilo poročilo dobro ocenjeno in smo z letenjem pričeli, preden so vse ekipe naredile tehnični pregled, smo sklepali, da bomo prišli na vrsto večkrat in takrat izboljšali rezultat.

Tretji tekmovalni dan je bil veter močnejši od napovedi. Jakost vetra sicer ni bila premočna, vendar bi lahko ogrozila let pri 2. letalni nalogi, saj letalo s konfiguracijo za to nalogo ni bilo zmožno leteti 10 min,



Slika 5 : Atlas v letu – tekmovalno letalo skupine DBF Edvard Rusjan Team Slovenia v čisti konfiguraciji

ker je bilo zasnovano za doseganje čim boljšega rezultata pri nalogi na tleh in pri 3. letalni nalogi. Poleg sunkov vetra so se na območju tekmovanja pojavljali tudi manjši peščeni vrtinci, ki bi bili za letalo lahko uničujoči. Zato smo v drugi nalogi odleteli na 80 % predhodno izračunanih vrednosti. Tako smo odleteli 11 krogov z 1,70 kg koristnega tovora. V tem dnevu nismo več prišli na vrsto za letenje, smo pa čas izkoristili za pripravo letala za zadnji dan, spoznavanje drugih ekip in opazovanje njihovih letal.

V zadnjem tekmovalnem dnevu smo opravili 3. letalno nalogo, kjer smo s 98,5 cm dolgo anteno na koncu krila (*slika 4*) odleteli 3 kroge. Pilot je v prvem krogu uspešno natrimal letalo, preostala 2 kroga pa zelo hitro odletel in dosegel skupni čas 80 s. To nas je v tej nalogi uvrstilo na 1. mesto skupaj z ekipo RWTH Aachen. Slabše točkovanje v 2. nalogi pa nas je uvrščalo na skupno 2. mesto. Za preostanek zadnjega dneva je bila naloga jasna – obremeniti letalo do 90 % testirane obremenitve pri nalogi na tleh. To bi nas postavilo na 1. mesto, kjer nas glede na podatke iz opazovanja drugih ekip najverjetneje ne bi mogli prehiteti. Pri tem poskusu pa se ni izšlo po načrtu, ker je glavni nosilec popustil in letalo ni zdržalo obremenitve. Čeprav se je ekipa zbrala v tekmovalnem šotoru in v kratkem času popravila nosilec, da bi poskusili izboljšati še oceno 2. letalne naloge, kjer smo po izračunih ugotovili, da je bilo še precej rezerve. Ko smo prišli na vrsto za letenje med zadnjimi ekipami tega dneva in je bil zaradi sunkov vetra v zadnjem krogu neuspeh prilet, je letalu pri izvedbi ponovnega prileta zmanjkalo baterije, zato je pilot izvedel izvenletališki pristanek. Izkušnost pilota je omogočila, da je bilo letalo nepoškodovano, vendar poskus ni štel za veljavnega.

S temi rezultati je ekipa dosegla končno drugo mesto za zmagovalno ekipo iz RWTH Aachen in pred tretjevrščeno Embry-Riddle Aeronautical University. Zaostale so tudi druge bolj znane univerze, kot npr. Virginia Tech, University of Washington, MIT



Slika 6 : Konfiguracija za 3. letalno nalogo – 98,5-centimetrska antena, pritrjena na koncu krila

(Massachusetts Institute of Technology), Stanford University, Georgia Tech, ... Glavne prednosti, ki so nam prinesle dober uspeh, so predvsem motiviranost ekipe, odličen prenos in nadgradnja znanja iz preteklih let in dobra razdelitev nalog med člani. Pomembno je poudariti, da je bil uspeh na tekmovanju dosežen ob nižjih finančnih zmožnostih ekipe v primerjavi z večino ostalih dobrih ekip.

Ob koncu tekmovanja je ekipa bogatejša za nove izkušnje, s katerimi bo lahko v prihodnje še bolj konkurenčna pri tem tekmovanju, hkrati pa bodo izkušnje lahko uporabljene pri izzivih na nadaljnji karierni poti članov. Iz tega sklepam, da je bila udeležba na tekmovanju velik doprinos k razvoju članov ekipe ter izboljšanju prepoznavnosti Univerze v Ljubljani ter Slovenije v mednarodnem prostoru. Ekipa že usmerja moči v analizo tokratnih izkušenj ter iskanja novih članov in sponzorjev, da bi v prihodnjem letu dosegla podobno dober rezultat.

V ekipi so letos sodelovali študentje: Luka Kambič, Aljaž Ravnikar, Teo Stupar, Mohor Lotrič, Jan Gnamuš, Miha Krajnc, Luka Slapničar, Gregor Kljun, Blaž Breznik, Jakob Erhatic, Miha Kambič, Matic Kravos, Ines Velič, Tit Jerman, Rok Merše, Kristina Novak, Matej Pevc in Urban Pušnik. Pilot je bil Timotej Hofbauer, vodja ekipe Jaka Jeršin, mentor pa dr. Igor Petrovič ob podpori Gašperja Krivica in Vida Puglja.

Radi bi se zahvalili vsem podpornikom: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Javni študentski, razvojni, invalidski in preživninski sklad Republike Slovenije; Zavod 404; Mestna občina Ljubljana; Elan Composites; Pipistrel Aircraft; Odprti laboratorij FS; LiPo.si; ElevonX; Plastika Trček; Tuli Ljubljana; Martin Godnič; Domel; Durokem; SK Škrlj; Mirnik TG; Tris in Tris, ki so pripomogli k snovanju in izdelavi letala ter finančno podprli stroške udeležbe na tekmovanju.

RAZLIČNI POGLEDI NA PRIHAJAJOČO NOVO INDUSTRIJSKO PARADIGMO

Janez Škrlec

Digitalna transformacija proizvodnih industrij se danes osredotoča na avtomatizacijo, medsebojno povezljivost in optimizacijo procesov v realnem času z uporabo omogočitvenih digitalnih tehnologij, kot so internet stvari (IoT), strojno učenje (ML), umetna inteligenca (AI), kibernetski fizični sistemi (CPS), računalništvo v oblaku, aditivna proizvodnja (AM), digitalni dvojčki, kibernetska varnost in drugo.



Nova industrijska paradigma (J. Š.)

Z drugimi besedami: temu lahko rečemo informatizacija proizvodnje, v kateri so napredne digitalne tehnologije tesno povezane z industrijskimi stroji in procesi. Medsebojno povezovanje teh tehnologij v proizvodni sistem je namenjeno doseganju opera-

tivne učinkovitosti, produktivnosti in avtomatizacije v največji možni meri. To pa posledično ustvarja proizvodni ekosistem, ki je pameten, povezan in ga poganjajo veliki podatki (BD). Če danes analiziramo dostopne industrijske podatke, je svet nekje sredi četrte industrijske revolucije, v kateri je nešteto prelomnih digitalnih tehnologij povezanih z različnimi industrijskimi stroji in procesi za zbiranje podatkov in vzpostavitev komunikacijskih kanalov med njimi

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

in za zagotavljanje izdelkov po nižji ceni. Integracija različnih inteligentnih strojev in procesov s pomočjo digitalnih in računalniških tehnologij ustvarja ekosistem, ki je povezan, pameten in agilen. Iz številnih razprav je mogoče sklepati, da se je industrija 4.0 osredotočila na izboljšanje dobička, upoštevajoč izključno kakovost izdelkov in učinkovitost procesov z uporabo različnih digitalnih tehnologij. Vendar pa je v veliki meri zanemarljiva potreba po človeški inteligenci in ni priznala pomembnega vpliva digitalnih tehnologij na okolje in družbo.

Kdaj bi lahko prešli v industrijo 5.0 ali družbo 5.0?

Danes, ko mala in srednje velika podjetja šele spoznavajo potencialne prednosti tehnologij industrije 4.0, so vodilni v industriji že začeli predstavljati, kakšna naj bi v resnici bila industrija 5.0. Njihovo skupno mnenje odraža potrebo po vrnitvi človeškega pristopa k digitalnim tehnologijam za zagotavljanje personaliziranih izdelkov. Nekateri industrijski stratezi pa menijo, da bi bilo idealno, če bi prihajajočo industrijsko revolucijo imenovali kar »industrija 4.0S«, »trajnostna industrija 4.0« ali »družba 5.0«. Številne industrije, ki so tesno povezane z digitalnimi tehnologijami, so pripravile različne definicije za bližajočo se peto industrijsko revolucijo. Evropska komisija je industrijo 5.0 označila za vizijo industrij, ki razmišljajo dlje od povečevanja produktivnosti in učinkovitosti ter prispevajo k družbi s postavitvijo delavcev v središče proizvodnega procesa. Poudarek pa naj bi bil na raziskavah in inovacijah, ki so trajnostne, osredotočene na človeka. Esben H. Østergaard, tehnični direktor podjetja Universal Robots, je industrijo 5.0 označil za preobrazbo množičnega prilagajanja, ki ga omogočajo tehnologije industrije 4.0, v množično personalizacijo in jo zato označil za revolucijo »človeškega dotika«. Napoveduje tudi vrnitev načina proizvodnje, ki je podprt s tehnologijami, v katerih ima človek ključno vlogo. S sodelujočimi roboti ali koboti je bil ponovno poudarjen pomen vrnitve ljudi v proizvodni proces za zagotavljanje personalizacije. Nexus Integra, ponudnik storitev na področju velikih podatkovnih in industrijskih platform IoT in IIoT, opredeljuje industrijo 5.0 kot »naslednji korak, ki vključuje spodbujanje sodelovanja med vedno močnejšimi in natančnejšimi stroji ter edinstvenim ustvarjalnim potencialom človeka«. Global Electronic Services definirajo industrijo 5.0 kot »revolucijo, v kateri se človek in stroj uskladi in najdeta načine za sodelovanje za izboljšanje učinkovitosti proizvodnje«. Levity, ponudnik storitev na področju umetne inteligence, industrijo 5.0 označuje kot nekaj, kar »dve glavni stebri industrije 4.0, avtomatizaciji in učinkovitosti, doda osebno človeško noto«. Nanaša se torej na ljudi, ki delajo skupaj z roboti, pametnimi stroji in tehnologijami. Frost & Sullivan imenuje industrijo 5.0 kot »model naslednje stopnje industrializacije«, za katero so značilne vrnitev delovne sile v tovarne, porazdeljena proizvodnja, in-

teligentne dobavne verige in hiperprilagoditev, vse pa je namenjeno zagotavljanju prilagojene uporabniške izkušnje. Združenje za napredno avtomatizacijo je napovedalo, da bo potreba po večji prilagoditvi in personalizaciji spodbudila peto industrijsko revolucijo, ki bi se vrtela okoli večjega sodelovanja med stroji in ljudmi, da bi spoznali dvojne prednosti kognitivnega računalništva in človeške inteligence. Andreas Eschbach, ustanovitelj in izvršni direktor ponudnika programskih rešitev, pravi, da bi bila industrija 5.0 razvoj v proizvodnem procesu, v katerem bi ljudem pomagali stroji pri uresničevanju dvojne prednosti: natančnosti in kognitivnih sposobnosti. Neil Sharp iz JJS manufacturing, ponudnika proizvodnih rešitev, izpostavlja, da bi bili v industriji 5.0 trije pomembni stebri: razvoj, osredotočen na človeka, trajnost in odpornost. Eric Howard iz Simio LLC, ponudnika programske opreme za simulacijo, je prav tako navedel, da bi bila kombinacija človeških zmogljivosti in avtomatizacije za izpolnitev povpraševanja po personalizaciji gonilo naslednje industrijske revolucije. Ozdemir in Hekim pa sta predlagala, da je industrija 5.0 zelo potreben evolucijski in postopen razvoj, ki temelji na konceptu in praksah industrije 4.0. V središču japonskega modela nove industrijske paradigme pa je »družba 5.0«. V tem konceptu se izpostavlja, kako ustvariti revolucijo, osredotočeno na človeka, da bi dosegli gospodarski razvoj z integracijo fizičnega in kibernetskega prostora.

Novе tehnologije in tehnološki procesi bodo v novi industrijski dobi še pomembnejši

Danes gresta avtomatizacija in robotika skupaj z roko v roki, saj je njun namen neodvisno in učinkovito delo v panogah za izboljšanje produktivnosti. S povezavo robotov v centraliziran računalniški sistem je mogoče nadzirati njihove aktivnosti, kar bi jim pomagalo, da nalogo opravijo brez posredovanja ljudi. Z napredkom v tehnikah strojnega vida izkoriščajo prednosti kamer z visoko ločljivostjo za spremljanje gibanja predmetov v realnem času in izvajanje vizualnih nalog, kot je prepoznavanje in odstranjevanje okvarjenih delov iz proizvodne linije. Čeprav se avtomatizacija in robotika v industriji uporabljata že več desetletij, bi imeli roboti, ki bi se uporabljali v okolju Industrije 5.0, bolj napredne senzorce, krmilne algoritme, podatkovne komunikacijske kanale, sisteme za navigacijo in vodenje ter večje zmoglosti obdelave podatkov. Glavni dejavniki razlikovanja med prejšnjo in sedanjo generacijo robotov so njihove zmoglosti samoučenja, prilagodljivost za izvajanje najrazličnejših operacij in okretnost, ki jih podpirajo različne kompleksne nevronske mreže, ki temeljijo na algoritmih, v zadnjem času tudi bionskih. Pomembne aplikacije avtomatizacije in robotike že v industriji 4.0 vključujejo opravljanje zapletenih in nevarnih del, omogočanje nemotene proizvodnje, izboljšanje produktivnosti

in zanesljivosti. Robotska avtomatizacija procesov (RPA) je še ena tehnologija, ki ima ogromne prednosti in primere uporabe pri avtomatizaciji različnih procesov v organizaciji, zlasti pri dejavnostih, povezanih z ERP (Enterprise Resource Planning). Za doseg tega cilja se združijo različne tehnologije, kot so algoritmi AI, prepoznavanje besedila in tehnične jezikovne obdelave in drugo. Med izstopajoče razvojne trende se vključuje tudi mehka robotika, ki je eno od nastajajočih področij v robotiki in se uporablja za izdelavo robotov iz zelo združljivih prožnih materialov, ki lahko posnemajo človeško gibanje (bionski koncepti), aditivna proizvodnja pa igra ključno vlogo kot ključni dejavnik tehnologije. Nekatere aplikacije mehkih robotov v proizvodnem sistemu vključujejo mehke aktuatorje, robotske povezave z nadzorom togosti napihljive robotske roke, prilagodljive prijematke in bionske usmeritve razvoja robotov, npr. humanoidni roboti in drugo. Pametni materiali (zlitine s spominom oblike in polimeri), natisnjeni s tehniko aditivne proizvodnje, razvijejo sposobnost, da so prožni in se odzivajo na okolico s spreminjanjem svojih oblik ali lastnosti, kar povzroči novo tehniko, imenovano »4D-tiskanje«. Uvedba avtomatizacije in robotov v industrijo je ljudem pomagala, da so se osredotočili na dela, ki zahtevajo odločanje, reševanje problemov, intuicijo, prepričevanje ali kognitivne sposobnosti. V zadnjih nekaj desetletjih je tehnologija AM dozorela, kar proizvodni industriji trenutno omogoča tiskanje

zelo zapletenih funkcionalnih delov v katerem koli zahtevnem materialu z zelo visoko natančnostjo in dobro estetiko, kar je ključnega pomena v panogah, kot so vesoljska, biomedicinska, bionska, avtomobilska proizvodnja in drugo. Medtem ko številne proizvodne industrije že uporabljajo konvencionalno aditivno proizvodnjo, je trenutno največje zanimanje za prilagodljivost sistema pri prilagajanju različnim zahtevnim aplikacijam, kot so tiskanje pametnih materialov, natisljiva elektronika, natisljivi sklopi, mikrofluidni sistemi, hidravlične komponente in drugo. Čeprav se danes kaže jasna slika, da že prehajamo v industrijo 5.0 in družbo 5.0, ostaja dejstvo, da se bodo dobre stvari industrije 4.0 ohranile. Industrija 5.0 bo na veliko odprla pot za učinkovite oblike interneta vsega (IoE), umetne inteligence stvari (AIoT), razvoju 6G, razširjeni resničnosti (AR), holografiji kot vrhunskemu vizualizacijskemu orodju, metaverse kot poglobljenemu interaktivnemu okolju in drugemu. Seveda je potrebno izpostaviti vedno večjo vključenost tehnologij NBIC in DARQ in vse jasnejših smernic biodigitalne konvergence in usmeritve v postdigitalno dobo. Del izpostavljenih tehnologij in tehnoloških trendov bomo letos predstavili tudi v okviru projekta Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije Stičišča znanosti in gospodarstva. Vrsto let smo inovacije in nove tehnologije uspešno predstavljali tudi v okviru OZS dogodkov, npr. Nanotehnoloških dnevov.



SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

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



Revija v hrvaškem jeziku

ZA SAMO 20€ DOBITE:

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

DIGITALNA NAROČNINA



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

BUTIK IRT3000



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

NAROČITE SE!



051 322 442

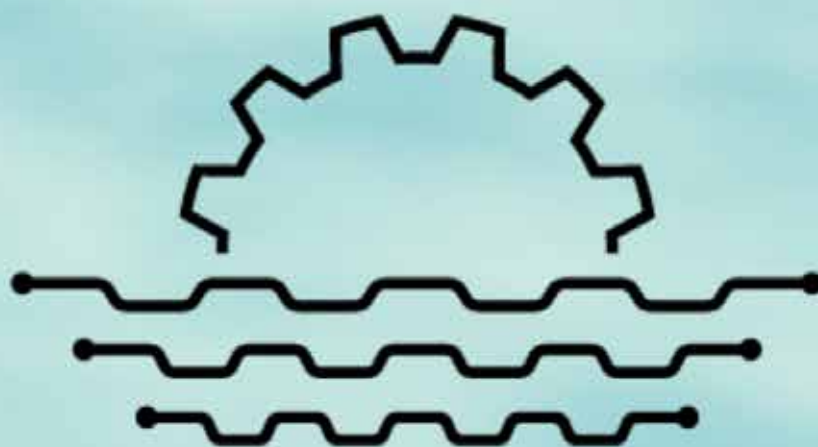


info@irt3000.si



www.irt3000.si/narocilo-revije

WWW.IRT3000.COM



Zasnuj, izdelaj, preizkusi!!

Poletna šola strojništva

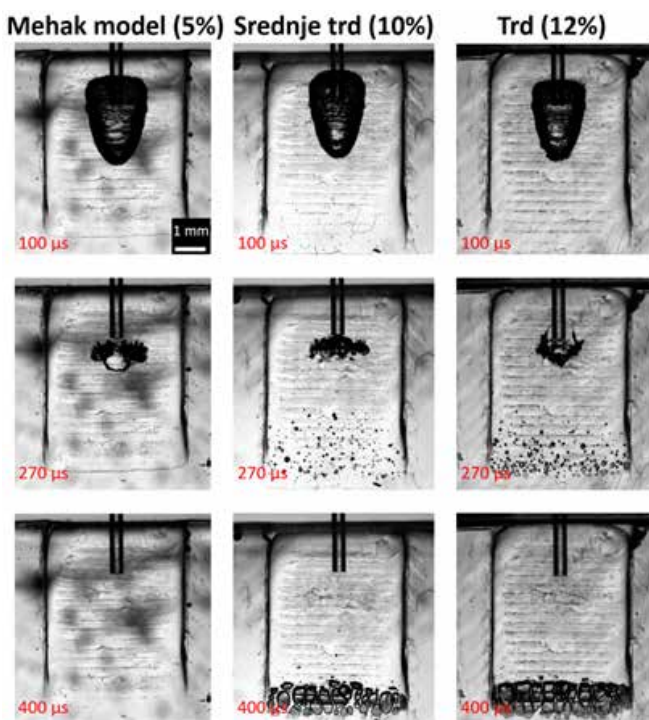
22. - 25. avgust



Na voljo še zadnja prosta mesta!

RAZVOJ LASERSKO POVZROČENE KAVITACIJE V OZKI MEHKO-TRDNI KLINASTI GEOMETRIJI, KI POSNEMA PARODONTALNE IN PERIIMPLANTATNE ŽEPKE

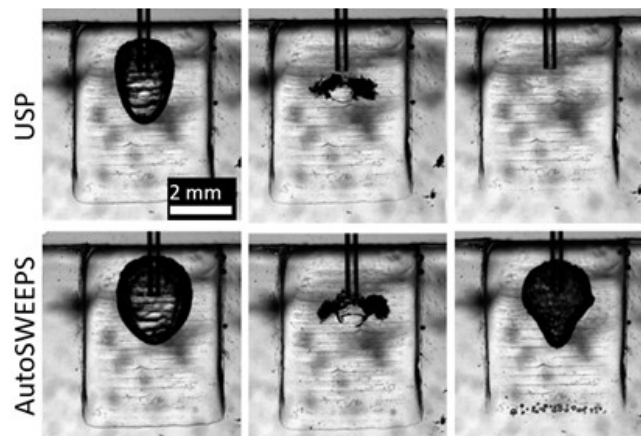
Raziskovalci Laboratorija za lasersko tehniko (LASTEH) so v sodelovanju z Biotehniško in Medicinsko fakulteto ter podjetjem Fotona raziskali lasersko inducirano kavitacijo v klinastih volumnih različnih trdot, ki simulirajo razmere v obzobnih žepkih. Namen študije je bilo raziskati možnost čiščenja inficiranih površin parodontalnih ali periimplantatnih žepkov z lasersko inducirano kavitacijo. Članek je bil objavljen v reviji *Ultrasonics Sonochemistry* (IF = 9.336).



Slika 1 : Razvoj kavitacije v klinastih žepkih različnih trdot. Na zgornji strani je vidna vlakenska konica, skozi katero se uvaja laserske bliske, ki tvorijo primarni kavitacijski mehurček. Zaradi tlačnega udara, nastalega ob kolapsu primarnega mehurčka, se pojavi sekundarna kavitacija, ki je najizrazitejša v spodnjem delu žepka. V primeru mehkega modela se energija primarnega mehurčka prenese v deformacijo okoliškega tkiva, kar zaustavi razvoj sekundarne kavitacije.

Raziskovalci so preizkusili različne modalitete Er:YAG laserja (enojni in dvojni bliski), trdote modelov in vrste irigantov. Pri tem se je trdota modelov spreminjala v območju, ki ustreza močno vnetemu, zmerno vnetemu ali zdravemu gingivalnemu tkivu. Rezultati kažejo, da ima trdota modela velik vpliv na razvoj kavitacije. Mehkejša kot je meja, manj je

učinkovita. V trdem modelu je mogoče fotoakustično energijo voditi in fokusirati na konico klinaste žepka, kjer se tvori sekundarna kavitacija. V mehkem modelu, ki simulira močno vneto tkivo, je možno sprožiti sekundarno kavitacijo le z uporabo dvojnih bliskov (AutoSWEEPS modaliteta). Pričakujemo, da bo raziskava pripomogla k povečanju učinkovitost čiščenja biofilmov v ozkih geometrijah, kot so parodontalni in periimplantatni žepki.



Slika 2 : Razvoj kavitacije v mehkem klinastem žepku ob uporabi enojnih bliskov (USP modaliteta) in dvojnih bliskov (AutoSWEEPS modaliteta).

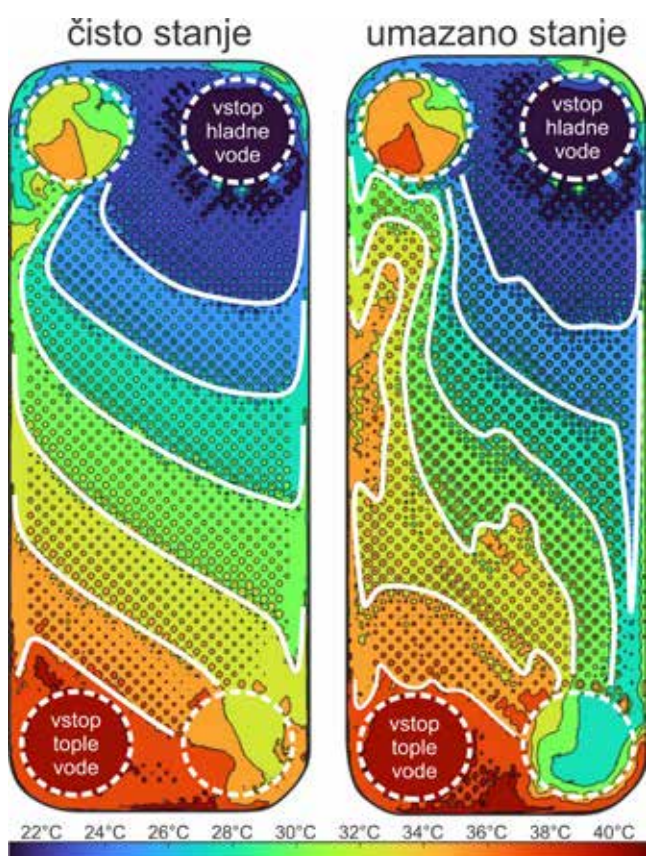
Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106329>.

www.fs.uni-lj.si



LOKALNO SPREMINJANJE UČINKOVITOSTI PLOŠČNEGA PRENOSNIKA TOPLOTE ZARADI KRISTALIZACIJE SOLI

Raziskovalci laboratorija LTT (Laboratorija za toplotno tehniko) so kot prvi s pomočjo infrardeče kamere pokazali krajevno in časovno spreminjanje učinkovitosti prenosa toplote v ploščnem prenosniku toplote zaradi odlaganja kot posledice kristalizacije soli. Rezultati raziskave so objavljeni v reviji Applied Thermal Engineering (IF = 6.465).



Porazdelitev temperature pred in po kristalizijskem odlaganju v ploščnem prenosniku toplote

Soli z inverzno temperaturno odvisnostjo topnosti pogosto povzročajo težave pri obratovanju prenosnikov toplote, saj lahko drastično poslabšajo karakteristike prenosa toplote in povečajo tlačne padce v opremi. Za poglobljeno študijo mehanizmov in posledično uspešnejše zaviranje kristalizacije, je lokalno opazovanje dogajanja na majhni krajevni in časovni skali zelo zaželeno, vendar hkrati zelo težavno brez večjih posegov v opremo.

V predstavljenem prispevku so avtorji kot prvi prikazali uporabo infrardeče termografije pri študiji kristalizijskega odlaganja kalcijevega karbonata v ploščnem prenosniku toplote, kar omogoča lokalno spremljanje mašenja opreme v realnem času brez večjih posegov v konfiguracijo samega prenosnika. Pristop je mogoče aplicirati na vse velikosti in orientacije ploščnih prenosnikov toplote in dovoljuje lociranje območij, kjer se nabira večja količina nečistoč.

Rezultati potrjujejo, da so taka območja povezana z conami stagnacije pretoka znotraj kanalov, pri čemer se ob formaciji večje obloge celoten tok močno spremeni, kar skupaj s povečanjem toplotnega upora močno poslabša učinkovitost prenosa toplote.

Povezava do članka:

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120116>.



www.svet-me.si

TEMATIKE

AVTOMATIZACIJA PRIMERI DOBRE PRAKSE
STROJNIŠTVO ROBOTIKA





TEMATIKE



NOVICE SAMOGRADNJE
PROGRAMIRANJE

https://svet-el.si

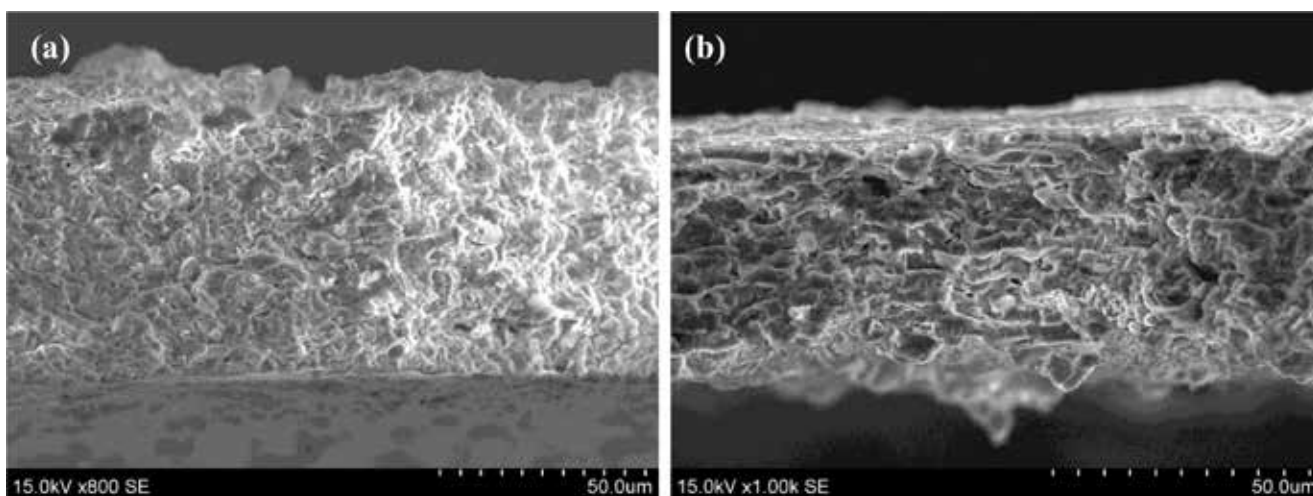




ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE

VPLIV VSEBNOSTI GRAFITA NA TRIBOLOŠKE LASTNOSTI PLAZEMSKO NAPRŠENIH ALUMINIJEVO-GRAFITNIH PREVLEK

V Laboratoriju za tribologijo in površinsko nanotehnologijo (TINT) so v sodelovanju s kolegi iz Oddelka za fiziko ter Oddelka za plazemske postopke nanosa prevlek s Tehnološke univerze v Kaunasu v Litvi, raziskali vpliv dodatka grafita v osnovne delce iz aluminijevega oksida. Članek je bil objavljen v reviji *Surfaces and Interfaces* (IF = 6.137).



Prečni prerez prevlek s Al_2O_3 -5 wt. % grafita (a) in Al_2O_3 -10 wt. % grafita (b)

Glavni cilj te raziskave je bil raziskati vpliv grafita kot dodatka plazemsko razpršenemu materialu prevleke iz aluminijevega oksida za tribološke trende. Za postopek nanašanja so raziskovalci uporabili prašek čistega aluminijevega oksida in aluminijevega oksida z grafitom (5 %, 10 % in 15 %). Raziskovali so vpliv vsebnosti grafita na elementno sestavo, fazno strukturo, koeficient trenja in specifično stopnjo obrabe. Ugotovili so, da je dodatek grafita povečal vsebnost faze γ - Al_2O_3 v napršenih prevlekah. Največji delež faze γ - Al_2O_3 so dosegli, ko je bila količina grafita v prahu surovine 10 utežnih %. Rezultati elementarne sestave so pokazali, da je bila koncentracija ogljika v aluminijev oksid-grafitnih prevlekah do šestkrat nižja v primerjavi z začetno surovino in

je nihala od 1,7 do 2,45 utežnih %. Vključitev grafita je rahlo zmanjšala koeficient trenja kompozitnih prevlek zaradi tvorbe samomazalne plasti v pogojih suhega drsenja. Specifične stopnje obrabe so bile v območju 10^{-6} mm³/(Nm) za prevleke iz aluminijevega oksida in grafita, so bile podobne prevleki iz aluminijevega oksida, in so bile za red velikosti nižje v primerjavi s stopnjo obrabe jekla. S tem je bila dokazano izrazito tribološko izboljšanje lastnosti prevlek v tem inovativnem postopku nanosa.

Povezava do članka:

<https://doi.org/10.1016/j.surfin.2023.102763>.

www.uni-lj.si



Where challenges meet solutions
ecowave@icm.si



10.- 12.10.2023
Ljubljana, Slovenia
www.icm.si

STIČIŠČE ZNANOSTI IN GOSPODARSTVA TUDI LETOS NA MOS

Stičišče znanosti in gospodarstva je projekt Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije, ki se vsako leto v septembru uspešno predstavlja na mednarodnem sejmu MOS v Celju. Namenjen je predstavitvi visokotehnoloških inovacij, novih tehnologij in primerov dobre prakse sodelovanja znanosti in gospodarstva.



Med 13. in 17. septembrom, ko bo letos potekal MOS, bodo v okviru Stičišča znanosti in gospodarstva predstavili dosežke inštituti, fakultete, univerze in visokotehnološka podjetja. Fokus inovacij je usmerjen na področja elektronike, mehatronike,

avtomatike, robotike, energetike, bionike, IKT, nanotehnologij, biotehnologij, vesoljskih tehnologij in drugih področij. Poudarek je tudi na digitalizaciji, industriji 4.0 in prihajajoči novi industrijski paradigmi. V okviru "Stičišča znanosti in gospodarstva" sodelujejo tudi revija Ventil, IRT3000 in portal Finannc "Tovarna leta".

Stičišče znanosti in gospodarstva že od leta 2016 uspešno vodi Janez Škrlec, bivši član Sveta za znanost in tehnologijo RS. Cilj sejemske predstavitve je pospešiti razvoj visokotehnoloških inovacij in pritegniti k sodelovanju tudi mlade raziskovalce. V okviru celovite predstavitve bodo predstavljeni tudi novi poklici in perspektivni izobraževalni programi. Preliminarni napovednik dogodka pa pomeni tudi povabilo k še večjemu sodelovanju med znanostjo in gospodarstvom.

RAZVIT IN IZDELAN V SLOVENIJI

YASKAWA

GP20

GLAVNE PREDNOSTI

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

YASKAWA Slovenija d.o.o. www.yaskawa.si

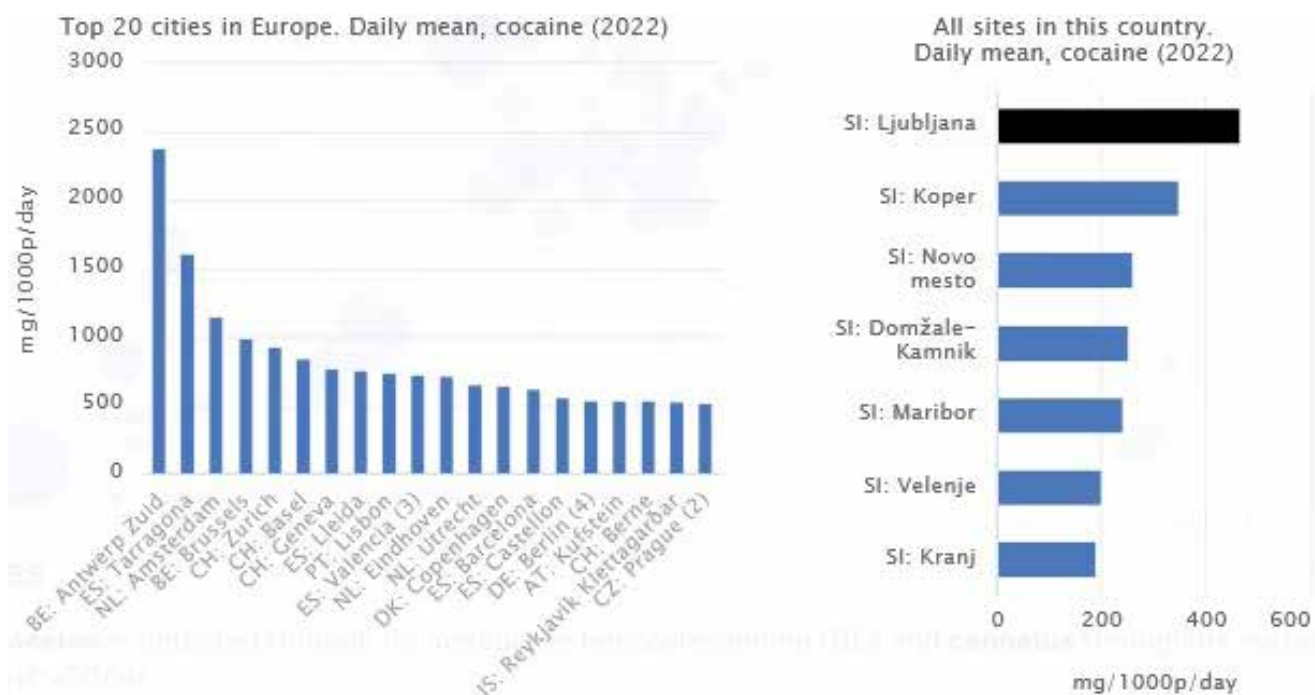


Controlled by
YRC1000

NAJNOVEJŠI REZULTATI MEDNARODNE RAZISKAVE SCORE 2022: NADZORNE MERITVE

UPORABE DROG V SEDMIH SLOVENSКИH MESTIH

Evropski center za spremljanje drog in zasvojenosti z drogami (EMCDDA) je objavil rezultate mednarodne raziskave o uporabi prepovedanih drog SCORE 2022, v katero je bila že šestič vključena tudi Slovenija.



Slika 1: 20 najvišje uvrščenih mest po porabi kokaina v 2022 (levo) in uporaba za slovenska mesta, vključena v raziskavo (desno)

Med slovenskimi mesti beležimo najvišje masne obremenitve večine tarčnih ostankov drog (benzoilekgonina – biomarker kokaina, *slika 1*, MDMA – biomarker ekstazija in metamfetamina) v Ljubljani, amfetamina pa, kot pretekla leta, v Velenju. Najvišja masna obremenitev THC-COOH (biomarker THC) je bila zabeležena v Kopru, tesno pa mu sledi Ljubljana. Glede na povprečne masne obremenitve biomarkerjev nedovoljenih drog se nobeno izmed slovenskih mest v 2022 ni uvrstilo med 20 najvišje uvrščenih mest, sodelujočih v raziskavi. Letos je EMCDDA uvrstila v raziskavo tudi disociativni anestetik ketamin. Izmed 15 mest, ki so poročala o znani vsebnosti ketamina, se je Ljubljana uvrstila na peto mesto, v ostalih slovenskih mestih pa ta ni bil določen nad mejo detekcije. Rezultati so ponovno pokazali, da je časovni trend uporabe drog specifičen za posamezno mesto.

Časovni trendi uporabe nedovoljenih drog

Za napoved časovnih trendov uporabe preučevanih prepovedanih drog je po SCORE priporočilih potrebnih vsaj pet zaporednih letnih meritev. Ljubljana je bila v letu 2022 v SCORE vključena že šesto zaporedno leto, Maribor in območje Domžale-Kamnik pa peto. Rezultati nakazujejo, da je z redkimi izjemami v opazovanem šestletnem obdobju uporaba drog v vključenih mestih konstantna. Izjeme kažejo, da trend porabe kokaina narašča v Mariboru, območju Domžale-Kamnik in Novem mestu.

Metodologija

Običajno se podatki o uporabi prepovedanih drog pridobivajo na podlagi vprašalnikov ter iz podatkov o zasegu drog, zastrupitvah ter bolnišničnih obravnavah. Epidemiologija odpadnih vod (ang. Waste-

water-Based Epidemiology, WBE) je pristop, s katerim ocenjujemo uporabo drog v ciljni populaciji, in temelji na kemijski analizi neprečiščene odpadne vode na vsebnost posameznih drog ali njihovih presnovnih produktov, t. i. biomarkerjev. Na osnovi teh podatkov lahko z upoštevanjem osnovnih parametrov delovanja čistilne naprave (število populacijskih enot, pretoki ipd.) ocenimo uporabo prepovedanih drog v populaciji prispevnega območja čistilne naprave. V primerjavi s klasičnimi epidemiološkimi metodami je WBE neinvaziven in objektivni pristop, ki s pridobivanjem podatkov o uporabi drog v skoraj realnem času omogoča spremljanje časovnih ter prostorskih vzorcev uporabe, za kar pa so potrebne dolgoletne in pogoste meritve.

Zbiranje podatkov o stanju na področju uporabe drog na osnovi analize odpadnih vod poteka v okviru letnih mednarodnih monitoringov, ki jih organizira mreža Sewage Analysis CORE group Europe (SCORE) v sodelovanju z Evropskim centrom za spremljanje drog in zasvojenosti z drogami (European Monitoring Center for Drugs and Drug Addiction, EMCDDA) že od leta 2011. Letne meritve vključujejo analizo tedenskih vzorcev (sedem zaporednih dni v pomladnem letnem času) neprečiščenih odpadnih vod na prisotnost biomar-

kerjev štirih stimulativnih drog: kokaina (biomarker benzoilekgonin), ekstazija (3,4-metilendioksi-metamfetamin, MDMA), amfetamina (amfetamin) in metamfetamina (metamfetamin) in tetrahidrokanabinola, THC (11-nor-9-karboksi-THC, THC-CO-OH). V letu 2022 so prvič vključili tudi biomarker ketamina (ketamin). Leta 2022 je v monitoringu sodelovalo 118 mest s prispevnimi območji 132 čistilnih naprav, v analize pa je bilo vključenih 41 laboratorijev, vključno z laboratorijem Skupine za organsko analizo Odseka za znanosti o okolju na Institutu Jožef Stefan (IJS).

Raziskovalci z Odseka za znanost o okolju Instituta »Jožef Stefan« so se pod vodstvom prof. dr. Ester Heath pridružili mreži SCORE leta 2017 z analizo odpadnih vod s čistilne naprave Ljubljana. Leto za tem so poleg Ljubljane vključili tudi območje Domžale-Kamnik in Maribor, v letu 2019 Koper, Novo mesto in Velenje, v letu 2022 pa se je pridružil tudi Kranj.

Več informacij: https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en

Prof. dr. Ester Heath, Taja Verovšek, Polona Strnad, vse Institut Jožef Stefan



ŠTUDENTSKA TEHNIŠKA KONFERENCA

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani bo 07. 09. 2023 ob 9. uri Študentska tehniška konferenca ŠTeKam, na kateri bodo študentje prve in druge stopnje, mladi raziskovalci tehnike in drugih študijskih smeri ter raziskovalno motivirani dijaki zaključnih letnikov predstavili rezultate svojega raziskovalnega dela.

Gre za že tradicionalno, deveto, Študentsko tehniško konferenco. V lanskem letu je bilo predstavljenih in v zborniku izdanih 18 prispevkov, ki so pokrivali tehnična in netehnična področja. Tematike prispevkov so bile zelo raznolike, kar je dalo konferenci poseben čar, saj so študentje in raziskovalci videli možnosti interdisciplinarnega povezovanja različnih tem in področij.

Tudi v letu 2023 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/studij/raziskovalna-dejavnost-studentov/studentska-tehniska-konferenca-stekam/>.

Organizacijski odbor:
doc. dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž.
izr. prof. dr. Miha Brojan, univ. dipl. inž.
asist. dr. Boštjan Drobnič, univ. dipl. inž.

RENOVATION OF SALES AND PRODUCTION PROCESSES IN ROBETA

Klara Štavdekar, Mitja Cerovšek

Abstract:

Renovation and upgrading of business or of work processes enables companies to manufacture and supply individualized products and to reduce production cycle time and labour costs. In the example of Robeta d. o. o. we analysed the existing state of the process of selling and ordering a motorhome (creating an order for the final product) and the production process.

We have prepared a model of the improved order creation process. We have developed a B2B configurator that enables the implementation of a standardized and automated order process and the integration of all necessary data between the manufacturer and the seller. By developing changes and additions, we have completely eliminated the differences between the seller, the buyer and the manufacturer of the Robeta motorhomes. By introducing improvements and computerization of the order creation process for business users, we have improved the relationship between the manufacturer (the company Robeta) and the end user (natural person). With this, we contributed to improving the user experience in B2B and B2C relationships and reducing the costs of the sales and production process.

Keywords:

Renovation and upgrading of work processes, digitalization, informatisation, automation, configurator

1 Introduction

Successful companies know how to adapt quickly and constantly strive to develop and maintain a competitive advantage as much as possible in areas such as cost efficiency, quality, systematicity, flexibility, innovation« [1].

Companies see the renewal of work processes as opportunities to gain a competitive advantage [1]. Manufacturing companies that renovate and upgrade business processes with the needs of customers, service providers, dealers or distributors, increase customer satisfaction with product quality, improve dealer responsiveness and speed of delivery to customers [2]. Also Sujova et al. (2019) write that by analysing and renovating the production process, they increased the company's performance and value, which had a positive impact on the company's financial situation. It will be possible to order material on time and plan production capacities, and consequently reduce the necessary time, labour and material costs [3].

In order to solve the challenge of companies to provide individualized products and the related internal variety of products that are the market trend

of buyers, it is crucial to develop a coherent order configuration process [4]. As Singh Sodhi (2020) writes, the rapid advancement of manufacturing technologies and applications in the industry is of great help to companies in increasing productivity. At the same time, advances in technologies and applications improve the added value of activities and reduce waste [5].

The concept of business process renewal (BPR) has been with us since around 1990 [6]. Many manufacturing and service companies (e.g. Hella, Gorenje, Veyance Technologies Europe) [7, 8, 9] report on the positive effects of renovation, computerization and automation of business processes. These effects are manifested in a focus on customer requirements (creating a more customer-friendly environment), improving product quality, unifying processes and reducing production time and costs (shortening the supply chain, eliminating delays) and reducing the complexity of the organization's operations, resulting in better competitiveness and greater viability companies on the market [10].

The problem of the studied company Robeta d. o. o. is that the seller cannot find out from the sales catalogue what the individual version of the serial model of the motorhome looks like (which options of furniture elements it can have built-in). When configuring the order, there is therefore a problem of constructing the ordered version of the motorhome, which leads to delays in the production process. Due to the non-systematic creation of

Klara Štavdekar, mag. str., Robeta, d. o. o., Slovenj Gradec; Dr. Mitja Cerovšek, univ. dipl. inž., Iskra PIO, d. o. o., Šentjernej

the order (there is no standardized form), there are discrepancies in production between the ordered and installed components. As a result, there are cost discrepancies between the planned and actually produced motor home.

In this paper, we present an analysis of the current state of sales processes, ordering a motorhome, creating an order for a motorhome and production. The purpose of our analysis was to create a model of an improved order creation process. We present the development of the configurator in more detail, present the introduction of the developed form and the configurator, and the achieved effects of upgrading the work processes, and suggest possibilities for further improvement. We assume that by introducing improvements, we will enable the improvement of the user experience in the B2B and B2C relationship and reduce the costs of the sales and production process.

2 Theoretical foundations

The concept of business process renewal first appeared in the early 1990s. First in the private and later in the public sector. Even then, the concept was presented as a tool for companies to improve the operation of work processes [11].

Teng et al. [6] define the renewal of business processes as a critical analysis and radical transformation of existing business processes to achieve significant improvements for the successful achievement of set goals [6], with the support of information technology [12]. The goal of the renovation is to achieve a significant improvement in the company's performance based on the reduction of costs in processes and the increase in the quality of the company's products and services [6].

The United Nations World Commission on Environment and Development defines sustainable development as »a process of change where the use of resources, the direction of technological development and changes in institutions are coordinated and thereby enable development for future generations« [13]. Renovation of work processes is important for maintaining competitive advantage, sustainable operation [14] and survival of the company in the market [15]. By renovating business processes, a company can achieve greater added value [14].

Bhaskar [16] writes that many companies have realized the importance of improved quality in order to compete with the competition in the global market. Business Process Reengineering has become the best quality improvement tool that contributes to improving the business performance of a company in order to maintain a competitive edge in this global era. As Al-Halalmeh [17] writes, most com-

panies in the world set strategies for the renewal of business processes in order to ensure efficient and successful satisfaction of customer requirements/needs. A comprehensive approach to changes, taking into account the principles of digital transformation, includes the company's strategic directions, business processes, technology, employees and organizational culture [18].

By renovating work processes, the company reduces business costs by reducing the consumption of inputs (materials, people), which is the result of greater efficiency of work processes with the support of information technology and, as a result, higher quality of work (fewer complaints, waste) [17]. By renovating work processes, the company improves business processes. A study by Sungau et al. [11] showed that the renewal of work processes increases the speed of delivery of services/products to customers. The authors emphasize that work process reengineering is an important technique that companies must adopt to improve business processes in terms of faster delivery of services/products. Al-Halalmeh [17] also notes that, in addition to simplifying approaches and increasing efficiency, the renewal of business processes also has an impact on the quality of products and services.

Among the main benefits of implementing the renewal of work processes, companies include [19]:

- ▶ the opportunity to change the organizational structure of the company's operations and work procedures (restructuring of work and tasks in the direction of the company's set goals),
- ▶ survival in a dynamic environment (with increasing globalization and the development of modern technologies, the business environment is changing; opportunities arise for every company to improve the way it operates),
- ▶ identifying strengths, weaknesses, opportunities and threats,
- ▶ cost reduction (the main goal of the renovation is to achieve a better business result, which is an opportunity for every company to restructure the process and organizational structure of its operations and thus achieve an increase in efficiency (the importance of the effect of process renovation on cost reduction is also highlighted by Alhawamdeh [17])).

3 Methods

In product and production development, companies use the approach of informatization and automation of business processes, which is mainly focused on achieving technological changes. Such an approach is no longer appropriate and has become insufficient. We propose an approach that takes into account the process and business aspects of the necessary changes. Such an

approach, which is not only technological, enables significantly better interaction between science, development entities, technologists and buyers involved in change processes.

The purpose of the paper is to analyse the existing state (AS-IS) of the sales and production processes of motor homes. We used the methods of observing, measuring and analyzing business processes and carrying out substantive interviews with the employees of the manufacturing company and with the employees of the retailer. Based on the analysis of the existing situation, our aim is to create a model of the improved process (TO-BE) and show in more detail the solution to the problem of the existing sales and production process. We are interested in whether, by developing the order form in the configurator and by data integration between different information systems, we can achieve positive effects (reduce the number of working hours and costs) of both studied processes and improve the user experience.

For capturing the current state, we employed the method of direct observation and execution of work processes within the production environment of the company under study. To model the business processes, we utilized the software solution Aris [20]. It enables the modeling of processes in a standardized format known as BPMN (Business Process Modeling and Notation), which is comprehensible to all users including business users, analysts involved in planning and documenting business processes, as well as developers of software solutions for business processes [21].

The proposed process approach with the development of the B2B configurator was tested and implemented in industrial practice. A prerequisite for the use of the developed solution in an industrial environment is clearly defined conditions for the implementation of integration between different information systems and fully organized master data. The solution is currently operating in a motorhome manufacturing environment. In the future, it would also make sense to develop it for use in other industries that need individualization of their products.

4 Results

The results of Renovation of sales and production processes in Robeta through the implementation of a configurator indicate a reduction in the effective ordering time and a decrease in process costs.

4.1 The sales model of existing trading and production (AS-IS)

The model of the existing sales process (Figure 1) was developed based on knowledge and analysis of

work procedures, as well as interviews with employees who carry out the procedures.

The sales process begins with the merchant (*Figure 1*), who creates an order with the customer. The dealer forwards the created customer order to the distributor by e-mail (as a chassis and interior order or as a chassis order). The merchant only writes down the order type in an email (non-standardized).

The distributor accepts the merchant's order and checks the technological adequacy of the configured order (the adequacy of the set of elements from the sales catalogue). If the dealer's order is appropriate, the distributor forwards the order (via e-mail) to Robeta's administrative department, where it is manually recorded in the internal information system. Changing the chassis of the vehicle from here on in the sales process is no longer possible.

The Robeta company orders a chassis from the supplier, and based on the confirmation of the order, the administration inspects the approved and delivered vehicle chassis. In the administration, they create and hand over a physical document in paper form to the control department for vehicle acceptance from the supplier. All vehicle chassis that have arrived from the supplier are inspected by the company's incoming inspection (compliance of the vehicle configuration with the order and possible damage).

After entering the chassis or chassis and interior order, the administration forwards the printout of the order from the internal information system to the distributor, who reviews the order again and passes it on to the dealer.

The preparation of the monthly production plan takes place in the manufacturer's administration in cooperation with the production director. When determining the monthly production plan, the administration manually (prints on paper documents) review all received customer orders against the delivered vehicle chassis and print out the missing data. On average, this order creation and confirmation process is performed at least three times for one customer.

When the merchant confirms the order (retailer confirmation order confirmation activity), he forwards the clearance letter to the distributor (retailer to distributor order confirmation activity). The distributor forwards the confirmed order to Robeta by e-mail.

When the work order is submitted to production physically in paper form (production work order submission), the production process begins. The work order is first reviewed in the development department of the company (review of the work order in the development and technology time).

Once the work order is approved in development and technology, production begins to execute the sequence of activities. When the production work

on the assembly is completed, the company administration creates a proforma invoice and forwards it to the distributor, who in turn forwards it to the dealer. After the assembly is completed, the motorhome is physically moved to carry out the final work on the cut, and then to the final quality control, quantitative adequacy of the motorhome and internal and external cleaning.

Before the transport to the market is organized, the payment of the pre-invoice of the motorhome is checked and an invoice is issued to the name of the dealer who ordered the motorhome. Once the motorhome is delivered to the dealer and accepted by the end customer, the existing sales process is completed.

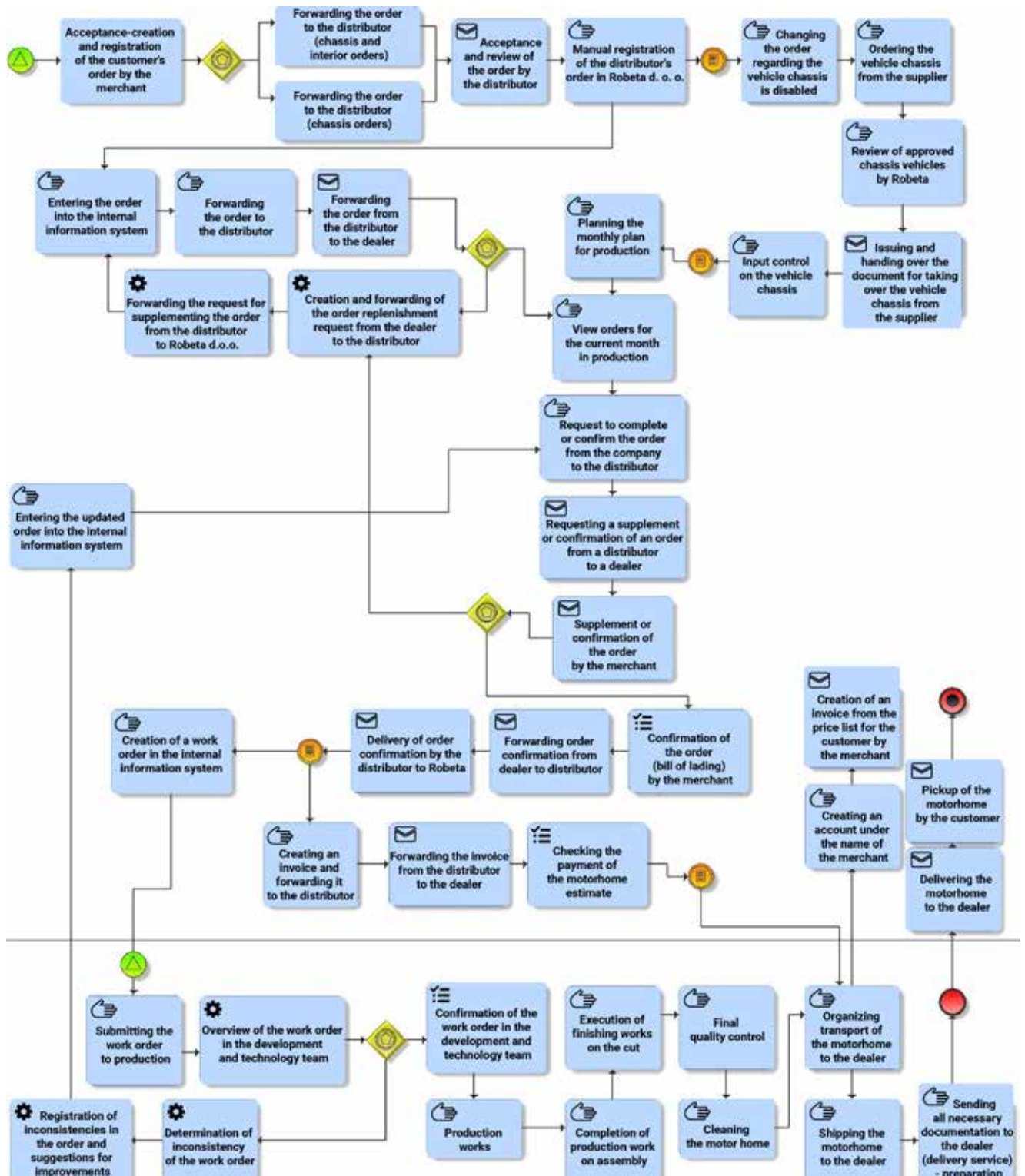


Figure 1: The sales model of existing trading and production

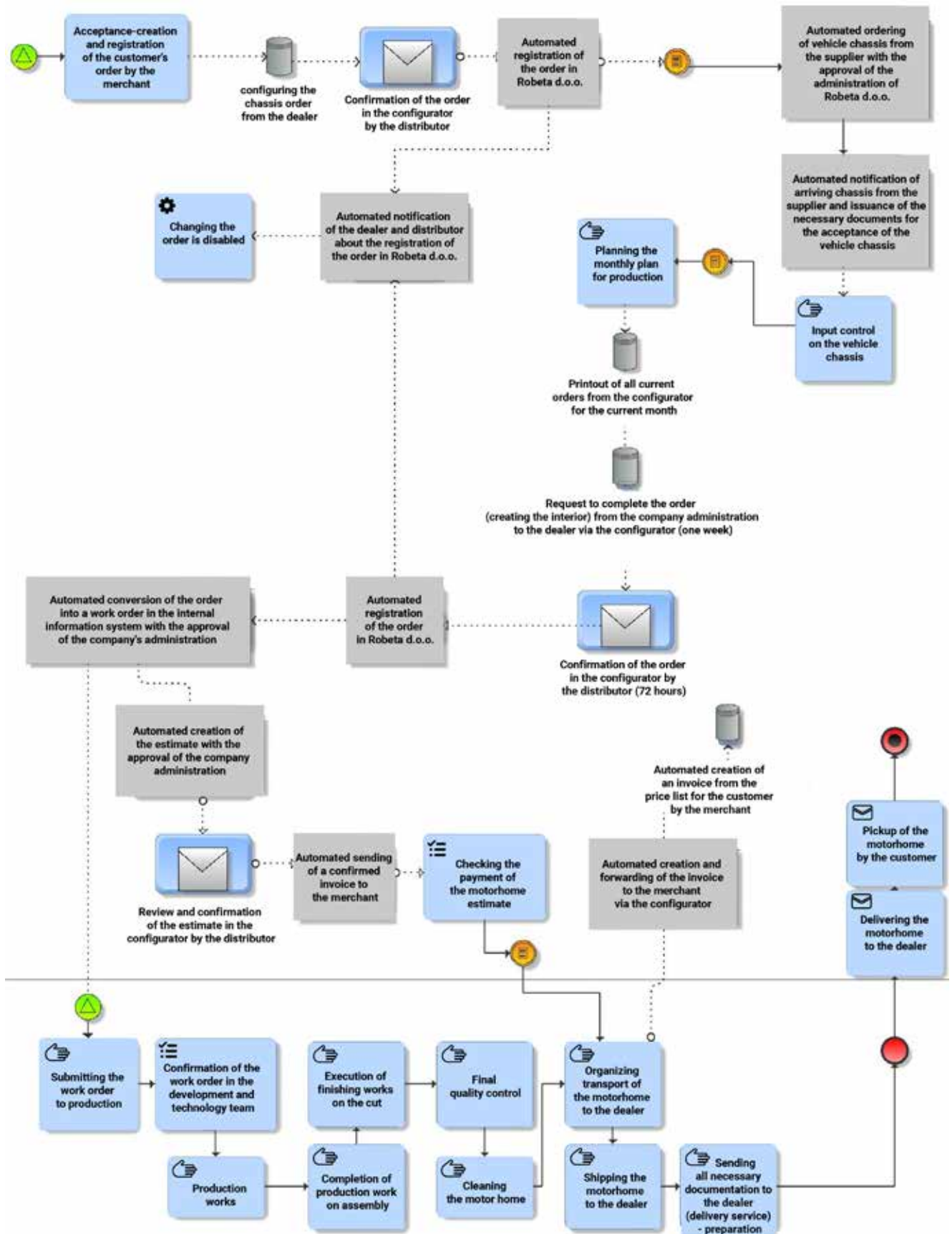


Figure 2 : Model of the improved sales and production process

4.2 Sales and Production Process State Improvement Model (TO-BE)

In the improved model of the sales and production process (*Figure 2*), we introduced a configurator (demo version 1.0), which we developed for the standardized implementation of the order flow and the elimination of discrepancies between the seller and the buyer of Robeta motorhomes. In this way, we have established direct communication between dealers and the motorhome manufacturer. The purpose of the improved process is to get the clean sheet of the order faster and without unnecessary complications due to configuration options of the order, which are incompatible with each other and, as a result, physically unfeasible. The B2B configurator for creating an order for the manufacture of a motorhome guides traders through the entire process of ordering a motorhome with automated exclusion of options based on previously selected options.

With the introduction of the configurator, we have eliminated the following activities, the effects of which are presented in subsection 4.3:

- ▶ activity: Manual recording of the distributor's order in Robeta d. o. o.,
- ▶ activity: Entering the order into the internal information system,
- ▶ activity: Forwarding the order to the distributor,
- ▶ activity: Forwarding the distributor's order to the retailer,
- ▶ activity: Ordering the vehicle chassis from the supplier,
- ▶ activity: Issuing and handing over documents for taking over the vehicle chassis from the supplier,
- ▶ activity: Reviewing orders for the current month in production,
- ▶ activity: Request to complete or confirm the order from the distributor to the dealer,
- ▶ activity: Creation and forwarding of a request for replenishment of an order from a dealer to a distributor,
- ▶ activity: Forwarding the request for supplementing the order from the distributor to the manufacturer,
- ▶ activity: Confirmation of the order (bill of lading) by the merchant,
- ▶ activity: Creating a work order in the internal information system,
- ▶ activity: Overview of the work order in the development and technology team,
- ▶ activity: Determination of inconsistency of the work order,
- ▶ activity: Registration of inconsistencies in the order and suggestions for improvements,
- ▶ activity: Creating an invoice and forwarding the invoice to the distributor,
- ▶ activity: Creating an account for the name of the merchant,
- ▶ activity: Creation of an invoice from the price list for the customer by the merch.

With the help of the dealer's configurator, you can more easily present the customer with the options of serial versions of individual motorhome models (Receiving - creation and registration of the customer's order by the dealer). The configurator remembers the creation of the interior and saves it, but sends only the chassis of the vehicle to the distributor for confirmation via an automated notification (Order confirmation in the configurator by the distributor). When the distributor has confirmed the order of the vehicle chassis from the dealer, the order will be automatically registered in the company's administration and the dealer and distributor will be informed about it (Automated notification of the dealer and distributor about registration of the order in Robeta d. o. o.).

4.3 Presentation of the configurator and effects of improvements

The configurator is in the phase of further development and adaptation to the requirements of dealers and requirements for integration (pairing of data) with the internal information system of the manufacturer Robeta company.

4.3.1 Presentation of the configurator

The configurator as a web application guides the user through the entire process of ordering a motorhome. It does not allow the selection of wrong combinations. It is connected to the bill of materials in the production process, which enables the integration of all necessary data with the internal information system of the motorhome manufacturer. The B2B configurator mutually integrates data in the area of the vehicle platform, data in the area of the interior of the motorhome and all mutually permitted relationships. It enables automated tracking of individual transactions, performs automated notification and exchange of documents between participants in the process, graphically displays possible options for the construction of a motor home and prepares a sales price calculation.

When the dealer finishes ordering the chassis (*Figure 3*), he clicks to confirm his configuration. As can be seen in the sales process (*Figure 1*), the dealer must first place an order for the vehicle chassis. On the entry page of the configurator, select the chassis of a Fiat or Citroën vehicle. Above we see (*Figure 3*) that the dealer has chosen a Citroën vehicle chassis. First, he must determine the size of the vehicle ("L" tells us the length of the car, and "H" the height of the car). You can choose between L2H2, L3H2 and L4H2, in some cases you can also choose the increased car height "H3". The colour of the vehicle is chosen later. In the case of "Metallic" colour, even more options are offered for choosing a colour.

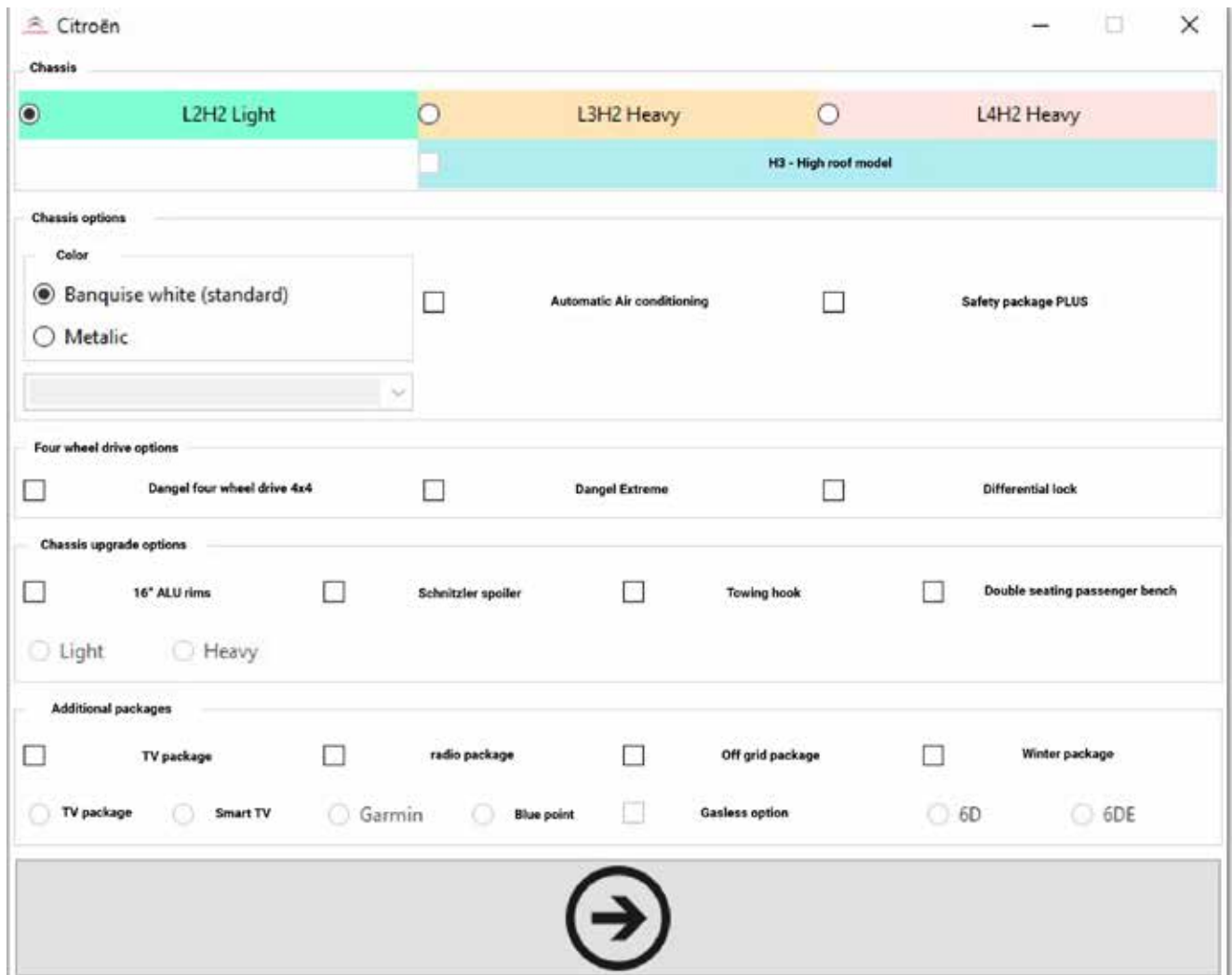


Figure 3 : Configuring the motorhome in the configurator - data entry image

Later (when the monthly production plan at Robeta is prepared), the dealer chooses options for upgrading the vehicle’s chassis and additional packages. When he has finished selecting all the options for the vehicle chassis, he continues with the configuration of the vehicle interior. If the dealer has selected the “L2H2” motorhome size when configuring the vehicle chassis, when creating the interior configuration of the motorhome, he is offered the option to configure the versions “Dionysus” and “Ares”, since only two configurations on the “L2H2” vehicle chassis allow this.

When the dealer finishes configuring the interior of the camper, the configurator creates a copy of his order in the form of a PDF document, which he sends to the Robeta company. The exchange of documents and information between the dealer and the manufacturer is thus automated.

After creating the order in the configurator, the merchant initiates execution and printing of the order.

4.3.2 Effects of improvements in the sales and production process

The evaluation of the time and costs of work in the existing and improved process and the effects of the improvements are presented in *Table 1*. The calculation of time and costs is based on the activity of ordering in the process of selling and producing one motorhome. We can conclude that by renovating the process in question, we had a significant impact on reducing the time required for its implementation (factor 3), as well as on reducing the costs of implementing this process (factor 3.5). The Robeta company carries out the sales and production process for 33 motorhomes in a month (estimate).

Table 1 : Evaluation of Time and Labor Costs in the Existing and Improved Process

Activities of the Sales and Production Process	The Existing Process AS-IS		The Improved Process TO BE	
	Estimated Time in Minutes	Estimated Costs in EUR	Estimated Time in Minutes	Estimated Costs in EUR
Acceptance-creation and registration of the customer's order by the merchant	180	35,1	120	23,4
Forwarding the order to the distributor (chassis and/or additionally interior orders)	10	1,95	K	0
Acceptance and review of the order by the distributor	30	0	K	0
Manual registration of the distributor's order in Robeta d. o. o.	5	0,975	K	0
Changing the order regarding the vehicle chassis is disabled	-	0	-	0
Ordering the vehicle chassis from the supplier	15	0	K	0
Issuing and handing over the document for taking over the vehicle chassis from the supplier	5	0	K	0
Input control on the vehicle chassis	NA	0	NA	0
Planning the monthly plan for production	65	0	65	0
Entering the order into the internal information system	45	8,775	K	0
Forwarding the order to the distributor	10	1,95	K	0
Forwarding the order from the distributor to the dealer	5	0,975	K	0
Creation and forwarding of the order replenishment request from the dealer to the distributor	30	5,85	K	0
Forwarding the request for supplementing the order from the distributor to Robeto	5	0,975	K	0
Entering the order into the internal information system	20	3,9	K	0
View orders for the current month in production	20	3,9	K	0
Request to complete or confirm the order from the company to the distributor	10	1,95	K	0
Requesting a supplement or confirmation of an order from a distributor to a dealer	15	2,925	K	0
Supplement or confirmation of the order by the merchant	30	5,85	K	0
Confirmation of the order (bill of lading) by the merchant	5	0,975	K	0
Forwarding order confirmation from dealer to distributor	10	1,95	K	0
Delivery of order confirmation by the distributor to Robeta	10	1,95	K	0
Creating an invoice and forwarding it to the distributor	15	2,925	K	0
Forwarding the invoice from the distributor to the dealer	10	1,95	K	0
Creation of a work order in the internal information system	3	0,585	K	0
Submitting the work order to production	10	1,95	10	1,95
Overview of the work order in the development and technology team	10	1,95	10	1,95
Determination of inconsistency of the work order	5	0,975	-	0
Registration of inconsistencies in the order and suggestions for improvements	10	1,95	-	0
Entering the updated order into the internal information system	3	0,585	-	0
Confirmation of the work order in the development and technology team	5	0,975	5	0,975
Production works	NA	0	NA	0
Completion of production work on assembly	NA	0	NA	0
Execution of finishing works on the cut	NA	0	NA	0
Final quality control	NA	0	NA	0

Activities of the Sales and Production Process	The Existing Process AS-IS		The Improved Process TO BE	
	Estimated Time in Minutes	Estimated Costs in EUR	Estimated Time in Minutes	Estimated Costs in EUR
Cleaning the motor home	NA	0	NA	0
Checking the payment of the motorhome estimate	5	0,975	5	0,975
Organizing transport of the motorhome to the dealer	60	11,7	60	11,7
Creating an account under the name of the merchant	3	0,585	K	0
Creation of an invoice from the price list for the customer by the merchant	30	5,85	K	0
Shipping the motorhome to the dealer	60	11,7	60	11,7
Sending all necessary documentation to the dealer (delivery service) - preparation	60	11,7	20	0
Delivering the motorhome to the dealer	W	0	W	0
Pickup of the motorhome by the customer	-	0	-	0
Additional information after re-entering the orders (2x)	256	49,92	-	0
TOTAL	1070	186,23	355	52,65

Legend: Waiting for Robeta d. o. o. (W); Non Applicable - not part of the sales process (NA): Automation using the configurator (K)

5 Conclusion

In the paper, we analysed the existing state of the process of selling and ordering a motorhome (creating a motorhome order) and the production process using the example of the manufacturing company Robeta. We have prepared a model of the improved order creation process. We have developed a configurator that enables the implementation of a standardized order process. By developing changes and additions, we removed the differences between the seller, the buyer and the manufacturer of motorhomes. By introducing improvements and computerizing the sales and production (B2B) process, we radically shortened the necessary time and reduced the costs of order execution in the entire chain of processes (trader - distributor - manufacturer - buyer).

The results of the effects of the improvements show that in the existing sales and production process of the company Robeta, the effective time for the activity of ordering one order of a motorhome is 1070 min. With the improved process model, the implementation of the renovation and the introduction of the configurator, we achieved a reduction in the effective time of business process activity by 66%, which in turn means a reduction in ordering costs by 72% (compared to the existing method of ordering in the sales and production process). We estimate that the investment in the implemented changes will return to the company within 6 months.

Renovation and computerization of the sales and production process also has important long-term positive effects, which cannot be illustrated only by

time and financial savings. The implemented changes also affect the more successful and efficient implementation of other business processes in the company. As a result, new ideas and opportunities for improvement are already emerging. Above all, with the implemented improvements, the company Robeta intensively entered the process of constant progress and innovation. With the renovation, the company significantly contributed to the improvement of the user experience in B2B and B2C relations. At the same time, it also embarked on the path of digital transformation, which includes changes in the understanding of the company's strategy, business processes, information technology, human resources, and the company's organizational culture.

Sources

- [1] Dajčman, B. (2015). Achieving the organization's business goals by renovating the human resources management process. *Journal of Economic and Business Sciences*, 2(2), 71-88.
- [2] Mukwakungu, S. C. et al. (2018). Effect of Business Process Reengineering on Improving Customer Satisfaction and Retention in the Manufacturing Industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 595-601
- [3] Sujová, A., Simanová L., Marcinekova, K. (2019). Reengineering of production processes and its impact on the financial situation and business performance of the company. *Management in Production and Services*, 11(3), 106-116.
- [4] Dambietz, F., Greve, E., Krause, D. (2019). Con-

- figuration-to-Order Process Development for Implementing Modular Product Architectures: A Case Study. Proceedings of the Design Society International Conference on Engineering Design, 1(1), 2971-2980.
- [5] Sodhi, M. S., Tang, C. S. (2021). Supply chain management for extreme conditions: research opportunities. *Journal of Supply Chain Management*, 57(1), 7-16.
- [6] Malhotra, Y. (1998). Business Process Reengineering: A Review. *IEEE Engineering Management Review*, 26(3), 1-5.
- [7] Hella Saturnus: Annual Report (2017-2018). Retrieved from: https://www.hella.com/hella-si/assets/media_global/HELLA_SATURNUS_SLOVENIJA_LETNO_POROCILO_2017%E2%80%932018.pdf
- [8] Otovič, K. (2016). Optimization of the injection molding line in Veyance Technologies Europe.
- [9] Pavlovič, T. (2015). Increasing sales efficiency in company X. Thesis.
- [10] Hoffman, J. (2022) Business Process Reengineering (BPR) Advantages and Disadvantages. Retrieved from: <https://wisdomplexus.com/blogs/business-process-reengineering-advantages-disadvantages>
- [11] Sungau, J., Ndunguru Philibert, C., Kimeme, J. (2013). Business process re-engineering: the technique to improve delivering speed of service industry in Tanzania. *Independent Journal of management & production*, 4(1), 208-227.
- [12] Q3edge (2022). What is business process redesign? What are the steps involved in it? Retrieved from: <https://www.q3edge.com/what-is-business-process-redesign-what-are-the-steps-involved-in-it/>
- [13] Zejnić, E. (2021). The future is in a sustainable orientation. Retrieved from: <https://www.ozs.si/novice/prihodnost-je-v-trajnostni-naravnosti-6050922e2114e06ad665fe82>
- [14] Silveira Vizzon, J. et al. (2020). Business Process Transformation: Action Research,” *Gestão & Produção*, 27(2).
- [15] Abdi, N. et al. (2011). Innovation models and business process redesign. *International Business and Management*, 3(2), 147-152.
- [16] Bhaskar, H. L. (2014). BPR as a Tool for Quality Improvement. *International Conference on Recent Trends and Innovations in Management, Social Science and Technology*, 1-10.
- [17] Alhawamdeh, T. (2021). The Impact of Business Process Reengineering. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(10), 87-95.
- [18] Cerovšek, M. (2021). Industry 4.0: business and technological aspect of changes. *Journal of Universal Excellence*, 10(4), 308-326.
- [19] EconPosts, Advantages and Disadvantages in BPR (2022). Retrieved from: <https://www.econposts.com/business-management/advantages-and-disadvantages-in-bpr/>
- [20] Software AG: BPM with Aris (2022). The Aris Method. Pridobljeno na: http://cdn.ariscommunity.com/community2/documents/urelation/BPM-ARIS_Part2.pdf
- [21] Software AG: Modeling BPMN 2.9 in Aris (2022). Pridobljeno na: https://documentation.softwareag.com/aris/aris97sr1e/Modeling_BPMN_2.0_in_ARIS.pdf

Prenova prodajnih in proizvodnih procesov v podjetju Robeta

Razširjeni povzetek

Prenova in nadgradnja poslovnih oz. delovnih procesov podjetjem omogoča izdelovanje in dobavljanje individualiziranih produktov ter zmanjševanje časa proizvodnega cikla. Proizvodna podjetja, ki prenovo in nadgradnjo poslovnih procesov uskladijo s potrebami strank, serviserjev in distributerjev, lahko povečajo zadovoljstvo strank in kakovost svojih produktov ter izboljšajo odzivnost trgovcev in hitrost dobav. Z analizo in prenovo proizvodnega procesa lahko povečamo uspešnost in vrednost podjetja, kar pozitivno vpliva tudi na njegove finančne kazalnike. Prenova omogoča pravočasno naročanje materiala in učinkovitejše planiranje proizvodnih kapacitet ter posledično vpliva na zmanjšanje potrebnega časa, stroškov dodatnega dela in materiala.

Tudi v industriji predelave kombijev v avtodome predstavljata izziv konstruiranje in dobava individualiziranih in notranje raznolikih modelov avtodomov glede na trende na različnih trgih, za kar pa je ključnega pomena razvoj skladnega in učinkovitega postopka konfiguriranja naročila. Na primeru podjetja Robeta d. o. o. smo analizirali obstoječe stanje procesa prodaje in naročanja avtodoma (kreiranja naročila končnega izdelka) ter procesa proizvodnje.

Pripravili smo model izboljšane procesa kreiranja naročila. Razvili in uporabili smo konfigurator B2B, ki omogoča standardizirano in avtomatizirano izvajanje naročila ter integracijo vseh potrebnih podatkov med proizvajalcem in trgovcem. S prenovo procesov in razvojem informacijske rešitve smo odstranili razhajanja med notranjimi in zunanji izvajalci proizvodnih in prodajnih procesov. Z uvedbo izboljšav in informatizacijo procesa kreiranja naročila za poslovne uporabnike smo izboljšali odnos med proizvajalcem (podjetje Robeta) in končnim uporabnikom (fizično osebo). S tem smo povečali učinkovitost proizvodnih procesov, izboljšali uporabniško izkušnjo v odnosih B2B in B2C ter zmanjšali stroške prodajnega in proizvodnega procesa v podjetju.

Ključne besede:

prenova in nadgradnja delovnih procesov, digitalizacija, informatizacija, avtomatizacija, konfigurator

RAZVOJ ČRPALNE ENOTE ZA ČRPANJE SUROVE NAFTE IZ VELIKIH GLOBIN

Simon Oman, Marko Nagode, Jernej Klemenc, Aleš Gosar

Izveček:

Z možnostjo vrtanja v vse večje globine so se pojavile nove priložnosti za pridobivanje nafte. Ocenjeno je, da trenutno več kot 90 % vseh naftnih vrtin za pridobivanje surove nafte potrebuje črpalni sistem oz. umetno dvigovanje. Trenutno se za črpanje uporabljajo relativno stare tehnologije, ki imajo precej pomanjkljivosti in naftnim podjetjem zmanjšujejo zaslužke. Zaradi tega velika naftna podjetja vlagajo v razvoj novih tehnologij, ki bi pomanjkljivosti odpravile. Ena od največjih pomanjkljivosti je nezmožnost ene same obstoječe tehnologije za pokrivanje pretokov skozi celotno uporabno dobo vrtine, zaradi česar je potrebno sprotno prilagajanje vrste tehnologije razmeram v vrtini, kar pa je zamudno in zelo drago. V prispevku je prikazan razvoj nove tehnologije črpalke, ki bazira na sicer obstoječih principih črpanja, vendar z inovativnimi konstrukcijskimi rešitvami omogoča, da se z združevanjem večjega števila črpalnih enot lahko zagotovijo ustrezni volumski pretoki in je ni treba kombinirati z drugimi vrstami črpalk. Zaradi zelo zahtevnih in specifičnih razmer v vrtini je bilo potrebno najti tudi številne tehnične rešitve za reševanje delnih funkcij. Serija prototipov je že bila testirana v vrtinah na globini tri tisoč metrov. Prvi rezultati so zelo vzpodbudni, pokazale pa so se tudi potrebe po izboljšavah in dopolnitvah.

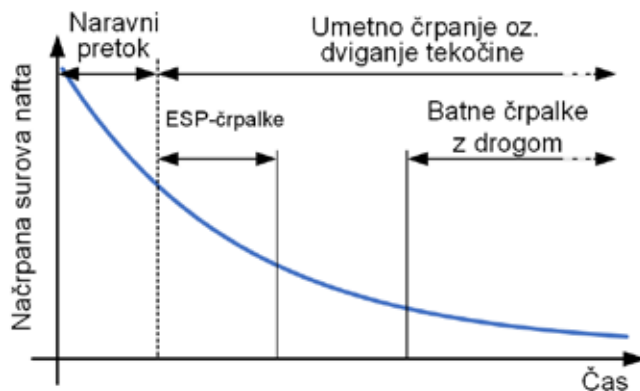
Ključne besede:

črpalke, surova nafta, abrazivni delci, umetno dvigovanje, črpalni sistemi

1 Uvod

Sistemi za črpanje oziroma umetno dvigovanje tekočine (angl. Artificial lift systems) so najpogosteje uporabljene proizvodne tehnologije v naftni in plinski industriji. Vrtine, ki same ne morejo dovajati tekočine na površje pod lastnim tlakom, za proizvodnjo potrebujejo tehnologijo dvigovanja. Nekatere vrtine potrebujejo pomoč pri dvigovanju že od samega začetka, skoraj vse pa proti koncu življenjske dobe [1], saj volumski pretok oziroma količina načrpane nafte iz posamezne vrtine s starostjo vrtine pada po eksponentni krivulji, kot je to poenostavljeno prikazano na *sliki 1*.

V vrtini z naravnim pretokom je v podzemnem zalogovniku shranjene dovolj energije (tlak) za naravni dvig surove nafte na površje. Ko se tlak zmanjša in/ali ko je želeni nivo proizvodnje večji od dejanske zmogljivosti vrtine, je za doseganje razlike treba uporabiti črpalne sisteme za umetno dvigovanje nafte [2]. Globalnih statističnih podatkov o ume-

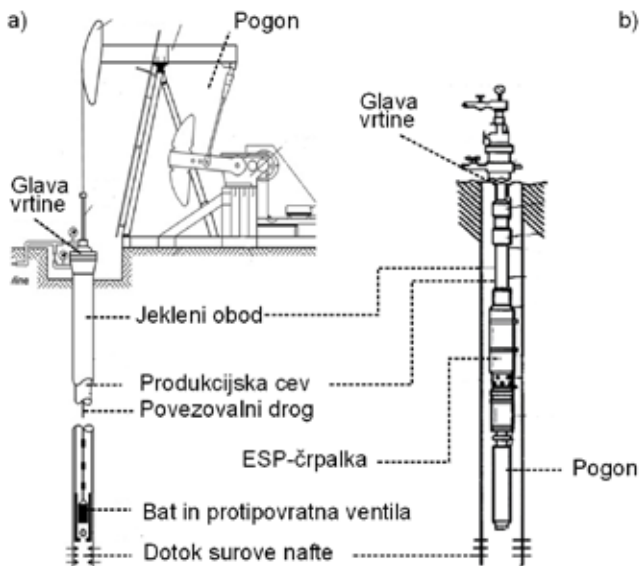


Slika 1: Karakteristike proizvodnje surove nafte tipične vrtine v odvisnosti od njene starosti

tnem črpanju ni; se pa ocenjuje, da 90 % do 95 % proizvodnih vrtin na svetu trenutno uporablja umetno črpanje [1]. Za črpanje se najpogosteje uporabljajo batne črpalke z drogom (angl. Sucker Rod Pumps), električne potopne črpalke (angl. Electric Submersible Pumps oz. ESP) in plinske črpalke. Te tehnologije so bile razvite v preteklem stoletju in imajo precej pomanjkljivosti [3], zato je na tem področju veliko inženirskih priložnosti za izboljšave.

V večini primerov se ob začetku uporabe umetnega črpanja uporabljajo ESP-črpalke (glej *slika 1* in *slika 2b*), ki lahko zagotavljajo visoke pretoke ob za-

Doc. dr. Simon Oman, univ. dipl. inž., **prof. dr. Marko Nagode**, univ. dipl. inž., **prof. dr. Jernej Klemenc**, univ. dipl. inž., **dr. Aleš Gosar**, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 2 : Shematski prikaz črpalnih sistemov z a) batno črpalno z drogom in b) ESP-črpalno

dovoljivem izkoristku [4]. Ker gre za centrifugalne črpalke, sta razpoložljivi pretok in posledično izkoristek močno odvisna od tlačne razlike, ki je potrebna za transport surove nafte iz podzemnega zalogovnika do površja. Ker tlak (in tudi proizvodnja) v podzemnem zalogovniku z uporabo pada, je treba ESP-črpalke večkrat zamenjati z novo, ki je prilagojena takratnim tlačnim razlikam in zahtevanim volumskim pretokom. Zaradi postopka vgradnje črpalke, ki je s površino povezana preko proizvodnijske cevi, ki jo sestavljajo 14 m dolgi cevni elementi, se črpanje prekine za vsaj en teden. Tem prekinitvam črpanja bi se naftna podjetja rada izognila. Pri dovolj nizkem tlaku ESP-črpalke niso več primerne in se navadno nadomestijo z batno črpalno z drogom (slika 2a). Gre za najstarejšo tehnologijo črpanja, ki pa je stroškovno ugodnejša in dovolj zanesljiva. Črpalke sestavljajo bat, protipovratna ventila in drog, ki je povezan z mehanskim pogonom na površini. Omejitve batnih črpal z drogom so razmeroma nizek volumski pretok in številne težave [5], ki so najbolj pogosto povezane z obrabo droga oziroma jeklenega oboda vrtine (drgnjenje droga ob jekleni obod vrtine). Prekomerna obraba v številnih primerih poruši drog, kar zahteva izvek črpalke, menjavo droga in orodjarsko korekcijo na jeklenem obodu vrtine. Kljub vsemu pa je življenjska doba batnih črpal z drogom bistveno daljša kot pričakovana doba ESP-črpal (približno razmerje: 1 leto ESP, 10 let batna z drogom). Ker batne črpalke z drogom omogočajo precej nižje volumske pretoke kot ESP-črpalke, se po zamenjavi v proizvodnji surove nafte pojavi manko, kot je prikazano na sliki 1. Navadno se zato čas do popolne izpraznitve naravnega zalogovnika s surovo nafto podaljša.

Zaradi zgoraj naštetih težav z obstoječimi tehnologijami umetnega dvigovanja nafte iz globokih vrtn so se v naftnih podjetjih pojavile želje in s tem

potencial za razvoj novih tehnologij črpanja surove nafte, ki bi lahko pokrivalo proizvodnjo celotno življenjsko dobo naravnega zalogovnika. V tem prispevku je prikazan koncept nove tehnologije, ki z inovativno rešitvijo združevanja večjega števila črpal v celoto omogoča pokritje celotnega produkcijskega območja za večino vrtn.

2 Idejna zasnova črpalne naprave

Pri iskanju nove črpalne tehnologije, ki bi omogočala velik razpon pretokov/proizvodnje in premaganje velikih tlačnih razlik, je potrebno upoštevati še dodatne geometrijske omejitve, ki močno skrčijo nabor uporabnih rešitev. Globoke naftne vrtine so namreč po premeru relativno majhne in je zato razpoložljivega prostora za črpalno ob relativno velikih maksimalnih pretokih zelo malo. Vsi robni pogoji, ki bi jih nova tehnologija morala zadostiti, so podani v tabeli 1. S krepko so zapisani parametri, ki jih mora nova tehnologija nujno dosegati.

Glede na zahteve je bil za črpalni sistem izbran že dobro preverjen aksialni batni črpalni sistem, ki dobro funkcioniira tudi v batnih črpalnih z drogom, s to razliko, da bi bil pri razviti rešitvi pogon bata nameščen poleg črpalke v vrtini in ne na površju, kot je to pri batnih črpalnih z drogom. Zaradi zahtevnih robnih pogojev, kot so visoka temperatura, trdi abrazivni delci in večje količine utekočinjenega zemeljskega plina, je bila v prvem konceptu dodana tudi enota za ločevanje surove nafte, trdih delcev in plina. Z uporabo enote za ločevanje se ob večji količini plina močno zmanjša potreba po zaustavitvi črpanja in hkrati pomembno podaljša življenjska doba črpalke [6]. Celotna shema razvitega koncepta črpalnega sistema je prikazana na sliki 3.

Zaradi številnih omejitev in zahtevnih obratovalnih pogojev je bila neposredna prilagoditev obstoječih konceptov aksialnih batnih črpal praktično nemogoča. Težave, s katerimi smo se srečali pri snovanju in bodo v nadaljevanju nekoliko bolj podrobno opisane, so bile naslednje:

i Dimenzijske omejitve. Podrobnejše računske analize so pokazale, da je zaradi zelo navzgor omejenega premera črpalke (114,3 mm) zahtevani volumski pretok s samo eno črpalno enoto praktično nemogoče doseči. Za doseganje želenih pretokov bi bilo tako potrebnih več vzporedno vezanih črpalnih enot. Zato smo od vsega začetka iskali rešitev, ki bi zagotovila vzporedno povezavo aktivno kontroliranih črpalnih enot z vidika pretoka in zaporedni postavitvi, ki jo dovoljuje geometrija vrtine. Tako z izbiro delujočega (aktivnega) ali nedelujočega (neaktivnega) stanja posamezne črpalne enote diskretno reguliramo volumski pretok in omogočimo namestitev redundantnih črpalnih enot, s čimer se

Tabela 1 : Zahteve in robni pogoji za optimalno tehnologijo umetnega dviganja nafte

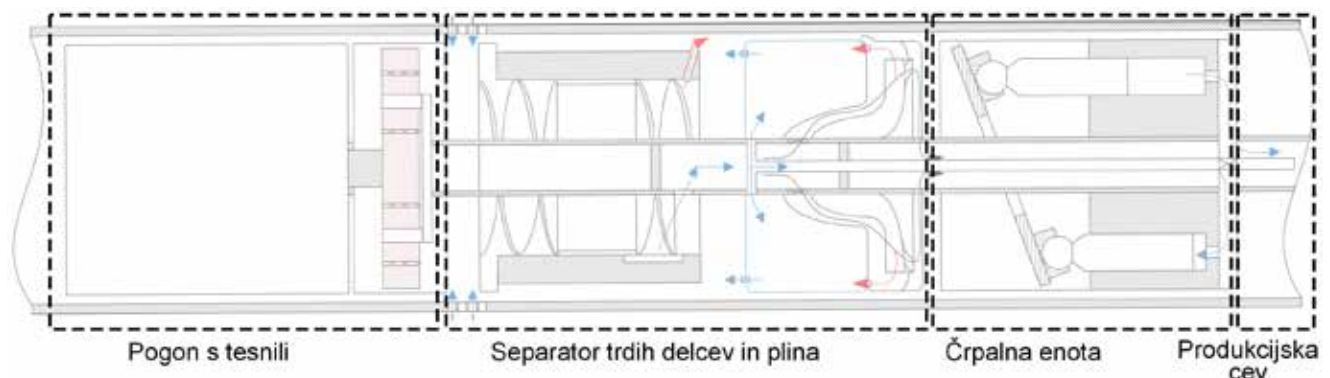
Lastnosti surove nafte	Maksimalna temperatura	°C	115,5
	Gostota	kg/m ³	809
	Viskoznost pri 26,6 °C	cP	1,7
	Viskoznost pri 115,5 °C	cP	0,2
	Točka uplinjanja (angl. Bubble point)	bar	206
	Razmerje plina in nafte: GOR	Scf/stb	150-2000
	Koncentracija trdih delcev	g/m ³	2,03
Dimenzije:	Povprečna velikost trdih delcev	µm	91,7
	Notranji premer vrtine	mm	154,8
	vrtine/produkcijske cevi/črpalke	°/m	5° na 3 m
	Povprečna ukrivljenost vrtine	°/m	2° na 27,5 m
	Notranji premer produkcijske cevi	mm	62
Tlak	Maksimalna globina vrtine	m	3200
	Maksimalni zunanji premer črpalke	mm	114,3
	Minimalni sesalni tlak	bar	20
Pretok	Imenska tlačna razlika črpalke	bar	190
	Minimalni pretok	L/min	2,76
Pretok	Še sprejemljiv maksimalni pretok	L/min	176
	Maksimalni pretok	L/min	276

pomembno poveča zanesljivost črpalnega sistema. Ker so črpalne enote funkcijsko neodvisne, razvita rešitev omogoča dodajanje, odstranjevanje ali zamenjavo črpalnih enot, s čimer je mogoče celoten sistem prilagoditi potrebam posamične naftne vrtine.

ii **Zahtevni tribološki pogoji.** Črpalni medij ni čist in tako neprimeren za mazanje gibljivih delov v črpalki, kot je to navadno rešeno v hidravličnih aksialnih batnih črpalkah. To je zahtevalo razvoj drugačnega principa pogona batov. Zaradi abrazivnih delcev v surovi nafti je črpalka izpostavljena povečani obrabi. Posledično so bile glede na znane rešitve potrebne prilagoditve tesnjenja in vodenja batov.

iii **Zahtevni obratovalni pogoji.** Poleg tlaka in nizke viskoznosti surove nafte je material konstantno izpostavljen visoki temperaturi (~ 115 °C), ki se lahko lokalno zaradi kontaktov in trenja še poveča. V surovi nafti je precej oksidativnih kemičnih spojin, zaradi tehnoloških postopkov pa se pri proizvodnji lahko uporabljajo tudi agresivne jedke spojine. Izbor primernih materialov je bil zato podrejen standardom naftne in plinske industrije in posledično precej omejen.

V nadaljevanju so prikazani ključni koraki koncipiranja ob upoštevanju danih omejitev in obratovalnih pogojev, utemeljitev izbranega koncepta ter primer eksperimentalnega vrednotenja delne rešitve – vodenje črpalnih batov.



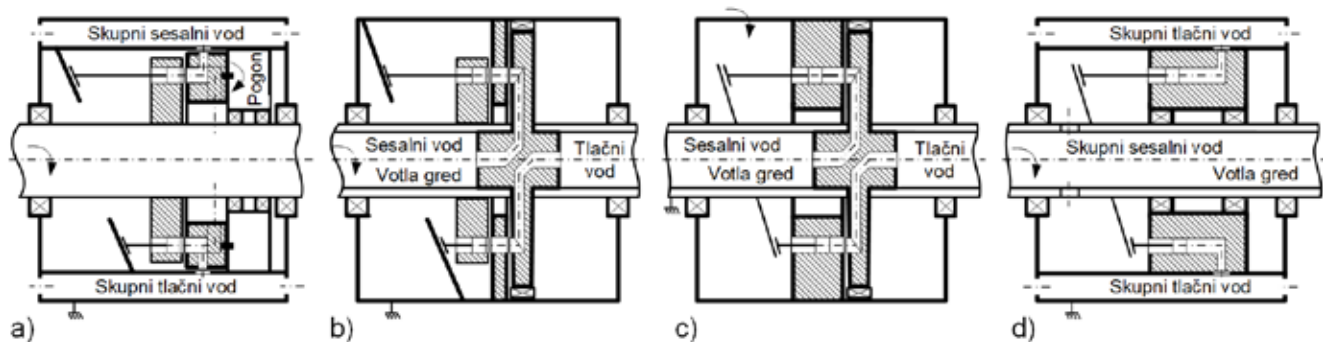
Slika 3 : Shematski prikaz sestave modularnega črpalnega sistema

3 Koncipiranje, analiza in eksperimentalno vrednotenje delnih rešitev črpalne enote

V prvem koraku konstrukcijskega razvoja je potrebno določiti koncept, ki lahko zagotavlja izpolnitev večine, če ne celo vseh, podanih zahtev. Nekaj različnih razvitih konceptov črpalnega sistema in črpalnih enot, ki bi potencialno ustrezali danim zahtevam in obratovalnim pogojem, je prikazanih v naslednjem poglavju. V nadaljevanju pa so prikazane še različne zasnove izbranega koncepta ter analizirani in eksperimentalno ovrednoteni delovni principi, ki omogočajo delovanje v oteženih okoljskih pogojih.

3.1 Koncepti črpalnih enot

Glede na izkušnje s hidravličnimi črpalkami in črpalnimi sistemi smo se pri koncipiranju in razvoju črpalne enote omejili na principe aksialnih batnih črpalk. Med drugim tudi zaradi preverjeno dobrega in zanesljivega delovanja, robustne in relativno enostavne zgradbe in primernih črpalnih zmogljivosti. Ker je bilo znotraj dovoljenega premera ohišja zelo malo prostora za vgradnjo precej velikih mehanskih ali električnih aktivatorjev, s katerimi se pri variabilnih črpalkah nastavlja naklon nagibne plošče za regulacijo pretoka, smo se odločili za koncept s fiksno ploščo oz. črpalno enoto s konstantno iztisinno. Nekaj od teh konceptov je prikazanih na *sliki 4*.



Slika 4 : Koncepti aksialne batne črpalke s fiksno ploščo z (a) vrtečo se gredjo in stacionarnim ohišjem, (b) z vrtečo se votlo gredjo in stacionarnim ohišjem, (c) s stacionarno votlo gredjo in vrtljivim ohišjem, (d) z vrtečo se votlo gredjo in stacionarnim ohišjem

Tabela 2 : Vrednotenje konceptov nove črpalke za črpanje nafte

Koncept	Prednosti koncepta	Slabe lastnosti koncepta	Splošna ocena
(a)	Omogoča redundanco Omogoča sklapljanje enot za doseganje poljubnega pretoka Ima polno gred in mirujoče ohišje	Ima konstantno iztisinno Potrebuje pogon za vklapljanje in izklapljanje posamezne črpalne enote	4/4
(b)	Enostavna oblika Centralni vod za pretok nafte Mirusoče ohišje	Ne omogoča redundance Velika količina kontaktnih/tesnilnih površin Ima omejen maksimalni pretok (le ena enota) Ima konstantno iztisinno Ima votlo gred	2/4
(c)	Enostavna oblika Centralni vod za pretok nafte	Ne omogoča redundance Velika količina kontaktnih/tesnilnih površin Ima omejen maksimalni pretok (le ena enota) Ima konstantno iztisinno Velike vztrajnostne mase	2/4
(d)	Omogoča redundanco Omogoča sklapljanje enot za doseganje poljubnega pretoka Mirusoče ohišje	Ima konstantno iztisinno Velika količina kontaktnih/tesnilnih površin Otežena redundanca	3/4

Vsi prikazani koncepti lahko zagotovijo zeleno tlačno razliko in jih je mogoče namestiti v ohišje, vendar pa noben ne izpolnjuje zahteve po volumskem pretoku. Izmed zamišljenih konceptov smo zato izbirali samo take, ki omogočajo sestavljanje črpalnih enot v črpalni sistem ter s tem doseganje potrebnega volumskega pretoka in redundanco. Skupni pretok je tako odvisen od vsaj dveh ali več uporabljernih in delujočih črpalnih enot, dodatna regulacija pa je mogoča z uporabo frekvenčnega reguliranja pogonskega elektromotorja. Kvalitativna ocena z utemeljitvijo v smislu izvedljivosti, redundance in izpolnjevanja zahtev je za vsak koncept na sliki 4 predstavljena v tabeli 2.

Ker lahko koncept (a) (slika 4a), v nadaljevanju tega članka poimenovan kot koncept z enotnim tlačnim in sesalnim vodom, izpolni več zahtev v primerjavi z ostalimi tremi koncepti, je bil izbran za nadaljnje raziskave in razvoj. Podrobnosti so predstavljene v naslednjih poglavjih.

3.2 Koncept z enotnim tlačnim in sesalnim vodom

V tem poglavju so prikazani ključni koraki študije izvedljivosti koncepta z enotnim tlačnim in sesalnim vodom glede na zeleni oziroma maksimalni volumski pretok. Študija je upoštevala naslednje predpostavke:

- ▶ enotni sesalni vod mora zagotavljati pretok 176 l/min (tabela 1),
- ▶ po priporočilih za hidravlične sisteme hitrost medija v sesalnem vodu ne sme presegati 1,23 m/s (ob predpostavki atmosferskega tlaka na vstopu) in 7,62 m/s v tlačnem vodu [7],
- ▶ zagotovljen mora biti prostor za skožnje povezovalne prednapete vijake,
- ▶ ohišje posamezne črpalne enote zaradi koncepta izmenljivosti ne sme biti preobremenjeno (trdnost),
- ▶ notranji premer ohišja črpalne enote mora zagotavljati dovolj prostora za ploščo z ležaji, blok cilindrov z bati, ventile, tesnila.

Pri določanju zmogljivosti posamezne črpalne enote je bilo najprej potrebno izračunati največji še dovoljeni presek tlačnega in sesalnega voda, ki ju dovoljuje razpoložljiva geometrija, preden je material napetostno in deformacijsko preobremenjen. Zaradi kompleksnosti geometrije so bile te analize narejene s pomočjo računalniških modelov in s simulacijami s končnimi elementi (Simulia Abaqus).

Prav tako je bilo treba določiti tudi najmanjši dovoljeni presek sesalnega voda, ki je vezan na dejansko hitrost črpanega medija (nafta). Pri visokih hitrostih (majhni preseki) se namreč hitro pojavijo težave s kavitacijo, z nezveznim nihanjem tlaka s turbulentnimi izgubami, padci in tlačni skoki. Najmanjši

dovoljeni presek sesalnega voda smo izračunali po enačbi (1).

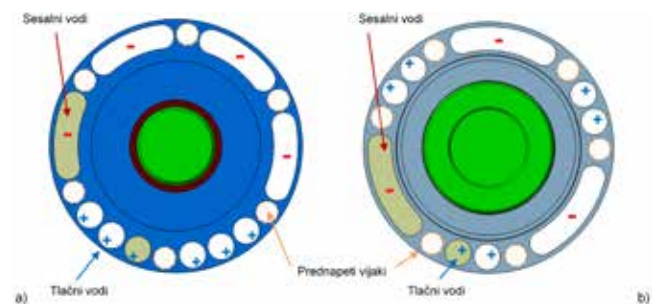
$$A_{S,min} = \frac{Q}{v_S} = \frac{176 \cdot 10^6 \text{ mm}^3}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1}{1,23 \cdot 10^3} \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 2385 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

Najmanjši dovoljeni presek tlačnega voda smo izračunali po enačbi (2).

$$A_{T,min} = \frac{Q}{v_T} = \frac{176 \cdot 10^6 \text{ mm}^3}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1}{7,62 \cdot 10^3} \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 385 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Ob znanih omejitvah, tako geometrijskih kot fizikalnih, smo izvedli geometrijsko optimizacijo preseka. Pomembno je poudariti, da smo pri geometrijski optimizaciji stremeli predvsem k povečanju prečnega preseka sesalnega voda. S tem smo želeli zmanjšati tlačne izgube na sesalni strani, ki lahko vzdolž črpalnega sistema povzročijo precej težav, kot je naravno uplinjanje utekočinjenega zemeljskega plina, ki lahko pomembno zmanjša volumetrični izkoristek črpalke ali pa jo celo onemogoči (večje količine plina ob protipovratnih ventilih se zaradi kompresijskega razmerja plin-nafta ne da izločiti in zato črpalna namesto črpanja surove nafte samo tlačni plinski mehur).

Končna geometrija presekov in postavitev sesalnih in tlačnih vodov vseh črpalnih enot sta prikazani na sliki 5b. Na sliki 5a pa je predstavljen prvotni koncept, ki pa ne zadosti trdnostnih kriterijev. Naj še omenimo, da v kolikor predvideni minimalni specificirani tlak na sesalni strani ni enak 0 bar (v našem primeru je predvidenih 20 bar), je dejanska potrebna površina sesalnega voda glede na prvotni izračun iz enačbe (1) lahko sorazmerno manjša.



Slika 5 : Prečni preseki ohišja črpalne enote z enotnimi sesalnimi in tlačnimi vodi a) pred geometrijsko optimizacijo in b) po njej

3.3 Analiza in eksperimentalno vrednotenje obstoječih rešitev

Na trgu obstaja več različnih konstrukcijskih izvedb aksialnih batnih črpal, vsaka s svojo prednostjo in slabostjo. Ker se je izkazalo, da nobena od obstoječih konstrukcijskih izvedb ne bo mogla zagotoviti vseh

zahtevanih parametrov črpanja in hkrati izpolniti vseh geometrijskih in obratovalnih pogojev, smo za izbrani koncept predvideli kombinacijo delnih rešitev (tesnjenje, ventili, vpetja batov na nagibno ploščo, materiali, ...) po zgledu preverjenih in delujočih rešitev. Ob tem je bila izvedena analiza trga in veljavnih patentov.

Zaradi velikega števila mehanskih komponent in drsnih stikov med njimi je največji izziv, kako doseči zadostno zanesljivost črpalne enote. Zaradi zelo nizke viskoznosti surove nafte pa se lahko pomembno zmanjša tudi učinkovitost črpanja. Ker je bilo razvitih več tehničnih rešitev, ki naslavlajo različne funkcijske posebnosti, se bomo v tem članku omejili samo na predstavitev rešitve vodenja batov. Gre za zanimiv in zahteven tribološki in mehanski detajl, od katerega je odvisno delovanje celotnega črpalnega sistema. Primer je še toliko bolj specifičen, saj je za razliko od klasične hidravlične aksialne črpalke kontakt močno obremenjen z nečistočami, trdimi abrazivnimi delci in kemičnimi specifikami surove nafte. Namen te predstavitve je pokazati, kako nizka viskoznost surove nafte (črpanega medija) in abrazivni delci vplivajo na obrabo in zmanjšujejo predvideno dobo trajanja aksialne batne črpalke. V ta namen smo izdelali preizkuševališče in izvedli preizkuse na standardni hidravlični aksialni batni črpalci za črpanje olja in nato še na standardni aksialni batni črpalci, ki pa se uporablja za črpanje vode. Ti dve črpalci sta bili izbrani zaradi njunih specifičnih rešitev vodenja in tesnjenja batov, uporabljenih kombinacij materialov, zmožnosti zagotavljanja primerno visokega tlaka in volumskega pretoka ter predvsem povsem različnih konceptov črpanja. Detajli o materialu in poteku preizkusov so podani v nadaljevanju.

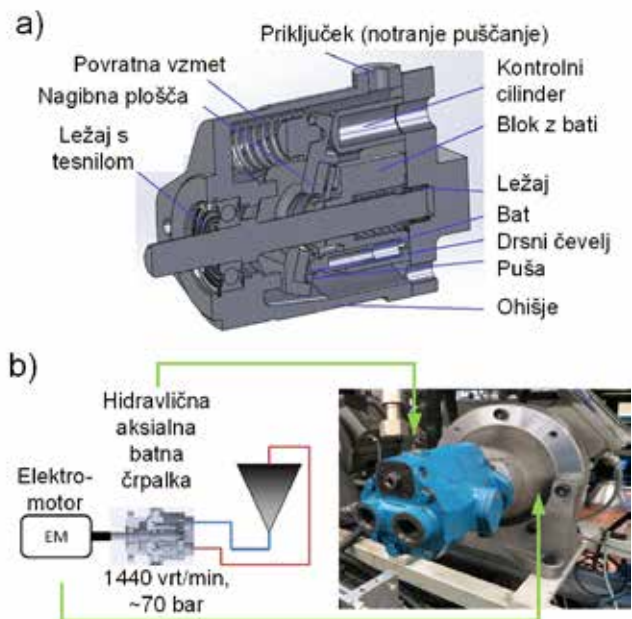
3.3.1 Eksperiment 1: vpliv olja z nizko viskoznostjo

Prva eksperimentalna postavitev je bila zasnovana za oceno delovanja standardne aksialne batne črpalke (Vickers PVQ10) pri črpanju olja z nizko viskoznostjo. Črpalka je imela konstantno iztisnino 10 cm³, vrtljivi blok cilindrov, nagibno ploščo in devet batov, kot je shematično prikazano na *sliki 6a*. Črpalka je bila na eni strani mehansko povezana z elektromotorjem, na drugi strani pa je bila s hidravličnimi cevmi povezana z rezervoarjem za olje, kot je prikazano na *sliki 6b*.

Fizikalne lastnosti uporabljenega olja so predstavljene v *tabeli 3*. Pri tem preizkusu smo olje filtrirali, trdih abrazivnih delcev nismo uporabili.

3.3.2 Eksperiment 2: vpliv trdih in abrazivnih delcev

Pri drugem eksperimentu je bil cilj preveriti vpliv trdih delcev na delovanje standardne hidravlične batne črpalke. Eksperimentalna postavitev je bila



Slika 6 : Eksperimentalni sistem: a) računalniški model aksialne batne črpalke s ključnimi sestavnimi deli in b) shema ter slika eksperimentalnega sistema

Tabela 3 : Lastnosti uporabljenega črpalnega medija pri eksperimentu 1.

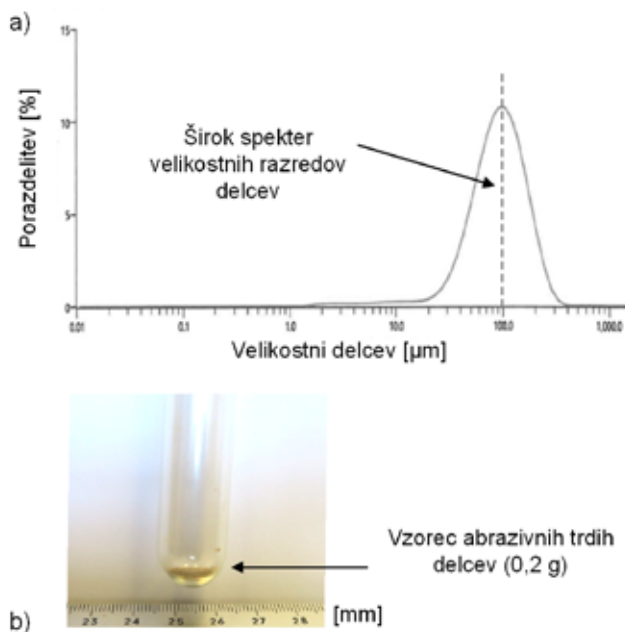
Material	Naziv	Opis in lastnosti
Črpalni medij	OLMOL EDM 270	Dielektrično olje za elektroerozijo
		Viskoznost: 2,2 cP pri 20 °C 0,4 cP pri 90 °C
Širina senzorja	11,4 mm	Gostota: 809 kg/m ³
Trdi delci	Brez delcev	/

enaka kot pri prejšnjem eksperimentu, le da je bilo uporabljeno hidravlično olje ustrezne viskoznosti. Lastnosti uporabljenega hidravličnega olja so podane v *tabeli 4*. Za izvedbo preizkusov smo uporabili vnaprej pripravljeno mešanico prahu [11] z znano porazdelitvijo velikosti trdih delcev. Prašna mešanica z znano vsebino se tudi sicer uporablja za testiranje naftnih črpalnih sistemov in filtrirnih enot, saj ima prah skoraj enako porazdelitev velikosti delcev in kemično sestavo kot tisti, najden v naftnih vrtinah. Porazdelitev velikostnih razredov trdih delcev je prikazana na *sliki 7*.

Ker je trdih delcev v naftni vrtini v resnici relativno malo, je bil ekvivalenten vzorec prahu za eksperiment skoraj neznamen. Zaradi tega v razpoložljivem času za testiranje ni bilo mogoče zagotoviti ustrezne ponovljivosti kot tudi ne intenzitete obrabe. Zato smo se odločili, da pospešimo eksperiment in ga izvedemo s povečano koncentracijo trdih del-

Tabela 7 : Lastnosti uporabljenega črpalnega medija pri Eksperimentu 2.

Material	Naziv	Opis in lastnosti
Črpalni medij	HIDROLUBRIC VG 46	Hidravlično olje
		Viskoznost: 40 cP pri 40 °C 5,8 cP pri 100 °C
		Gostota: 871 kg/m ³
Trdi delci	Fini testni prah (Powder Technology Inc.)	0,1 g/L

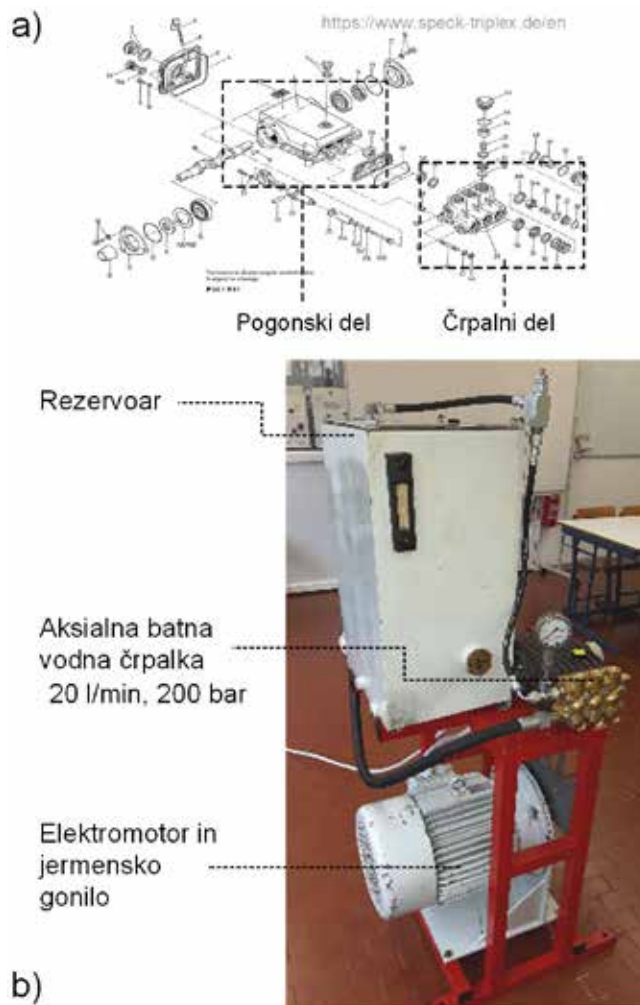


Slika 7 : Eksperimenti s trdimi abrazivnimi delci: a) mešanica testnega prahu s porazdelitvijo nominalne velikosti zrn in b) slika vrtni sorazmerno velikega vzorca prahu za ugotavljanje obrabe 1

cev. Teh je bilo glede na nazivno vrednost 2,03 g/m³ za faktor petdeset (50-krat) več.

3.3.3 Eksperiment 3: vpliv nizke viskoznosti in trdih abrazivnih delcev

Pri tretjem preizkusu je bila klasična hidravlična aksialna črpalka zamenjana s še vedno standardno aksialno črpalko, ki pa se uporablja za črpanje vode (Speck Triplex P30/36-150) in je prikazana na *sliki 8b*. Črpalka je po specifikacijah proizvajalca zmožna zagotavljati dovolj veliko tlačno razliko kot tudi črpati tekočino z nizko viskoznostjo in visoko temperaturo, npr. skoraj vrelo vodo z veliko nečistoč. Za razliko od prej omenjene hidravlične aksialne batne črpalke ima aksialna batna črpalka vodene in dva-



Slika 8 : Eksperimentalni sistem z aksialno batno črpalko Speck Triplex za črpanje vode

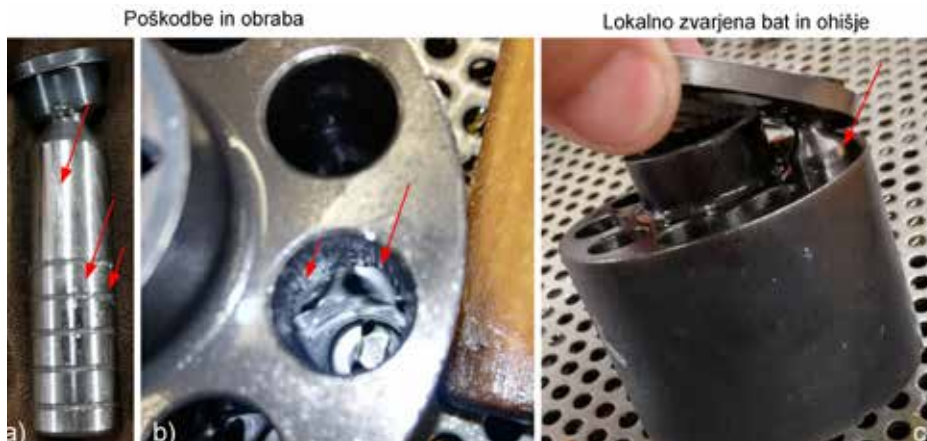
krat tesnjene bate, kar dovoljuje ločen pogonski in tlačni del, kot nazorno prikazano na *sliki 8a*.

4 Rezultati

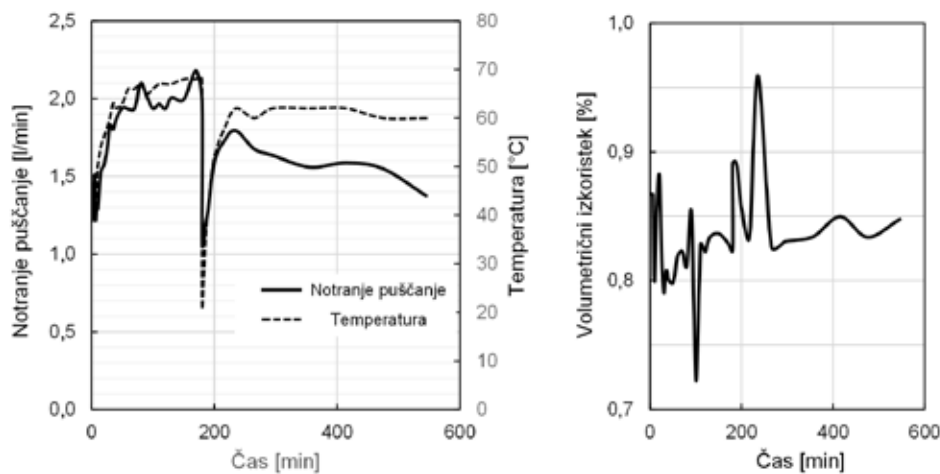
4.1 Eksperiment 1

Pri prvem eksperimentu je črpalka odpovedala v manj kot 2 minutah po zagonu. Ugotovljeno je bilo, da so okvaro povzročile lokalno preobremenjene kontaktne površine med cilindrom in bati, zaradi česar je eden od batov zaribal. Podrobnosti opazovanih lokalno poškodovanih površin na enem batu in znotraj ene od lukenj bata v cilindru so prikazane na *sliki 9a* oziroma *sliki 9b*. Po poskusu enega bata zaradi lokalne zavaritve z ohišjem ni bilo mogoče odstraniti, kar je prikazano na *sliki 9c*.

Rezultat testa je pokazal, da klasične hidravlične črpalke niso sposobne črpanja medijev z nizko viskoznostjo, saj zaradi slabega mazanja prihaja do težav. Rešitev za odpravo teh težav je v menjavi



Slika 9 : Aksialna batna črpalka po eksperimentu s trdimi delci: a) lokalna površinska poškodba na enem od batov in b) v luknjah cilindra ter c) lokalno zvarjena (zaribana) bat in ohišje



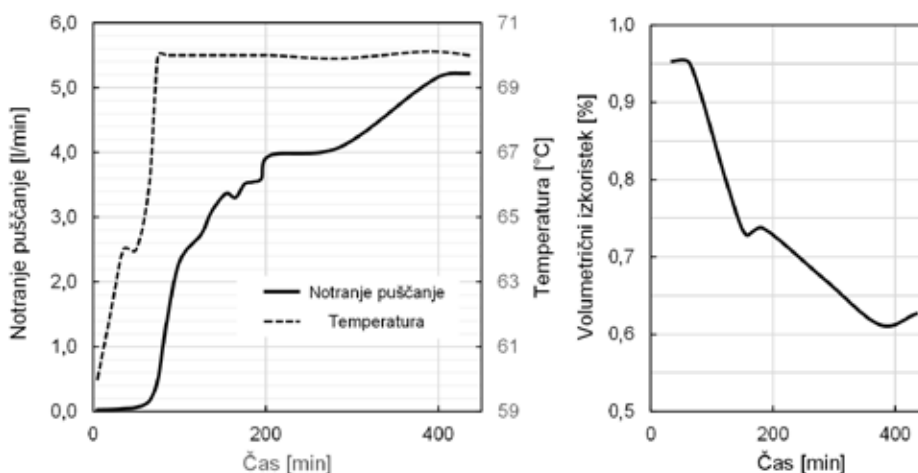
Slika 10 : Rezultati meritev črpalke z batki, prevlečenimi z DLC-prevleko: a) temperatura in notranje puščanje v odvisnosti od časa in b) volumetrični izkoristek v odvisnosti od časa

materialnega para, kjer prihaja do težav. V naslednjem koraku je bila opravljena raziskava vpliva različnih kombinacij materiala na obnašanje med preizkusom. Najprej so bili batki prevlečeni s trdo DLC-oblogo, v naslednjem koraku pa luknje cilindra povečane in vanje vstavljene keramične puše iz cirkonijeve keramike (ZrO_2), ki zagotavlja zelo nizke koeficiente trenja in relativno veliko udarno odpornost. Že eksperiment s prevlečenimi bati je pokazal, da so se kontaktne razmere občutno popravile in je zato črpalka delovala stabilno, kar potrjujeta dia-

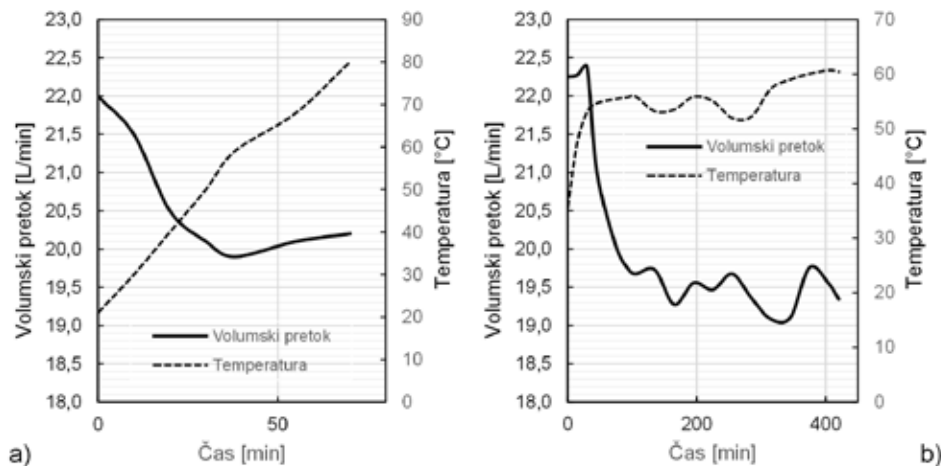
grama temperature in notranjega puščanja ter volumetričnega izkoristka na sliki 10. Pojasnilo k *sliki 10*: eksperiment je bil po 180 min začasno prekinjen, zaradi česar sta na grafu notranje puščanje in temperatura pred ponovnim zagonom upadla.

4.2 Eksperiment 2

Pri drugem eksperimentu je črpalka delovala štiri ure, preden je volumetrični izkoristek padel pod 70 %. Zaradi abrazivnih lastnosti uporabljenega te-



Slika 11 : Rezultati meritev s hidravličnim oljem: a) notranje puščanje in temperatura in b) volumetrični izkoristek v odvisnosti od časa



Slika 12 : Rezultati meritev volumskega pretoka in temperature hidravličnega olja v odvisnosti od časa za eksperiment z vodno črpalko: a) brez trdih delcev in b) s trdimi delci

stnega prahu se je notranje puščanje nenehno povečevalo. To je ob koncu eksperimenta doseglo že 5 l/min, zaradi česar je bil eksperiment ustavljen. Izmerjeno notranje puščanje in temperatura ter pripadajoči volumetrični izkoristek črpalke so predstavljeni na *sliki 11a* oziroma *sliki 11b*.

Detajlna analiza črpalke po eksperimentu je pokazala, da se obraba (vizualna kontrola) pojavlja na vseh mestih z drsnim kontaktom. Opažena obraba med bati, prevlečenimi z DLC-prevleko in cilindrom, je bila relativno majhna v primerjavi z obrabo, ki je nastala na ventilski plošči, ki je v tem primeru največ doprinesla k notranjemu puščanju. Te ugotovitve so pripeljale do sklepa, da koncept črpalke z ventilsko ploščo ni primeren za predvideno dolgotrajno delovanje pri zahtevnih pogojih obratovanja z veliko količino abrazivnih delcev. Hkrati pa smo ugotovili, da trde prevleke na batih lahko bistveno pripomorejo k izboljšanju obrabne odpornosti drsnih kontaktov. Prav tako bi bilo za dolgotrajno delovanje potrebno kontakt bat-cilinder še dodatno izboljšati in po zgledu raziskave Wang et al. [9] v cilinder namestiti keramične puše.

4.3 Eksperiment 3

Rezultati tretjega eksperimenta so pokazali (*slika 12*), da kombinacija keramike in jekla v kontaktnem paru bat-cilinder zelo dobro deluje (zanemarljiva obraba in notranje puščanje), pospešeni testi s povečano količino prahu pa kažejo, da sedežni tip protipovratnega ventila v primerjavi z drsno ploščo kaže večjo odpornost na mehansko obrabo in posledično omogoča doseganje daljše dobe trajanja kljub prisotnosti abrazivnih delcev. Dodatno spoznanje med testiranjem vodne črpalke je tudi to, da rešitev s povsem ločenim pogonskim in hidravličnim delom omogoča črpanje olja/vode z nizko viskoznostjo pri visokih tlakih in odlično prenaša nečistoče in abrazivne delce. Velja pa omeniti, da tovrstna rešitev zahteva večjo skrb za zagotavljanje ustreznih mazalnih pogojev pogonskega dela, saj voda ali olje z nizko viskoznostjo ne nudita primerljivih mazalnih pogojev hidravličnemu olju z dodatki.

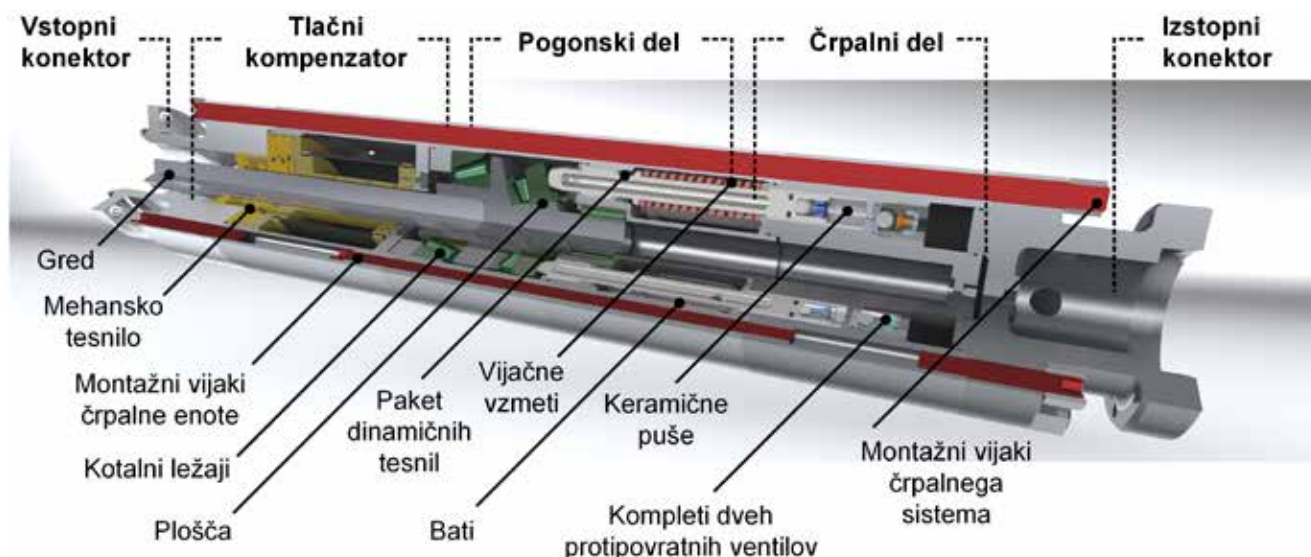
Vsa navedena spoznanja so ob še številnih vmesnih analizah in eksperimentalnem vrednotenju pripeljala do končne tehnične rešitve konstrukcije črpalke za črpanje surove nafte z nizko viskoznostjo pri visokem tlaku in visoki temperaturi, ki je predstavljena v naslednjem poglavju.

5 Predstavitev končne konstrukcijske črpalke

Po številnih korakih optimizacije, eksperimentalnih verifikacij in vpeljavi posameznih inovativnih rešitev za reševanje delnih funkcij je bila določena končna konstrukcija črpalne enote. Računalniški model razvite črpalne enote je v prerezu prikazan na *sliki 13*.

Črpalna enota je v grobem sestavljena iz sredinskega dela s pogonskim in tlačnim delom ter dveh priključnih konektorjev. Priključni konektor na izhodni strani omogoča spojitve črpalne enote s produkcijsko cevjo (cev, po kateri teče surova nafta iz naravnega zalogovnika do površine), priključni konektor na vhodni strani pa priključitev črpalne enote na separator trdih delcev in plina. vzdolž votle sredine separatorja se vrti gred, ki povezuje črpalno enoto in pod separatorjem nameščen pogonski elektromotor. To omogoča, da se med oba konektorja lahko namesti poljubno (glede na zmožnosti elektromotorja) število črpalnih enot in s tem regulira trenutni in posledično tudi največji razpoložljivi volumski pretok.

Tlačni del predstavlja devet batov s pripadajočim parom povratnih ventilov, ki omogočajo ustvarjanje tlačne razlike, potrebne za črpanje surove nafte. Ta se, tako na sesalni ali tlačni strani, pretaka po vzdolžnih kanalih, ki so nameščeni po zunanjem obodu ohišja. Patentirani koncept [10] z združenimi sesalnimi kanali in združenimi tlačnimi kanali omogoča poleg možnosti zaporednega sestavljanja črpalnih enot tudi ustrezno hlajenje pogonskega dela črpalne enote, v katerem je nagibna plošča skupaj s celotnim uležanjem. Ležaji so mehansko in termično



Slika 13 : Računalniški model razvite črpalne enote v prerezu z označenimi ključnimi sestavnimi elementi

močno obremenjeni, zato je pogonski del v celoti napolnjen z mazalnim oljem, zaradi česar mora biti zagotovljeno dobro tesnjenje na mestih, kjer bati vstopajo v pogonski del. Podobno velja tudi za mesto, kjer v pogonski del vstopa gred. Oba načina tesnjenja sta rešena z namensko razvitimi tesnili: z radialnimi dinamičnimi tesnili na mestih z bati in radialno-aksialnim dinamičnim tesnilom na mestu z gredjo. Zaradi segrevanja in s tem ekspanzije mazalnega olja je v pogonskem delu črpalne enote nameščen tudi tako imenovani tlačni kompenzator, ki poleg kompenzacije ekspanzije olja zagotavlja, da je tlak v pogonskem in črpalnem delu (na sesalni strani) črpalne enote vseskozi izenačen. Slednje močno olajša pogoje tesnjenja.

Delovni oziroma tlačni gib bata je zagotovljen s potiskanjem (oscilacijo) nagibne plošče, na katero so bati le naslonjeni, povratni oziroma sesalni gib pa z vijačno vzmetjo, ki tudi skrbi, da je vrh bata v neprestanem kontaktu z nagibno ploščo. Potisk nagibne plošče se ob ustrezni geometriji ustvarja z vrtenjem gredi, ki ga zagotavlja elektromotor. Takšna zasnova zato zgolj ob menjavi gredi s ploščo z drugim nagibnim kotom zaradi spremembe dolžine hoda batov omogoča prilagoditev nazivne iztislile. Pri danih geometrijskih omejitvah je največji naklonski kot omejen na 16° (iztislina $28,6 \text{ cm}^3$). Če dejanska potreba po pretoku presega zmogljivosti ene črpalne enote, lahko to zagotovi sistem s kombinacijo zaporedno sestavljenih črpalnih enot. Ker je

Tabela 5 : Primer sestava črpalnih enot s prikazom skupnega pretoka (D-delujoča enota, R-redundantna oz. nedelujoča enota)

			Primer 1	Primer 2	Primer 3
Črpalna enota št.	Kot naklonske plošče [$^\circ$]	Iztislina črpalne enote [cm^3/obrat]	Stanje črpalne enote	Stanje črpalne enote	Stanje črpalne enote
1	16	28,6	D	R	D
2	16	28,6	D	R	R
3	16	28,6	R	R	R
4	10	17,9	D	R	R
5	10	17,9	R	R	R
6	6	10,7	D	R	D
7	6	10,7	R	R	R
8	4	7,1	D	D	R
9	4	7,1	R	R	R
Skupni pretok pri 1500 vrt/min [l/min]			140	10,6	58,9
Skupni pretok pri 1500 vrt/min [sodov na dan*]			1261	95	530

* 1 sod = 158,987 l

vsaka črpalna enota povezana na skupni sesalni in skupni tlačni vod, z vgrajenim potnim ventilom pa enoto lahko vklopimo ali izklopimo, je omogočena diskretna regulacija pretoka tudi brez regulacije hitrosti vrtenja gredi in hkrati tudi uporaba redundantnih črpalnih enot. Dodatno prilagodljivost sistema lahko dosežemo s kombinacijo črpalnih enot z različnimi koti naklonskih plošč. V *tabeli 5* so za primer predstavljene tri kombinacije s preračunanimi teoretičnimi črpalnimi zmogljivostmi sestava devetih črpalnih enot z različnimi koti naklonske plošče.

6 Zaključek

V članku je povzet razvoj nove črpalke za črpanje surove nafte z nizko viskoznostjo pri velikih tlačnih razlikah in visokih temperaturah. Glavna inovacija predstavljene črpalke temelji na razviti geometrijsko-tehnični rešitvi, ki z združevanjem večjega števila zaporedno vezanih črpalnih enot omogoča diskretno povečanje razpoložljivega volumskega pretoka (sicer princip vzporedne vezave). Rešitev je bila med potekanjem razvojnega postopka zaščitena z dvema ameriškima patentoma [10,11].

V članku so na kratko predstavljeni eksperimentalni rezultati, s katerim smo na osnovi zahtevanih obratovalnih pogojev pri snovanju koncepta preverili možnost uporabe konstrukcijskih rešitev standardnih hidravličnih črpalk za primer vodenja batov. Podani so razmisleki in ugotovitve glede zdržljivosti in obrabe črpalk ob povečani koncentraciji nečistoč in trdih abrazivnih delcev. Rezultati kažejo, da klasični principi, ki se uporabljajo za črpanje izredno čistega hidravličnega olja, v primeru črpanja nafte niso pri-



Slika 14 : Izdelani prototipi črpalk za testiranje v vrtinah

merni. Kot alternativo smo eksperimentalno preverili visokotlačno črpalno za črpanje vode. Nato so v splošnem prikazani še ključni razmisleki in izvedeni ukrepi, ki so pripeljali do končne delujoče in sprejemljive rešitve vodenja batov. Končna rešitev je tako nadgrajena kombinacija rešitev, poznanih iz visokotlačnih aksialnih batnih črpalk za črpanje vode in hidravličnih aksialnih batnih črpalk z nagibno ploščo.

Prva serija štirih polnofunkcionalnih prototipov črpalk, ki so bile razen posameznih specifičnih sestavnih delov (ležaji, tesnila ipd.) izdelani v Sloveniji (*slika 14*), je že bila testirana v naftni vrtini na globini 3000 m ob realnih pogojih uporabe. V črpalnem sestavu je trenutno po ena črpalna enota. Rezultati so zelo vzpodbudni, saj črpalna enota deluje ustrezno in s pričakovanimi zmogljivostmi. Med testiranjem smo imeli še največ težav z nadziranjem parametrov črpalnišča (velike razdalje in slabo odziven kontrolni sistem) in nepričakovanimi specifičnimi lastnostmi posamezne vrtnice, npr. akumuliranjem trdih delcev na izstopu iz črpalke, kjer se hitrost medija zaradi velikega premera produkcijske cevi močno zmanjša. V pripravi so tudi konstrukcijske rešitve, ki bodo odpravile tudi te pomanjkljivosti.

Viri

- [1] J. Parshall, Challenges, Opportunities Abound for Artificial Lift, *Journal of Petroleum Technology*, 65(03) 70-75, 2013. <https://doi.org/10.2118/0313-0070-JPT>.
- [2] S. Goswami, T. S. Chouhan, Artificial Lift to Boost Oil Production, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 26, 1-5, 2015. <http://dx.doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V26P201>.
- [3] J. Presley, Artificial Lift: Adapting to Change, *Journal of Petroleum Technology*, 74(10), 22-26, 2022.
- [4] K. E. Patron, X. C. Billdal; H. Lu, D. Kutluev, D. Kimery, K. Gau, L. Diederichs, S. Fears, Artificial Lift Strategy for the Life Cycle of Unconventional Wells: A Case Study for Horizontal Shale Wells, *SPE Middle East Artificial Lift Conference and Exhibition, Bahrain*, 2018. <https://doi.org/10.2118/192458-MS>.
- [5] L. R. Heinze, Z. Ge, M. M. Rahma, Sucker-Rod-Pumping Failures in the Permian Basin, *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston*, 1999. <https://doi.org/10.2118/0300 0044-JPT>.
- [6] J. Konieczny, W. Łatas, J. Stojek, Classification of Wear State for a Positive Displacement Pump Using Deep Machine Learning, *Energies*, 16(3) 1408, 2022. <https://doi.org/10.3390/en16031408>.
- [7] Spletni vir: L. A. Li, K. Kolmetz, A. Dwijayanti, Piping Hydraulics Fluid Flow Line Sizing and Material Selection - Rev. 5, *Kolmetz Handbook of Process Equipment Design*, KLM Technology Group, West Malaysia, 2018. <https://www.klmtechgroup.com/PDF/EDG->

EQU/ENGINEERING-DESIGN-GUIDELINES fluid-flow-Rev5.2web.pdf (Datum zadnjega obiska 25.5.2023).

- [8] Spletni vir: Mešanice prahu za naftno in plinsko industrijo. <https://www.powdertechologyinc.com/>. (Datum zadnjega obiska 25. 5. 2023.)
- [9] C. Wang, Y. Ye, X. Guan, J. Hu, Y. Wang, J. Li, An analysis of tribological performance on Cr/GLC film coupling with Si₃N₄, SiC, WC, Al₂O₃ and ZrO₂ in seawater, Tribology In-

ternational, 96 77-86, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.triboint.2015.12.010>.

- [10] S. Oman, M. Nagode, J. Klemenc, F. Majdič, M. Hočevar, A. Gosar, A. Škrlec, L. Olah. Patent US10995745B1, Alexandria: United States Patent and Trademark Office, 2021.
- [11] S. Oman, M. Nagode, J. Klemenc, F. Majdič, M. Hočevar, A. Gosar, A. Škrlec, L. Olah. Patent US10883488B1, Alexandria: United States Patent and Trademark Office, 2021.

Development of a pumping unit for the artificial lift of crude oil from great depths

Abstract:

With the ability to drill to ever greater depths, new opportunities for oil production have emerged. It is estimated that currently more than 90% of all oil wells require artificial lifting. Currently, relatively old technologies are used for production, which have significant drawbacks that reduce oil companies' revenues. For this reason, major oil companies are investing in the development of new technologies to address the shortcomings. One of the major drawbacks is that a single existing technology is not capable of covering the production flows throughout the life of the well, which requires constant adjustment of the technology type to the downhole conditions, which is time consuming and very expensive. The paper demonstrates the development of a new pumping technology based on existing pumping principles, but with innovative design solutions that allow combining multiple pumping units in one pumping system. This ensures sufficient maximum flow, which can be regulated to practically zero. Due to the very demanding and specific conditions in the well, it was also necessary to find a number of technical solutions to solve partial functions. A number of prototypes have already been tested in wells at a depth of three thousand meters. The initial results are very encouraging, but the need for improvements and additions has already become clear.

Keywords:

pumps, crude oil, abrasive particles, artificial lift, pumping systems

**Zanesljiv partner
vaše proizvodnje**

OLMA
www.olma.si

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

Quaker Houghton
MOTUL
tribo-chemie
setral
SLOVENOIL
STORM

ALI JE NOVO HIDRAVLIČNO OLJE ČISTO?

Milan Kambič

V dosedanjih prispevkih v reviji Ventil mazanja smo onesnaženje maziv že večkrat omenili. Našteli smo vrste in izvor kontaminantov, omenili njihov negativni vpliv ter opisali način obvladovanja onesnaženja. Prav tako smo se seznanili s stopnjami čistosti in standardi za njeno podajanje. Hidravlična olja so tista skupina maziv, kjer so zahteve glede stopnje čistosti najstrožje. Zato predpostavljamo, da so sveža hidravlična olja temu primerno čista. Tokrat bomo pogledali, ali je to res.

Obstaja veliko razlogov, zakaj so nova hidravlična olja onesnažena ali ne ustrezajo specifikacijam. Naštajmo jih le nekaj: kontaminirani sodi in druga embalaža, kontaminacija olja v že odprti embalaži in napačno označevanje embalaže. Ljudje smo nepopolni in delamo napake. Nekateri dobavitelji si marljivo prizadevajo izboljšati notranje procese in zmanjšati te težave. Na žalost to ni dovolj in za to smo kot uporabniki maziv, odkrito povedano, sami krivi. Dobavitelji maziv se bodo odzvali na povpraševanje trga. Če zahtevamo čistejša maziva, jih bodo zagotovili [1]. Na začetku bo cena višja, ko pa bo izboljšana čistost postala norma, se bo cena stabilizirala. Na nas je, da izvedemo analizo stroškov in koristi ter ugotovimo, ali bi bila dodatna cena na enoto bolj čiste olja ugodnejša od stroškov opreme za filtriranje, testiranja, delovne ure, porabljene za čiščenje olja, ali stroškov izpada proizvodnje in zmanjšane zanesljivosti. Upali bi si trditi, da v skoraj vsakem primeru bolj čisto olje odtehta višjo ceno [2].

Kako maziva postanejo onesnažena?

V vsakem proizvodnem procesu nastane določena količina odpadkov. Večina teh ostankov je dovolj majhnih, da se prenesejo v zrak in najdejo pot v stroje in izdelke, pa naj gre za cement, hrano, kovinske sode ali druge izdelke. Tudi pri mazivih ni nič drugače. Surova nafta, pridobljena iz zemlje, je onesnažena z delci in drugimi onesnaževalci. Ko napreduje skozi proces rafiniranja, postane »čistejša« tekočina.

Filtriranje je sicer del procesa rafiniranja, vendar se postavlja vprašanje, koliko in do katere stopnje se izvaja. Tudi če bi rafineriji uspelo doseči in vzdrževati pogoje, v katerih ne bi bilo vdora delcev, se

bazna olja nato naložijo v železniške vagone, avtocisterne ali cisterne na krovu morskih ladij in tedaj grede stvari lahko v neželeno smer.

Katere metode se trenutno uporabljajo za zaščito pred onesnaženjem z delci? Ne pozabite, da nismo še niti začeli razpravljati o onesnaženju z vodo ali z drugimi mazivi.

Lahko se vprašamo, kakšen nadzor čistoče je v mešalnicah maziv? Kakšna je strategija za oddušnike v rezervoarjih za shranjevanje baznih olj? Ne smemo spregledati čistosti aditivov, saj ne pomaga ohranjati čistih baznih olj in jih nato onesnažiti z manj čistimi aditivi. Olja zmešamo v mešalni posodi (kotlu). Ali je bila mešalna posoda pred mešanjem izprana s čistim baznim oljem? Ali je ustrezno zatesnjena. Kaj pa samo mešalo? Kakšen je zrak v mešalnici?

Kako je s filtriranjem olja, preden ga nalijemo v končno embalažo? Kakšna je čistost embalaže, v katero polnimo olja? Proizvodnja sodov je sestavljena iz brušenja in varjenja, ki ne ustvarja le kovinskih delcev, ampak skoraj zagotavlja, da bodo delci prišli v kovinske sode. Kaj pa plastenke in plastični sodi? Katere strategije obstajajo za zagotovitev, da bo ta embalaža čista? Strokovnjaki se strinjajo, da bi morali mazivo filtrirati na vsakem koraku postopka, od rafiniranja do končnega pakiranja. Kako lahko zagotovimo, da se bo to zgodilo? Nad tem, kaj se zgodi z mazivi, preden jih prejmemo, imamo le malo kontrole, če sploh kaj.

Kakšne so metode za preprečevanje vdora kontaminantov v olje med transportom z vagoni, tovarnjaki ali avtocisterdami?

Vidimo, kaj vse gre lahko narobe. Ne namigujemo, da se to vedno dogaja in da se bo zgodilo tudi v vašem primeru, vendar: kako ste lahko prepričani? Dokler ne zahtevate, da vaša maziva prispejo čista in suha, se to verjetno ne bo zgodilo. Zakaj bi se rafinerije, proizvajalci aditivov in mešalnice maziv

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. o. o., Ljubljana

Preglednica 1 : Predviden faktor podaljšanja uporabne dobe hidravličnega sistema pri uporabi hidravličnega olja z boljšo stopnjo čistosti od priporočene [3]

Priporočena čistost	Dejanska stopnja čistosti hidravlične tekočine								
	21/19/16	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10	14/12/9	13/11/8
24/22/19	2	3	4	6	7	8	>10	>10	>10
23/21/18	1,5	2	3	4	5	7	9	>10	>10
22/20/17	1,3	1,6	2	3	4	5	7	9	>10
21/19/16		1,3	1,6	2	3	4	5	7	9
20/18/15			1,3	1,6	2	3	4	5	7
19/17/14				1,3	1,6	2	3	4	6
18/16/13					1,3	1,6	2	3	4
17/15/12						1,3	1,6	2	3
16/14/11							1,3	1,6	2
15/13/10								1,3	1,6

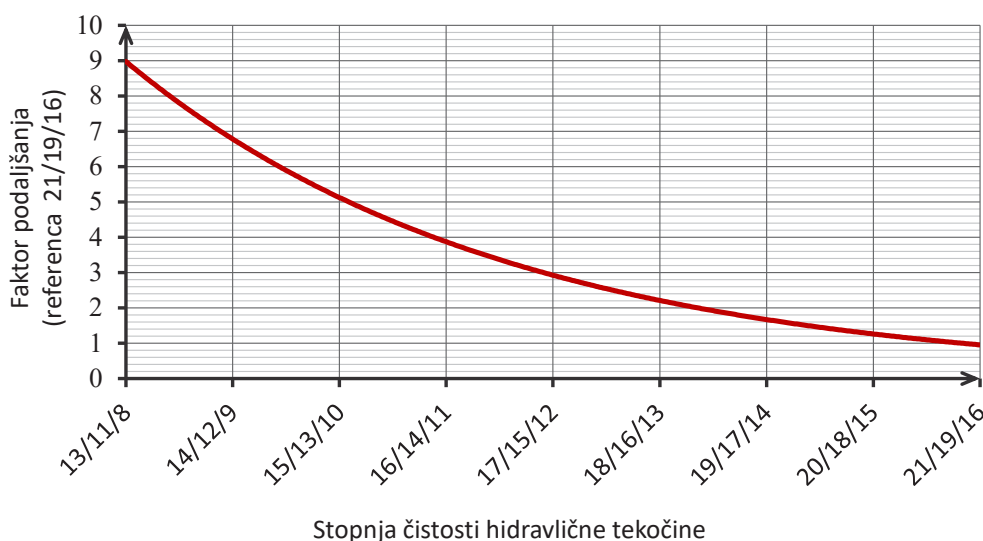
trudili ohraniti komponente za proizvodnjo čiste? Tako kot v vsaki drugi panogi obstaja pritisk za znižanje stroškov. Zakaj bi se mešalnice ukvarjale s filtriranjem ali dodatnim filtriranjem olja, še posebej, če tega ne zahtevate?

Prednosti bolj čistega olja

Glede na doslej napisano skoraj zanesljivo lahko pričakujemo, da so olja, ki jih dobite v svoje podjetje, nekoliko bolj onesnažena od tistih, ki bi jih morali vgrajevati v svoje stroje. Uporabno dobo hidravličnega stroja oz. vgrajenih komponent lahko z uporabo hidravličnega olja z boljšo stopnjo čistosti bistveno podaljšamo. *Preglednica 1* prikazuje predviden faktor podaljšanja uporabne dobe hidravličnega sistema pri uporabi tekočine boljše čistosti [3].

Na primer: če je za določen hidravlični sistem predpisana nazivna stopnja čistosti hidravlične tekočine 21/19/16, v sistemu pa je vseskozi, od vgradnje svežega olja naprej, vzdrževana stopnja čistosti 18/16/13, lahko predvidevamo, da se bo uporabna doba hidravličnega sistema podaljšala za faktor 2. To ilustrativno prikazuje *slika 1*, iz katere je tudi razvidno, da je prav nadzorovanje in vzdrževanje ustrezne stopnje čistosti hidravličnega sistema ključnega pomena za nemoteno dolgotrajno obratovanje in podaljšanje uporabne dobe stroja.

Koliko je za vas in vašo organizacijo vredno takšno podaljšanje uporabne dobe? Ste izgubili stranke zaradi zamujenih dostav? Koliko od teh je bilo neposredna posledica težave, povezane z zanesljivostjo ali izpadi proizvodnje?



Slika 1 : Predviden faktor podaljšanja uporabne dobe hidravličnega sistema pri uporabi hidravličnega olja boljše stopnje čistosti namesto referenčne 21/19/16 [3]

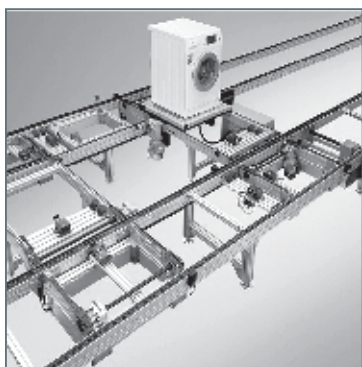
Rexroth

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

Nekateri dobavitelji maziv si prizadevajo zagotoviti čistejša maziva. Tisti, ki delajo tako, so rekli, da to počnejo kot odziv na zahteve strank. Več strank je svoje zahteve glede čistosti celo zapisalo v pogodbo o storitvah, kar je odlična ideja.

Pred uporabo sveže hidravlično olje filtrirajte

Pri nobenem dobavitelju olj še nisem videl embalaže z oljem, na kateri bi pisalo: »Pred uporabo filtrirajte.« Vi ste odgovorni za to nalogo z vsemi povezanimi stroški. Vzpodbudno je, da številna podjetja, ki sem jih obiskal, pred uporabo svoja olja filtrirajo. Na žalost večina teh podjetij filtrira olje naključno dolgo. Lahko na primer slišite: »Priklopimo voziček in filtrirajmo vsak sod eno uro, preden gre v naše rezervoarje.« Kako veste, da je ena ura dovolj ali morda predolga?

Malo verjetno je, da boste olja škodili s predolgim filtriranjem, vendar bi bilo morda bolj koristno v tem času delati kaj drugega. Bolj skrb vzbujajoče je, kadar se olja ne filtrirajo dovolj dolgo in se v opremo vlije umazano olje. Brez kakršnega koli štetja delcev lahko le ugibate, kako dolgo naj se vaša olja filtrirajo.

Z nekaj izjemami se olja ne smejo uporabljati brez filtracije. Potrebni čas filtriranja olja se precej razlikuje glede na začetno stopnjo čistosti maziva, beta vrednost filtrskega elementa, pretočne količine črpalke in potrebne stopnje čistosti olja za določen namen uporabe.

Vrednosti te preproste izboljšave v vašem programu mazanja ni mogoče preceniti. Preglednica 1 in slika 1 prikazujeta potencialno podaljšanje uporabne dobe hidravličnih sistemov, ko se poveča čistost hidravličnega olja.

Zaključek

Vse, kar smo opisali, je povezano samo z enim parametrom stanja olja – njegovo čistočo. Vendar je treba upoštevati tudi vsebnost vlage, možnost kontaminacije z drugimi mazivi, napačno označena maziva in maziva, ki niso v skladu s specifikacijami.

Kako dolgo ste pripravljeni sedeti v restavraciji in čakati na naročilo? Kolikokrat boste sprejeli odgovor, da naročeno prihaja, preden vstanete in odidete ter se verjetno ne boste nikoli vrnili? Ali menite, da so vaše stranke kaj drugačne? Kako pogosto si lahko privoščite zamudo datumov dobave? Koliko teh zamujenih dobav je posledica okvare opreme? Večino teh okvar je mogoče pripisati obrabi opreme in okvaram, ki jih povzročajo delci v olju.

Ne pozabite: novo olje ne pomeni čistega olja. Obstaja veliko podjetij, vključno z vašimi konkurenti. Čeprav se morda sliši neverjetno, je lahko čistost maziv v nekaterih primerih resnična konkurenčna prednost, še posebej, če imate proaktiven pristop, ki ohranja vaša hidravlična olja in stroje v zelo čistem stanju z ustreznim spremljanjem stanja.

Viri

- [1] M. Kambič, "Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti," v Slotrib 2012, Ljubljana, 2012.
- [2] L. Green, „Don't assume "New" hydraulic oil is clean," Noria Corporation, 31. 8. 2022. [Elektronski]. Available: <https://www.machinerylubrication.com/Articles/Print/31436>.
- [3] M. Kambič in V. Tič, „Vpliv kontaminantov na izmerjene stopnje čistosti hidravličnih tekočin," v 7. industrijski forum, Porto-ruž, 2015.



GIAFLEX

Postani naš štipendist!

2023/2024

RAZPISUJEMO PROSTA DELOVNA MESTA ZA PRAKTIČNO IZOBRAŽEVANJE



**ZANESLJIV PARTNER NA
PODROČJU INDUSTRIJE**



**VODILNE REŠITVE V
DALJINSKI ENERGETIKI**

Kdo smo?

V podjetju GIA-S d.o.o. s sedežem v Grosuplju delujemo na vseh področjih, kjer se mediji pretakajo, merijo, krmilijo in kjer se prenašajo njihovi podatki. Skupaj z našimi partnerji, njihovimi proizvodi in pridobljenimi dolgoletnimi izkušnjami, svetujemo in nudimo strokovno podporo ob izboru in namestitvi posameznih naprav in sistemov.

Našim štipendistom ponujamo:

- stimulativno mesečno štipendijo
- opravljanje obvezne študijske prakse
- mentorstvo pri šolanju in delu
- možnost dodatnega zaslužka s študentskim delom
- možnost zaposlitve po končanem šolanju

R-35358



GIA

GIA-S Industrijska oprema d.o.o.

+386 40 312 192

marketing@gia.si

www.giaflex.com



DVIŽNI VIJAKI Z AKTIVACIJO Z GUMBOM

Novost v ponudbi Elesa+Ganter so samoblokirni nosilni vijaki z navojem za dvigovanje, pritrdjevanje in transport. Povsod, kjer imajo obdelovanci, pritrdilni elementi ali sestavni deli sistema izvrtino z navojem, je mogoče nove dvižne vijake z navojem z enim samim gibom vstaviti kot dvižne točke in jih prav tako preprosto odstraniti. So hitrejša in bolj praktična alternativa za obročne vijake, nosilne obroče in privarjena očesca.

Način delovanja novih navojnih nosilnih vijakov GN 1133 in GN 1135 je podoben dobro znanim dvižnim sornikom GN 1130, ki jih podjetje Elesa+Ganter uspešno prodaja že vrsto let. Namesto kroglic so tu uporabljeni štirje vzmetni navojni elementi, ki blokirajo sornik. Z aluminijastim vzmetnim gumbom, ki ga upravljate s prstom, umaknete elemente v sorniku, da ga lahko vstavite v navojno izvrtino. Ko gumb ponovno sprostite, se elementi zaskočijo v navoj. To pomeni, da lahko dvižni sornik z navojem absorbira precej večje aksialne sile kot dvižni sornik s kroglicami. Sornik lahko prav tako preprosto odstranite s pritiskom na gumb.

Skoba je primerna za pritrditev običajnih pritrdilnih elementov, kot so verige ali trakovi, in jo je pri vseh različicah mogoče zasukati za 180 stopinj. V primeru standardnega izdelka GN 1135 je skoba tudi vrtljivo nameščena, tako da se lahko premika v kateri koli smeri sile, ne da bi se sornik premaknil v nosilnem navoju. GN 1135 je mogoče prepoznati po ležajnem obroču in ergonomsko oblikovani glavi sornika. V vseh različicah varnostni rob zagotavlja, da se vzmetni gumb ne sproži nenamerno.

Dvižni sorniki z navojem v jekleni izvedbi in izvedbi iz nerjavnega jekla so na voljo v petih velikostih navojev med M8 in M20 z dolžino med 12 in 22 milimetri.

Elesa+Ganter je globalno prodajno podjetje, ki sta ga ustanovili podjetji Eles S.p.A. (Italija) in Otto Ganter GmbH & Co. KG (Nemčija), ki ima največjo ponudbo standardnih delov za strojno industrijo. Leta 1995 je bila po več kot 20 letih uspešnega sodelovanja ustanovljena skupna prodajna mreža



pod imenom Elesa+Ganter, ki združuje obe paleti izdelkov. Izdelki najvišje stopnje zanesljivosti zagotavljajo izjemno funkcionalnost. Skupaj z edinstveno zasnovo predstavljajo odlično kakovost podjetja Eles+Ganter.

Vir:

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

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

06. decembra 2023

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

KOMPAKTNI FREKVENČNI PRETVORNIK Q2V

Frekvenčni pretvornik Q2V združuje enostavno upravljanje z visoko učinkovitim nadzorom za skoraj vse vrste izmeničnih motorjev, zmanjšuje tudi potrebo po vzdrževanju in hkrati varčuje z energijo.

Novi kompaktni frekvenčni pretvornik Q2V omogoča fleksibilno in energijsko učinkovito vodenje različnih tipov motorjev, kot so indukcijski (IM), sinhronski (PM) in sinhronski reluktančni (SynRM). Pretvornik z vodenjem napajalne frekvence izmeničnega motorja nadzoruje hitrosti vrtenja in pospešek črpalk, ventilatorjev in ostalih industrijskih strojev.

Ključne prednosti:

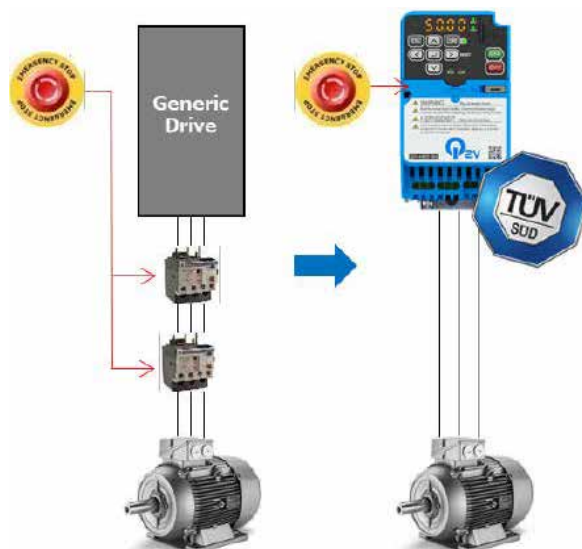
- ▶ znižanje stroškov strojne opreme: vgrajen EMC-filter razreda C1 / C2 / C3,
- ▶ vgrajena funkcionalna varnost (STO SIL3 / PLe),
- ▶ vodenje različnih vrst motorjev: IM, PM in SynRM,
- ▶ parametriranje in programiranje brez napajalne napetosti,
- ▶ komunikacija Memobus/Modbus RTU,
- ▶ delovanje v V/F in vektorskem načinu (tok/napetost),
- ▶ enostavno parametriranje z uporabo mobilne aplikacije Q2app ali preko računalnika z uporabo programskega orodja Q2edit,
- ▶ možnost programiranja z logičnimi in matematičnimi operacijami s programskim orodjem Q2dev,
- ▶ dodatna možnost Bluetooth komunikacije z LCD-prikazovalnikom,
- ▶ opcijski grafični prikazovalnik z SD-kartico za beleženje zgodovine,
- ▶ visoka stopnja zaščite pred prahom in vlago.



Slika 1 : Frekvenčni pretvornik Q2V

Namestitev in nastavitvev Q2V

Q2V je enostaven za uporabo: vsi vhodi in izhodi so opremljeni z brezvijačnimi sponkami, ki učinkovito znižajo stroške pri ožičenju. Strojna oprema je poenostavljena, zahvaljujoč vgrajenemu filtru EMC (Electromagnetic Compatibility), funkciji STO (Safety Torque Off) in zavornemu tranzistorju. Inteligentne nastavitve aplikacij pa vodijo uporabnike po nastavitvah parametrov.



Slika 2 : Primer vgrajene strojne opreme EMC in STO

Načini uporabe

Q2V poleg upravljanja z različnimi tipi izmeničnih motorjev vsebuje t. i. Dual Rating, ki vključuje možnosti HD (Heavy Duty) in ND (Normal Duty). S tem pripomore k fleksibilnosti uporabe, saj omogoča, da isti model pretvornika poganja motorje z različnimi močmi v odvisnosti od njihove obremenitve. Možnosti vodenja motorjev so z načinom V/f in v vektorskem načinu (tok/napetost) kot tudi v odprtozračnem načinu regulacije po hitrosti in regulacije po navoru.

Z uporabo čarovnika v aplikaciji za parametriranje lahko uporabnik enostavno prilagodi pretvornik svojim zahtevam (slika 3). Ta je namenjen za nastavljanje splošnih aplikacij, kot so transporterji, ventilatorji, črpalke, kompresorji itd. Uporabnikom omogoča izbiro načina krmiljenja, izbiro referenčne hitrosti, načina start/stop, čas pospeška/pojemka, način ustavljanja itd.



Slika 3: Čarovnik Q2edit za nameščanje in Q2edit start/stop



Upravljanje in parametriranje z aplikacijami Q2app, Q2edit in Q2dev

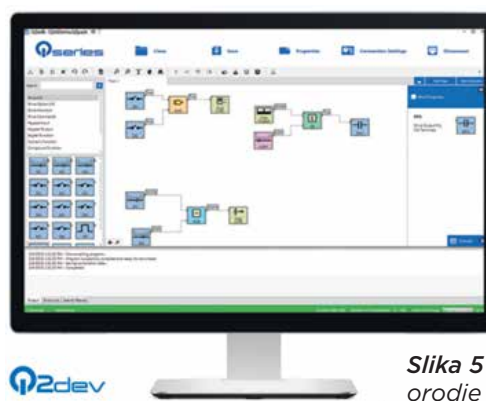
Poleg osnovnega parametriranja na zaslonskem terminalu se lahko na pretvornik povežemo z mobilno napravo s pomočjo aplikacije Q2app (slika 4). Ta omogoča hiter in enostaven dostop za opazovanje statusov, meritev, grafikonov in upravljanja parametrov. Na voljo je neposredna USB-povezava, pripravljena za android naprave, dodatna povezava pa je mogoča z opsijskim Bluetooth LCD-prikazovalnikom, ki je hkrati kompatibilen z iOS-napravami.

Za vzpostavljane komunikacije z računalnikom (preko mini USB-povezave) pretvornik ne potrebuje napetostnega vira; tako lahko s programsko opremo Q2edit že vnaprej nastavimo parametre, ne da bi bili povezani na napajanje ali na motor (slika 4). Program omogoča enostavno parametriranje, izvajanje meritev, beleženje zgodovine in napak, izvoz in pošiljanje poročil, direktno vodenje motorja in avtomatsko nastavljanje motorja v t. i. Auto-Tuning načinu.

Grafično razvojno okolje omogoča blokavno programiranje s t. i. Drag & Drop sistemom do 200 povezav (slika 5). Na voljo je več kot 480 funkcijskih blokov z matematičnimi in logičnimi operacijami, časovniki, števcji, hkrati pa omogoča t. i. Online debugging in ciklični čas izvajanja 500 us/1 ms/2 ms. V Q2dev lahko dostopamo do vseh parametrov pretvornika kot tudi do digitalnih/analognih vhodov in izhodov



Slika 4: Povezovanje z mobilno napravo in prikaz stanja



Slika 5: Programsko orodje Q2dev

in tako skupaj z ostalimi funkcijami omogoča kreiranje lastnega programa.

Robustnost in energijska učinkovitost

Robusten Q2V je odporen na prah in vlago in je zasnovan za 10 let delovanja pri temperaturah do 50 °C brez vzdrževanja. Zahvaljujoč zbiranju podatkov naprave lahko uporabniki preprečijo morebitne okvare in se izognejo nenačrtovanemu izpadu. Q2V lahko sledi in zapisuje podatke na lokalno SD-kartico ali jih posreduje v IT-sisteme preko krmilnikov Omron serije NX/NJ.

Q2V izboljšuje energetska učinkovitost vseh komponent v zanki. Zahvaljujoč inovativnim načinom vodenja motorja, kot je EZ Vector Control, lahko poganjamo visoko zmogljive motorje na najučinkovitejši način. V primerjavi s klasičnimi pogoni se zaradi naprednih algoritmov poveča učinkovitost asinhronskih motorjev do 6 %, motorjem s trajnimi magneti pa do 2 %. Q2V ima dodatne namenske funkcije za varčevanje z energijo v aplikacijah, kjer se pojavijo spremenljive obremenitve ali zmanjšane navorne lastnosti. Te bodo samodejno optimizirane in skupaj prihranile do 50 % energije.

Vir:

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

ENEMAC-OV NAJMANJŠI OMEJEVALNIK NAVORA ECA – VARNOSTNA SKLOPKA ZA NAJMANJŠE PROSTORE VGRADNJE

Na skoraj vseh področjih tehnologije je potrebno stroje ali izdelke zaščititi pred preobremenitvijo, kar je mogoče rešiti z omejevalniki navora ENEMAC. Preobremenitvena sklopka ECA, posebej razvita za pogone z zobatimi jermenji, nudi zaščito za take primere.

Omejevalnik navora loči pogon in odgon v nekaj stopinjah zasuka. Preprosti, lahki elementi preprečujejo neugodno breme ali preklopno vztrajnost. Ta način je bil izbran, ker bi pretežki odklopni elementi lahko znatno povečali (statično nastavljeno) izklopni navor in s tem tudi uničujoče sile trka v primeru dinamičnega trka.

Sklopka ECA je v programu ENEMAC »preizkušena in testirana«. Rezultat tega je velik nabor možnosti. Poleg 17 velikosti za nastavitvena območja med 0,5 in 470 Nm, od katerih je vsaka na voljo s stožčasto pušo ali utorom za mozniček, je na voljo tudi veliko specialnih različic, kot so posebna nastavitvena območja, posebne priključne plošče in nerjavne različice.

Preizkušen princip zagotavlja visoke varnostne standarde. Pogon z zobatim jermenom skupaj s kompaktno sklopko ECA tvori kompaktno enoto, ki zavzame malo dodatnega prostora in je na voljo v različnih inačicah.

Iz te serije je potrebno posebej izpostaviti tip varnostne sklopke ECA 1, saj je verjetno to eden naj-



manjših omejevalnikov navora na trgu.

Vir:

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



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



MARIBOR, 20. in 21. SEPTEMBER 2023

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2023

Vabilo

Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so že od leta 1995 dalje osrednji bialni dogodek s področja tehnologij, kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljalet ali kot pokrovitelj mednarodne konference Fluidna Tehnika 2023, 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

RAZSTAVLJIV KABELSKI OKVIR ZA UVOD KABLOV PRI ELEKTRO OMARICAH – CABSEAL

V podjetju FBS elektronik d. o. o. poleg proizvodnje senzorjev in stikal zastopajo proizvajalce konektorjev, uvodnic in kablov za priključitev senzorjev.



Slika 1 : Naslednja generacija električnih aktuatorjev
(Vir: www.thomsonlinear.com)



Slika 2 : Enostavna namestitev uvoda kabla na omarici



Slika 3 : Paleta izdelb CABseal glede na odprtino elektro omarice

Pogosto se pri montaži naprav ali elektro omaric, ki se izvaja na terenu, težko predvidijo število, velikost in položaj za montažo kabelskih uvodnic na samem ohišju. Vsaka kabelska uvodnica je sestavljena iz ohišja in tesnilnega vložka. Najpomembnejši element je tesnilni vložek, ki mora biti prilagojen premeru kabla. Zaradi predimenzioniranja (posledica uporabe večjih uvodnic in manjših premerov kabla) je tesnjenje pred prahom, tekočino slabo in prihaja do neželenega vdora. Ob večjem številu kablov lahko tudi zmanjka prostora za vgradnjo priključnih uvodnic.

FBS elektronik d. o. o. predstavlja sistem CABseal, novost proizvajalca kabelskih uvodnic PFLITSCH. To so razstavljivi okvirji za uvod kablov v elektro omarice ali ohišja naprav.

Podjetje PFLITSCH dopolnjuje svoj program profesionalnega tesnjenja uvodov kablov z razstavljivim in modularnim ohišjem za napeljavo že izdelanih konektorskih kablov in ostalih kablov (močnostni, komunikacijski, posamezni kabli za ozemljitve). Po-

leg že znanih rešitev za montažo na ohišja, kot so razstavljive UNI Split uvodnice in UNI blok uvodnice, se z naprednim sistemom CABseal dopolnjujejo rešitve uvoda kablov (slika 1).

Prednosti skupinskega uvoda CABseal:

- ▶ tesnjenje kablov v dolžini 20 mm,
- ▶ prilagodljivost glede na žice, kable z ustreznimi segmentnimi vložki (majhni, veliki),
- ▶ hitra montaža brez vijačenja uvodnic,
- ▶ prihranek prostora, če gre za več kablov v primerjavi s standardnimi uvodnicami.

Podjetji FBS elektronik in PFLITSCH zagotavljata, da bo vaša pot za priklop različnih elektro omaric s pomočjo sistema CABseal enostavnejša in hitrejša!

Vir:

FBS Elektronik d. o. o., Prešernova cesta 8, 3320 Velenje, tel.: +386 3-898-3702, faks: +386 3 8983 718, e-mail: peter.meh@fbselektronik.com, internet: <http://www.fbselektronik.com>

POVRATNE INFORMACIJE O SILI PRI AKTUATORJIH ELECTRAK® XD

»Delajte pametneje, ne težje.«



Vir: www.thomsonlinear.com

Ta brezčasni pregovor zveni resnično, ko gre za številne funkcije in tehnologije nedavno predstavljene ga električnega aktuatorja Electrak® XD. Te inovacije, ki so večinoma integrirane preko vgrajenih krmilnikov aktuatorja, omogočajo, da se na videz zapletene naloge ali celotne aplikacije spremenijo v preproste.

Povratne informacije o sili, ki deluje na batnico aktuatorja, v realnem času odpirajo veliko možnosti

za oblikovalce strojev in končne uporabnike. Razvrščanje, tipanje, nadzor napetosti in tehtanje je le nekaj primerov na različnih trgih, kjer lahko povratne informacije o sili naredijo razliko med brezhizno ali pomanjkljivo aplikacijo.

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca THOMSON LINEAR dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

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

KAJ LAHKO ROČNA SPROSTITEV IN »PREGLASITEV« ZAVORE NAREDITA ZA VAŠE STROJE?

V kočljivih situacijah vam lahko priskoči na pomoč novi aktuator Thomson Electrak® XD proizvajalca THOMSON LINEAR.

Če se kdaj soočite s situacijami, ko se komponenta stroja zatakne, zlomi ali se znajde v nerodnem položaju, ne skrbite. Novi električni linearni aktuator Thomson Electrak® XD je mogoče ročno premakniti v položaj, ki uporabniku omogoča dostop za vzdrževanje. To funkcijo omogočata dve razpoložljivi možnosti:



Ročna sprostitelj zavore omogoča, da se aktuator XD premika pod močjo uporabljene obremenitve in/ali gravitacije ter zagotavlja regenerativni tok vašemu napajalniku ali bateriji za pomoč pri nadzoru gibanja.



Ročna »preglasitev« omogoča ročno poganjanje aktuatorja XD do popolnega iztega ali skrčenja pod največjo obremenitvijo za doseg premikanja, kjer morda električne energije ni na voljo.

Vir:

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

NOVA SERIJA SENZORJEV **ECONOMY**

Novi senzorji Economy iz nerjavnega jekla navdušujejo z odličnim razmerjem med kakovostjo in ceno, majhnostjo (SW24) in izjemnimi tehničnimi zmogljivostmi!

»Srce« senzorja je »SOS – silicij na safir« privarjena merilna celica, ki jo je SUCO izdelal sam. Njeni najpoglavnejši lastnosti sta 6-kratna odpornost na nadtlak (kar do 1.800 bar) ter robustnost proti konicam tlaka.

Senzor je kovinsko tesnen (zato primeren za skoraj vse medije) in pokriva velik temperaturni razpon! Zaradi veliko različnih električnih in procesnih priključkov je senzor zanimiv za neskončno mnogo aplikacij. Izhodni signal je ratiometričen in varen v primeru zloma kabla ali izpada (0,5 do 4,5 V).

Dejstva:

- ▶ nov, kompakten tlačni senzor iz nerjavnega jekla zmagovalec v svoji kategoriji glede na raz-



Slika 1: Senzor je v celoti iz nerjavnega jekla z zavarjenimi merilnimi celicami



Slika 2: Raznolikost variant z integriranimi vtičnicami

- ▶ merje med kakovostjo in ceno,
- ▶ temperaturno območje od -40 °C do $+140\text{ °C}$,
- ▶ merilno območje do 600 bar, do 6-kratna odpornost na nadtlak,
- ▶ vgrajene vtičnice, zaščita do IP6K9K,
- ▶ popolnoma zavarjene, robustne merilne celice brez tesnil,
- ▶ uporaba na področju mobilne hidravlike, gradnje strojev, avtomatizacije in industrijske hidravlike.

Vir:

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



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

NOVI POGONI PARKER SERIJE AC15 IN AC20

Parker Hannifin kot vodilni svetovni proizvajalec na področju tehnologij gibanja in krmiljenja predstavlja dve novi seriji pogonov AC15 in AC20 (slika).



Pogoni AC15 in AC20

Pogon AC15 je zasnovan kot naslednik priljubljene serije nizkocenovnih inverterov AC10. Pogon ohranja visoko število IO in zanesljivost AC10, hkrati pa ima več novih funkcij za ustvarjanje še večje uporabne vrednosti. Tako so komunikacije Safe Torque Off to PLd in Ethernet Modbus TCP/IP sedaj standardne. Na voljo je celoten obseg za uporabo na indukcijskih in PMAC-motorjih z odprto zanko od 0,37 kW do 30 kW v različicah 230 V in 400 V. Enostavnost uporabe je zagotovljena z izboljšanim zaslonom in tipkovnico, s preprosto strukturo menija in podporo za priljubljeno daljin-

ske tipkovnico 6901. Prilagodljivost je zagotovljena s popolnoma nastavljivim notranjim blokovnim diagramom in posodobljenim programskim orodjem DSELite.

AC20 prinaša še več. Z izbirnimi I/O in encoder feedback karticami vključuje funkcijo zaprte zanke ter komunikacijo Profinet in Ethernet IP kot standard. Dodatne fieldbus kartice so na voljo za druga omrežja, vključno s Profibus, CANOpen in EtherCAT.

AC20 strojna in programska oprema sta bili zasnovani kot najboljša možna zamenjava za zdaj zastarelo serijo 690, hkrati pa odpirata nove priložnosti z izboljšanimi funkcijami in konkurenčno ceno.

Serijska AC20, ki je zdaj na voljo v razponu moči od 1,5 kW do 30 kW, bo kmalu razširjena na 37-180 kW.

Oba pogona - AC15 in AC20 - sta sestavljena in poslana iz tovarne Parker Offenburg, ki ima veliko zalogo komponent, kar zagotavlja konkurenčne dobavne roke.

Vir:

Parker Hannifin Sales CEE s. r. o., Češka republika - Podružnica Novo mesto, tel.: +386 (0)7 337 66 50, e-mail: parker.slovenia@parker.com, internetna stran: www.parker.com, Dušan Kastrevc

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana167
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin137, 212
- ▶ GIA-S, d. o. o., Grosuplje.....197
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj.....207
- ▶ HPE, d. o. o., Ljubljana.....137
- ▶ ICM, d. o. o., Vojnik168, 211
- ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi204
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana143
- ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš137, 151
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje137
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....193
- ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....137, 209
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin137, 196
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.),
Novo mesto.....137
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri.....137, 138
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana137, 140
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica.....164
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana157
- ▶ UL, Fakulteta za strojništvo165, 198
- ▶ UM, Fakulteta za strojništvo201
- ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica169

HIDRAVLIČNI BLAŽILNIK HD 15 SUSPA ZA BOLNIŠKE POSTELJE

Stranice bolniških postelj se premikajo brez tresljajev, zahvaljujoč hidravličnim blažilnikom HD 15 proizvajalca Suspa GmbH.



Slika 1: Bolniška postelja z vgrajenimi hidravličnimi blažilniki

Za ravnanje s stranskimi deli bolniških postelj se uporabljajo hidravlični blažilniki, za katere veljajo posebne zahteve, ki jih morajo sistemi blaženja v celoti izpolnjevati. Osnovna naloga blažilca HD 15 je zanesljiva in udobna nastavitvev stranskih delov bolniških postelj brez tresljajev.

Glavne zahteve za vgradnjo blažilnikov pri premikanju stranic bolniške postelje so:

- ▶ hiter in neoviran dostop negovalnega osebja do pacienta v nujnih primerih,
- ▶ preprečitev stika stranic s pacientom,
- ▶ namestitev stranic brez tresljajev.

Za sistem blaženja stranic bolniških postelj je na voljo majhen vgradni prostor, sama vgradnja mora biti enostavna in hitra, uporaba pa čim bolj preprosta.

Hidravlični blažilnik HD 15

Na podlagi zgornjih zahtev je podjetje Suspa GmbH razvilo hidravlični blažilnik HD 15, ki spada v serijo Softline. Hidravlični blažilnik je sestavljen iz tlačne cevi, batnice s posebnim batnim sistemom in dušilnega medija - olja. Znotraj z oljem napolnjene tlačne cevi je batnica s posebnim tesnilnim

in vodilnim delom, ki hermetično zapre notranjost hidravličnega blažilnika - tudi pri ekstremnih vplivih okolja.

Blažilnik HD 15 je potrebo vgraditi tako, da je batnica obrnjena navzdol, kar pomeni, da je blažilnik v zaprtem/skrčenem položaju, ko je stranica postelje dvignjena. Ko je blažilnik HD 15 iztegnjen, je stranica postelje v spuščnem položaju. Ker je večina bolniških postelj opremljenih s skupno štirimi stranicami, za popolno opremljanje vsake postelje zadostujejo skupno štirje blažilniki HD 15.

Blaženje, prilagojeno individualnim zahtevam

Princip delovanja hidravličnega blažilnika HD 15 zagotavlja, da bat pri spuščanju ali iztegotvanju zadene tako imenovani oljni stolpec v cevi. Odvisno od tega, kako hitro ali počasi teče olje skozi izvrtine v batni, se ustvari ustrezna sila dušenja, ki absorbira energijo spuščanja stranic bolniške postelje.

Sila dušenja se lahko oblikuje namensko, tako da je mogoče zadovoljiti različne zahteve uporabnikov glede na:

- ▶ hitrost dušenja,
- ▶ časovno obdobje dušenja,
- ▶ profil dušenja.

Pri spuščanju se sistem po ročnem odklepanju avtomatsko premakne v končni položaj, pri dvigovanju pa je treba z ročno silo premakniti sistem v končni položaj »gor« in ga tam ročno zakleniti.

Velika sila blaženja preprečuje povratni učinek

Blažilnik HD 15 omogoča največjo silo blaženja 500 N in ima karakteristiko progresivnega dušenja. To pomeni, da za sprožitev spuščanja stranice bolniške postelje po ročnem odklepanju blažilnik HD 15 najprej opravi prosti hod, pri katerem se rotacija stranskega dela premika navzdol brez kakršnega koli dušenja.

Na koncu poti blažilec HD 15 doseže največjo silo blaženja, tako da je stranica postelje brez tresljajev. Čas blaženja se giblje od dveh sekund do največ pet sekund.

Zelo pomemben je ergonomski učinek na negovalno osebje. Enostavno in učinkovito delovanje blažilnika HD 15 zmanjša obremenitev mišic in skeleta upravljavca.

Ko je stranica postelje odklenjena, se lahko negovalno osebje takoj posveti svojim prvotnim nalogam, saj blažilnik HD 15 samodejno poskrbi za spuščanje stranice brez tresljajev. Ročno nadzorovanje procesa ni potrebno.

Zasnova z optimizirano kinematiko

Bolniške postelje morajo izpolnjevati predpisane zahteve glede velikosti in oblike. Ta pogoj velja tudi za blažilnike, ki se uporabljajo v stranicah bolniških postelj. Če se stranski element premakne od zgoraj

navzdol, to gibanje nariše namišljen tridimenzionalni paralelogram in se posledično najprej obrne navzven, preden se premakne nazaj proti postelji v vzporedni končni položaj. Cilinder s premerom 15 mm je v stisnjenem položaju dolg le 65 mm (brez očesa), skupna dolžina z iztegnjeno batnico je le 140 mm. Ta premik zavzema prostor zelo ozkega paralelograma, ki je zelo blizu postelje. V popolnoma spuščnem končnem položaju je zgornji rob stranice postelje pod zgornjim robom ležišča.

Razdalja med vzmetnico in bočnim delom je v obeh končnih položajih zelo majhna. Kinematično ugodne lastnosti tega konstrukcijskega koncepta prinašajo številne prednosti. Stranske dele je mogoče uporabiti v nujnih primerih, npr. med prevozom pacientov v utesnenih razmerah, kjer je upravljanje še vedno brez težav.

Zagotovljena dolga življenjska doba

Blažilniki HD 15 navdušujejo s svojo izjemno vzdržljivostjo. Omogočajo več deset tisoč ciklov gibanja - cikel gibanja je sestavljen iz popolne rotacije spuščanja in dviganja.

HD 15 je mogoče napolniti z različnimi hidravličnimi olji, ki se razlikujejo po kemični sestavi in viskoznosti za ustvarjanje individualnega, aplikacijsko usmerjenega profila gibanja in vrtenja.

Vsa hidravlična olja, ki jih Suspa uporablja v blažilnikih HD 15, so živilsko varna, kemično nekritična za ljudi in živali in v tem pogledu izpolnjujejo zahtevane higienske standarde bolnišnic.

Za dodatne informacije in svetovanje glede blažilnika HD 15 kot tudi ostalega programa podjetja Suspa so vam na voljo v podjetju Hennlich.

Petra Goljat, HENNLICH, d. o. o., Kranj
goljat@hennlich.si



E-VERIGE IN KABLI IGUS

- » Največja izbira energijskih verig na enem mestu
- » Fleksibilni in torzijsko odporni kabli
- » Zaščita kablov na robotih
- » Do 36 mesecev garancije
- » Program "change" - recikliraj svojo staro verigo, ne glede na proizvajalca



www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 035

UPORABA VODIKA (H₂) V RAZLIČNIH APLIKACIJAH

V razvojnem oddelku podjetja OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana so razvojni inženirji izdelkov za stisnjeni zrak že pred desetletjem začeli raziskovati in razvijati nove izdelke na področju uporabe tehničnih plinov.

Danes podjetje poleg stisnjenega zraka obvladuje:

- ▶ N₂ (dušik),
- ▶ O₂ (kisik),
- ▶ CH₄ (metan),
- ▶ CO₂ (ogljikov dioksid),
- ▶ H₂ (vodik).

Vodik, ki je najpogostejši element v vesolju (glavni element Sonca in zvezd), je leta 1766 odkril britanski fizik Cavendish. Vodik le redko najdemo v zemlji ali na njej. Zelo pogosto pa je sestavni del različnih organskih materialov in, kar je še pomembneje, vode. Je izjemno vnetljiv plin (v kombinaciji s kisikom). Postane tudi zelo strupen, ko se njegova prisotnost v zraku poveča.

V normalnih pogojih temperature in tlaka je vodik plin brez barve in vonja, lažji od zraka. Topen je v vodi do 1,6 mg/L pri 21 °C. Odvisno od temperature in tlaka je v različnih agregatnih stanjih: plinastem, tekočem, trdnem, kovinskem in triatomnem. Tu se bomo osredotočili samo na vodik v plinastem stanju.

Omega Air sistem za sušenje in čiščenje vodika predstavlja bistven del sistema za proizvodnjo in skladiščenje vodika (*slika 1*). Pogoj za skladiščenje s tehnologijo kovinskih hidridov je suhi vodik.

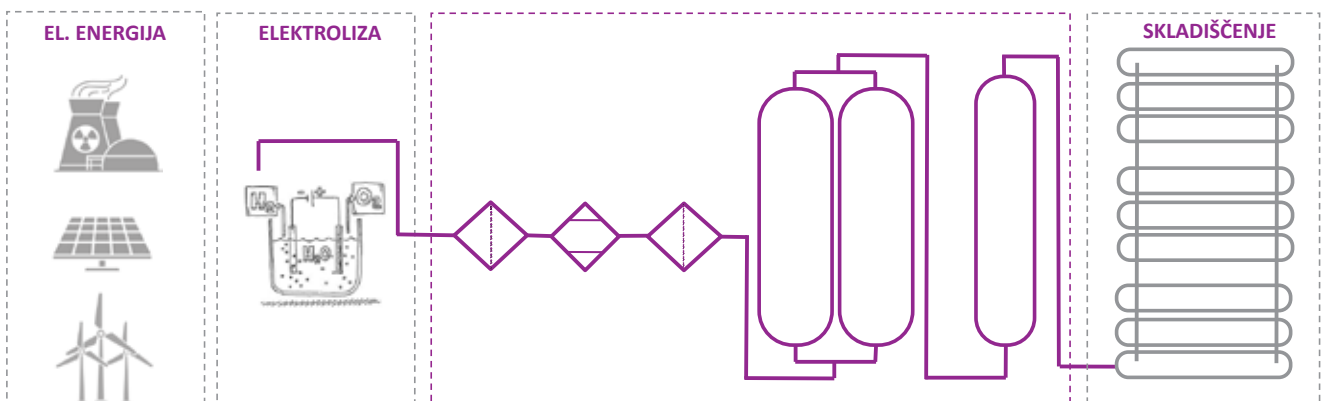
V procesu pridobivanja H₂ z elektrolizo je zelo pomemben del sušenje vodika z namensko izdelanimi sklopi (*slika 2*), celoten sistem pa je možen v kompaktni kontejnerski izvedbi (*slika 3*).



Slika 2 : Sušilnik vodika

Vodik, ki je postal znan po uporabi svojega atoma v procesu jedrskega zlivanja (fuzije), se uporablja v številnih drugih aplikacijah:

- ▶ kemična industrija
 - ▶ proizvodnja amonijaka in drugih gnojil
- ▶ petrokemična industrija
 - ▶ odstranjevanje žvepla
 - ▶ postopek pridobivanja bencina in dizla s hidrorazpokanjem
 - ▶ proizvodnja metanola
- ▶ prehrabna industrija
- ▶ proizvodnja margarine in masla s hidrogenacijo maščob
- ▶ varjenje



Slika 1 : Shema procesa za pridobivanje H₂ z elektrolizo

- ▶ atomsko vodikovo varjenje (ali plazma)
- ▶ proizvodnja stekla
 - ▶ kot antioksidant ali zaščitni plin v kombinaciji z dušikom
- ▶ proizvodnja elektronike
 - ▶ proizvodnja polprevodnikov, LED, zaslonov itd.
- ▶ raziskovanje vesolja
 - ▶ raketni motorji (tekoča oblika)

Zahvaljujoč nenehnemu razvoju tehnologij pridobivanja vodika s parno reformo (»sivi« in »modri vodik«) in predvsem vodikove elektrolize (»zeleni vodik« pod določenimi pogoji), je vodik vse pogostejši kot element, ki bo omogočil prepotrebno spremembo svetovnih vzorcev proizvodnje in porabe energije. Pravzaprav ponuja alternativno rešitev problema shranjevanja električne energije, ki je dolgo oviralo razvoj »čistejših«, CO₂ nevtralnih tehnologij.

Zato so se pojavili novi načini proizvodnje in uporabe vodika:

- ▶ proizvodnja električne energije – proizvodnja zelenega vodika s postopkom elektrolize
 - ▶ elektrarna iz električne energije v plin (Power-to-Gas-to-Power – P2G2P)
 - ▶ električna energija, pridobljena iz obnovljivih virov, kot so vetrne turbine, fotovoltaični pa-



Slika 3 : Kompaktna kontejnerska izvedba

- neli in drugi
 - ▶ zelena mobilnost za zmanjšanje ogljičnega od-tisa
 - ▶ gorivne celice

Danes sta težava cena in učinkovitost vodika, zlasti če se proizvaja z elektrolizo. Toda s pomočjo vlade in hitrega razvoja industrije, ki zahteva več inovacij, ni dvoma, da se bodo ti stroški v zelo bližnji prihodnosti zmanjšali in da se bo poraba vodika znatno povečala.

www.omega-air.si

 <p>OMEGA AIR <i>more than air</i></p> <p>OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana Cesta Dolomitskega odreda 10 SI-1000 Ljubljana, Slovenija www.omega-air.si T +386 (0)1 200 68 00 info@omega-air.si</p>			
<p>RAZPON TLAKOV</p> <p>1000 mbar 16 bar, 50 bar 100 bar, 250 bar 420 bar</p>			
<p>MEDIJI</p> <p>stisnjen zrak vakuum N₂, O₂, CNG, dihalni zrak CO₂, H₂, He</p>			

© Ventil 29(2023)3. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 29(2023)3. 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** 29
 Year **Letnica** 2023
 Number **Številka** 3

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

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

Znanstveno-strokovni svet:

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

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

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

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

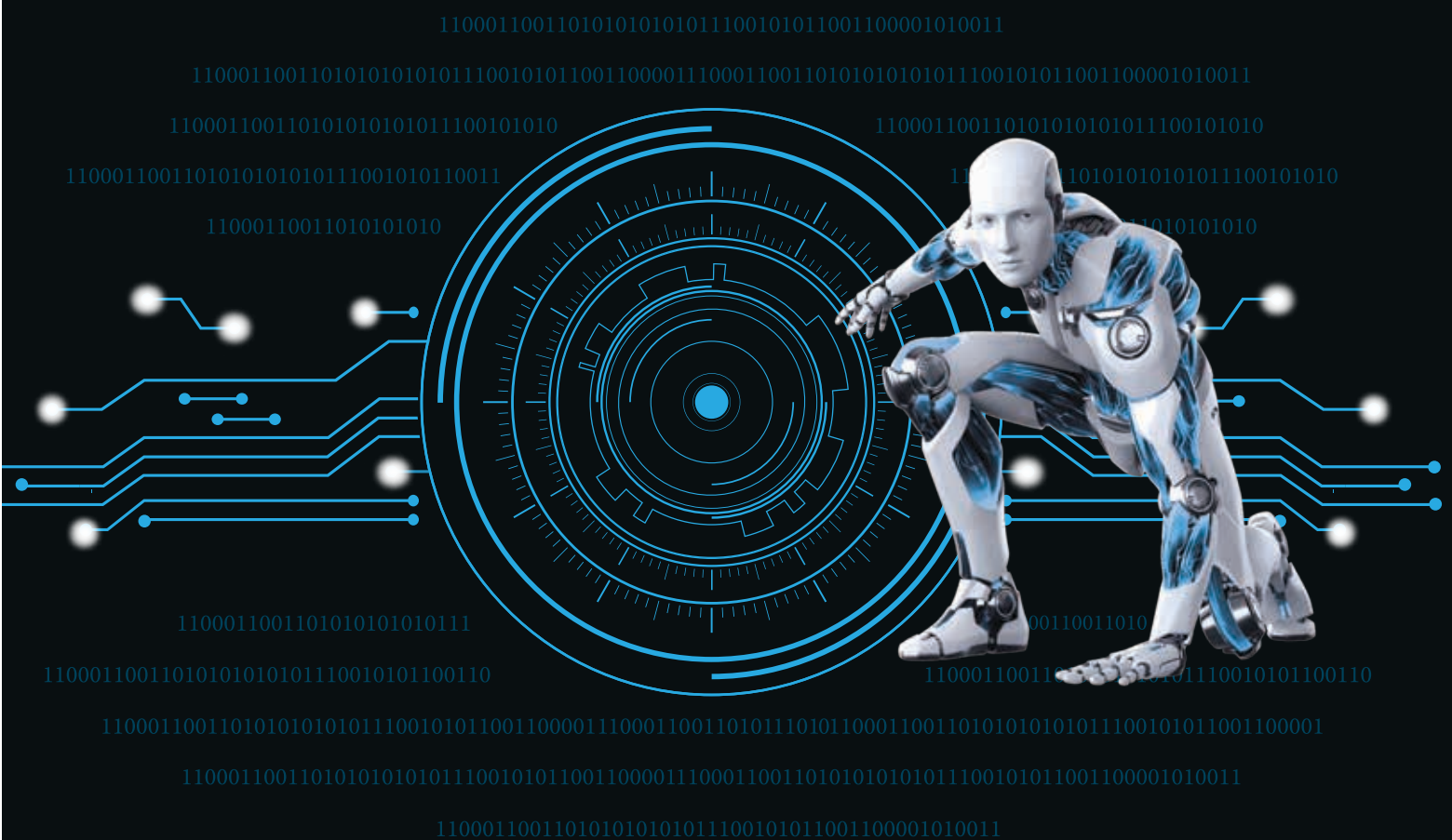
Revijo sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).
 Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.
 Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 5-odstotni davek na dodano vrednost.



IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

13.-15. februar 2024

Ljubljana





FESTO

Preprosto: del rešitve

Festo ★ osnovni program

Prednosti na prvi pogled:

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

Osnovni program za avtomatizacijo

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

Poenostavite svojo nabavo -
Samo poiščite modro zvezdo!



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