

# VENTIL

03  
2026

**ELMatic™**

**EMERSON™**  
Process Management



#### PREDSTAVLJAMO

Nova raziskovalna oprema  
UL FS

#### ROBOTIKA

Sodelujoča modularna  
robotska učna celica

#### PLANIRANJE PROIZVODNJE

Digitalni dvojček v okolju  
GoSoft

#### HIDRAVLICNE TOKOVNE SIMULACIJE

Tokovne simulacije  
hidrostatičnih strojev



**BETTIS™**

**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](mailto:info@ppt-commerce.si)  
[www.ppt-commerce.si](http://www.ppt-commerce.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](http://www.poclain-hydraulics.com)





## Neznosna lahkost dopusta?

V našem delu sveta imamo srečo, da lahko razmišljamo, ali bomo dopust preživel na sosednji obali ali na drugem koncu sveta. Za velik del svetovne populacije te možnosti ni; omejujejo jo dohodek, vizumski režimi, politične razmere ali preprosto kraj rojstva. Včasih se to pokaže tako očitno, da se tudi vrhunski športni sodnik ne more udeležiti svetovnega prvenstva. Možnost potovanja je zato ena izmed oblik privilegija, pa tudi pokazatelj neenakosti in negotovosti sodobnega sveta. Letos destinacije niso več samoumevne zaradi varnostnih tveganj, poti so daljše zaradi zaprtih zračnih prostorov, vozovnice in nastanitve so dražje, najbližja obala pa ni več tako blizu, če jo merimo z družinskim proračunom. Tudi v Sloveniji si tedenskega oddiha zaradi finančnih ali zdravstvenih stisk ne more privoščiti približno petina prebivalcev. Paradoks našega časa je, da je svet tehnično bolj dostopen kot kadarkoli prej, hkrati pa številnim vedno težje dosegljiv. Tako dopust, ki naj bi bil brezskrben odmik od sveta, postane eden najbolj konkretnih načinov, kako svet vstopi v naše vsakdanje življenje.

**Ko se koristi privatizirajo, se stroški socializirajo.**

Pri tem je zanimivo, kako hitro se navadimo. Podražitve, zamude in negotovost sprejememo podobno kot slabo vreme, čeprav niso naravni pojav. Za njimi so odločitve, interesi in razmerja moči: geopolitični konflikti, špekulacije z energenti, ukrepi v imenu prihodnje rasti. Dopust lepo pokaže, kako se stroški odločitev močnih razpršijo med ljudi, ki pri njih niso sodelovali. Ko se koristi privatizirajo, se stroški socializirajo: v

dražjih vozovnicah, višjih položnicah, slabših javnih storitvah ali v tem, da je počitek vse bolj predstavljen kot razvada. Takšne posledice sprejemamo kot samoumevne, a vedno je neke odločitve, neke korist in neke račun; pogosto ga plačajo prav tisti, ki niso bili za mizo, ko se je odločalo.

Podobno logiko srečujemo tudi doma, ko se razbremenitve najvišjih dohodkov predstavljajo kot naložba, od katere bomo morda nekoč imeli korist vsi. Toda takšne obljube bi bilo dobro vedno spremljati z vprašanjem, ki ni ideološko, temveč računovodsko: kdo bo do takrat zapolnil razliko?

V reviji, ki spremlja tehniko, industrijo in razvoj, se je težko pretvarjati, da so ti premiki zgolj turistični ali politični. Vojne vplivajo na energente, ti na proizvodnjo, cene, plače in nazadnje tudi na dopust. Razogljičenje je danes vprašanje stroškov energije, tehnologij, surovin in konkurenčnosti. Umetna inteligenca ni več le programsko orodje, temveč porabnica električne energije. Zato bi bilo nevarno vse to sprejeti kot novo normalnost: ta je pogosto le star interes v preobleki nezogibnosti, ob kateri se prehitro pozabimo vprašati, komu koristi in kdo plačuje najvišjo ceno.

V takšnem svetu tudi dopust ni več povsem nedolžna tema. Spominja nas, da človek ni zgolj optimizacijski projekt, da ni vsaka ura, ki ni prodana, zapravljen, in da počitek ni napaka v sistemu. Zato je morda prav poleti smiselno razmišljati, kaj se je zgodilo med dvema dopustoma. Ne le, kam še lahko potujemo in koliko nas bo to stalo, ampak kdo odloča o svetu, v katerem potujemo, delamo in počivamo. In kdo na koncu prejme račun.

Miroslav Halilovič

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

## VENTILOV UTRIP

### DOGODKI

- 150 Brvinc nad konkurenco: kako je študentska ekipa Edvard Rusjan Team osvojila vrh svetovnega letalstva



150

- 153 Madžarska astronavta na UL FS: Vesolje kot priložnost za manjše države
- 154 Med generacijami in tehnologijo: tradicija in prihodnost meroslovja
- 156 Strokovna ekskurzija SDFT 2026 – podjetje Parker na Češkem in v Nemčiji

### INTERVJU

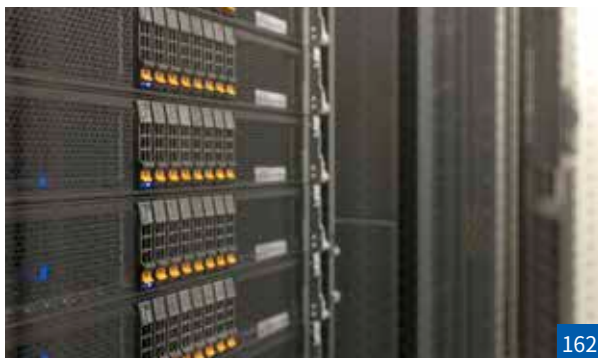
- 158 Drago Pintar, direktor podjetja UNIFOREST



158

### PREDSTAVLJAMO

- 162 Nova raziskovalna oprema za prebojne raziskave in še bolj poglobljeno sodelovanje z gospodarstvom – 4. del



162

### NOVICE IN ZANIMIVOSTI

- 166 Nagrade EARTO za inovacije 2026 v kategoriji "Impact Delivered"
- 167 Projekt E CO HEAT: objava o elastokaloričnem pogonskem sistemu v Nature Communications
- 168 Roji robotov se učijo sporazumevati



168

- 169 Blister pakirni stroj N 760 podjetja Romaco Noack
- 170 Deset prebojnih tehnologij, ki bodo zaznamovale industrijo po letu 2030

## ZNANSTVENI PRISPEVKI

### ROBOTIKA

Dimitrije Prelevič, Mitja Golob, Aleš Hace

- 172 Sodelujoča modularna robotska učna celica

## STROKOVNI PRISPEVKI

### PLANIRANJE PROIZVODNJE

Hugo Zupan, Niko Herakovič, Aleš Vovk

- 182 Digitalni dvojček kot možgani GoSofta – popolnoma avtomatsko planiranje proizvodnje

### HIDRAVLIČNE TOKOVNE SIMULACIJE

Anže Čelik

- 190 Pomembnost uporabe naprednih lastnosti tekočin v tokovnih simulacijah hidrostatičnih strojev – 2. del

### VZDRŽEVANJE HIDRAVLIKE

- 194 Namenska ali univerzalna hidravlična olja?

## IZ INDUSTRIJE

### AKTUALNO V INDUSTRIJI

#### ELESA+GANTER

- 197 Dober oprijem, ko je to potrebno: elementi s povečano vpenjalno silo

#### HIWIN

- 198 Rotacijske mize in momentni motorji za industrijsko avtomatizacijo

#### INOTEH

- 199 Miniaturna kroglična vretena THOMSON LINEAR



#### MIEL Elektronika

- 200 S8AS2 napajalnik

### NOVOSTI NA TRGU

#### ELESA+GANTER

- 201 Linija izdelkov Soft Touch: maksimalno udobje, varen oprijem in vrhunsko oblikovanje

#### ELESA+GANTER

- 202 Rešitev za morsko okolje: SUPER termoplast



#### HMS Networks

- 203 Nova naprava Ixxat CAN@net Basic

#### INOTEH

- 204 Nova produktna linija linearnih tirnih vodil proizvajalca AirTAC

#### INOTEH

- 205 Električna mehka prijemala nove generacije za občutljive izdelke

#### PARKER HANNIFIN

- 206 Parker ventili DFplus® D-verzija za napredne zaprtostne aplikacije

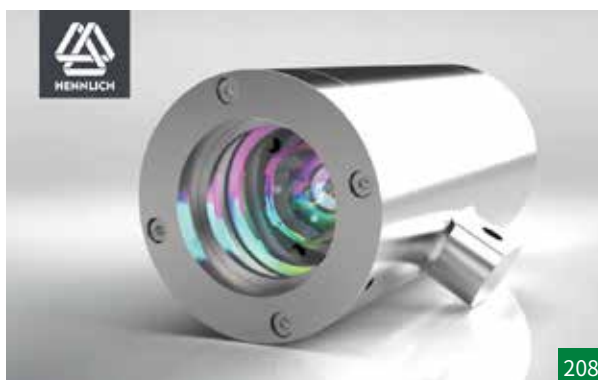
### PODJETJA PREDSTAVLJAJO

#### GIA-S

- 207 Generator nasičene pare SAMSON tip 7110

#### HENNLICH

- 208 Napredne rešitve z LED-svetilko Lumistar



#### MIEL Elektronika

- 210 FHV7-AI – kamera za strojni vid z umetno inteligenco



#### OMEGA AIR

- 212 Alternativni filtrirni vložki za stisnjeni zrak za znižanje stroškov vzdrževanja – izdelani po tehnologiji OMEGA AIR

#### SMC

- 214 EQ električni aktuatorji – sodobna alternativa pnevmatiki



# Brvinc nad konkurenco: kako je študentska ekipa Edvard Rusjan Team osvojila vrh svetovnega letalstva

Helena Grahek

Študentska ekipa Edvard Rusjan Team Univerze v Ljubljani je z letalom Brvinc zmagala na enem najprestižnejših in najzahtevnejših študentskih letalskih tekmovanj na svetu – Design/Build/Fly 2026. Na tekmovanju, ki ga organizira Ameriški inštitut za aeronavtiko in astronautiko (AIAA) in je med 16. in 19. aprilom 2026 potekalo v Wichiti v ameriški zvezni državi Kansas, je ekipa med 98 univerzitetnimi ekipami z vsega sveta osvojila 1. mesto ter Sloveniji ponovno zagotovila mesto v vrhu svetovnega študentskega letalstva.



Zmagovalna študentska ekipa Edvard Rusjan Team; foto arhiv DBF 2026

Tekmovanje Design/Build/Fly študente postavlja pred izrazito praktičen inženirski izziv: v nekaj mesecih morajo zasnovati, izdelati in preizkusiti povsem novo radijsko vodeno letalo ter pripraviti obsežno tehnično dokumentacijo. Uspeh na tekmovanju zato ni odvisen le od kakovosti letala, temveč predvsem od sposobnosti ekip, da pod časovnim pritiskom združijo znanje, inovativnost in učinkovito reševanje problemov.

Toda zmaga Brvincina ni zgodba enega poleta. Za uspehom stojijo več kot 7000 ur prostovoljnega dela, meseci razvoja, številna testiranja in skupina mladih ljudi, ki jih je povezovala skupna ambicija – dokazati, da lahko slovensko znanje stoji ob boku najboljšim univerzam sveta.

## Od ideje do letala

Letošnja tekmovalna naloga Banner Towing Bush Plane je od ekip zahtevala razvoj večnamenskega radijsko vodenege brezpilotnega letala, sposobnega prevoza tovora, »potnikov« in vleke zastave. Letalo je moralo združevati nizko maso, ro-

Helena Grahek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

bustnost, prilagodljivost in zanesljivo delovanje, hkrati pa biti dovolj kompaktno za transport čez Atlantik.

V ekipi Edvard Rusjan Team je razvoj potekal v celoti interno – od prve idejne zasnove in CAD-modeliranja do izdelave, mehanskih rešitev, testiranja in optimizacije. Poseben izziv je predstavljal sistem za vleko zastave, ki je moral med letom omogočati natančno razvijanje, stabilno vleko in varen odmet zastave pred pristankom tudi v zahtevnih vremenskih razmerah.

Med razvojem so letalu nadeli ime Brvinc – primorsko narečno besedo za mravljo, s katero se je ekipa poistovetila zaradi njene vztrajnosti, povezanosti in delavnosti.

Razvojni cikel je trajal približno pol leta, v tem času pa je ekipa opravila več kot 80 testnih poletov. Del priprav je potekal tudi v Vipavski dolini, kjer so močni sunki vetra predstavljali idealno pripravo na nepredvidljive razmere, ki so ekipo čakale v ZDA.

## Tekmovanje, kjer odločajo podrobnosti

Ekipa si je z odličnim tehničnim poročilom že pred začetkom zagotovila visoko izhodišče in drugo mesto na štartni listi. Sledile so statične in letalne naloge, pri katerih ni bilo prostora za napake.

Tekmovanje so dodatno oteževali močan veter, nevihte in celo nevarnost tornadov, zaradi katerih so morali organizatorji večkrat prekiniti program. Tik pred začetkom so se pojavile tudi tehnične težave z letalom. Mentor ekipe viš. pred. dr. Igor Petrovič se spominja, da so študenti večer pred tekmovanjem do tretje ure zjutraj popravljali podvozje in šivali zastavo. Prav v takšnih trenutkih se po njegovih besedah pokaže prava vre-



Mentor ekipe, viš. pred. dr. Igor Petrovič; foto Željko Stevanić

dnost projekta – sposobnost ekipe, da se hitro odzove na težavo, jo reši in naslednji dan znova poleti.

Odločilen trenutek je prišel v zadnji misiji, ko je moral Brvinc vzleteti z zvito zastavo, jo med letom razviti, vleči za seboj in jo pred pristankom varno odvreči. Naloga velja za eno najbolj zahtevnih in hkrati najbolj tveganih na tekmovanju, ekipa pa jo je izvedla brezhibno.

»Vesel sem, da smo projekt uspešno pripeljali do konca. Izjemno sem hvaležen vsem članom ekipe, ki so v zadnjih mesecih svoj čas in trud namenili zasnovi in izdelavi letala. Na tekmovanju smo delovali zelo povezano, kar so opazili tudi drugi. Zmaga na tekmovanju DBF poplača ves vložen trud in potrjuje, da smo na pravi poti,« je povedal Jakob Erhartič, vodja ekipe DBF.



Slavnostni sprejem za Edvard Rusjan Team; foto Željko Stevanić

## Več kot projekt – šola inženirstva

Za uspehom stoji več kot 30 študentk in študentov različnih članic Univerze v Ljubljani: Fakultete za strojništvo, Fakultete za elektrotehniko, Fakultete za računalništvo in informatiko, Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakultete za matematiko in fiziko, Biotehniške fakultete ter Fakultete za družbene vede. Prav multidisciplinarnost projektu daje posebno moč, saj povezuje znanja konstrukcije, aerodinamike, elektronike, programiranja, materialov, organizacije in komunikacije.

»Ponosen sem, da smo ponovno dokazali, kaj lahko doseže skupina motiviranih študentov, ko združi znanje, zaupanje in skupen cilj. Takšen projekt daje študentom znanje, ki ga nobeno predavanje ne more dati,« poudarja Erhartič.

Mentorji pri projektu niso zgolj strokovni svetovalci, temveč predvsem podpora študentom pri samostojnem odločanju in prevzemanju odgovornosti. »Mentorji vam lahko svetujemo in pomagamo z izkušnjami, na koncu pa so vse odločitve vaše,« je ob predstavitvi dosežka poudaril Petrovič.

Dekan Fakultete za strojništvo UL prof. dr. Jernej Klemenc vidi v uspehu ekipe predvsem potrditev pristopa, ki študentom omogoča neposreden stik z realnimi inženirskimi izzivi: »Ko vidimo, kako študenti znanje, pridobljeno med študijem, z veliko lastne pobude, dela in odgovornosti razvijejo v nekaj tako konkretnega in uspešnega, vemo, zakaj je tak način dela smiseln.«

### Dokaz, da lahko Slovenija konkurira najboljšim

Zmaga ekipe Edvard Rusjan Team ni zgolj nova lovorika v vitrini študentskih projektov. Je jasna potrditev, da lahko slovenski študenti z znanjem, vztrajnostjo in ustrezno podporo enakovredno konkurirajo najboljšim univerzam sveta – in jih tudi premagajo.

Brvnc zato ni le tekmovalno letalo, temveč simbol generacije mladih inženirk in inženirjev, ki znajo povezati teorijo in prakso, prevzeti odgovornost ter v zahtevnih razmerah delovati kot usklajena ekipa. Prav zaradi takšnih projektov univerzitetni laboratoriji postajajo več kot učilnice – postajajo okolje, kjer nastajajo prihodnji vrhunski strokovnjaki slovenskega in svetovnega letalstva.

Ekipa Edvard Rusjan Team je v 18 letih delovanja zgradila močan mednarodni ugled, kar potrjujejo zmage v letih 2015, 2019 in 2026 ter številne druge visoke uvrstitve. Projekt danes velja za enega najuspešnejših in najbolj prepoznavnih študentskih inženirskih projektov v Sloveniji ter pomembno okolje za razvoj nove generacije inženirjev.

# Dnevi STROJNIŠTVA

Tehniški muzej Slovenije  
22. – 27. september 2026



# Madžarska astronauta na UL FS: Vesolje kot priložnost za manjše države

Po odmevnem obisku astronautke Sunite Williams smo v sredo, 22. aprila 2026, gostili še madžarska astronauta Tiborja Kapuja in Gyulo Cserényija. Dogodek je ponudil neposreden vpogled v sodobne vesoljske misije, usposabljanje astronautov ter vlogo inženirjev pri najzahtevnejših tehnoloških projektih današnjega časa.

Tibor Kapu, inženir strojništva, je leta 2025 sodeloval v misiji Axiom Mission 4 (Ax-4) in postal tretji Madžar v zgodovini, ki je poletel v vesolje. Na Mednarodni vesoljski postaji je preživel 18 dni, kjer je sodeloval pri znanstvenoraziskovalnih in tehnoloških eksperimentih v sodelovanju z madžarskimi raziskovalnimi institucijami in industrijo. V svojem nastopu je poudaril simbolni pomen poleta: »Izstrelitev je bila trenutek, ki je združil ves narod. To je nekaj, kar želim tudi Sloveniji.«

Gyula Cserényi, inženir elektrotehnike in rezervni astronaut, je skupaj s Kapujem opravil enakovredno zahtevno usposabljanje in aktivno sodeluje v madžarskem vesoljskem programu HUNOR (Hungarian to Orbit). Program predstavlja strateško pobudo za razvoj vesoljskih tehnologij, raziskav ter vključevanja države v mednarodne vesoljske misije. V svojem nagovoru je izpostavil pomen sodelovanja: »V vesolju nihče ne deluje sam. Sodelovanje med državami, univerzami in industrijo je temelj vesoljskih znanosti.«

Pomen sodelovanja je v svojem nagovoru izpostavil tudi izr. prof. dr. Miha Brojan,



*Tibor Kapu (na sliki levo) in Gyula Cserényi sta si z velikim zanimanjem ogledala lunarni rover, ki ga je razvila ekipa Laboratorija za modeliranje, avtomatizacijo in mehatroniko (LAMPA) v okviru projekta TerraScout, podprtega s strani Evropske vesoljske agencije (ESA), za razvoj naprednih večrobotskih sistemov za raziskovanje Luninega površja.*

ki je poudaril, da vesoljske misije niso zgolj rezultat dela astronautov, temveč plod široke podporne ekipe na Zemlji – od inženirjev, razvijalcev in oblikovalcev do kontrolorjev misij in strokovnjakov za programsko opremo. »Nekaj je iti v

vesolje, nekaj pa je biti podpora,« je dejal in dodal, da prav takšni projekti jasno kažejo, kako ključno je sodelovanje na področju vesoljskih tehnologij. Ob tem je izpostavil tudi navdihujočo vlogo tovrstnih dogodkov za mlade, saj dokazujejo, da je z znanjem, sodelovanjem in vključevanjem v evropske vesoljske programe mogoče postati del enega najzahtevnejših in najprestižnejših področij sodobnega inženirstva.

S tovrstnimi dogodki Fakulteta za strojništvo UL krepi povezovanje akademskega okolja, industrije in najnaprednejših tehnologij ter spodbuja vključevanje slovenskih študentov in raziskovalcev v evropske in mednarodne vesoljske projekte.

Dogodek je potekal v organizaciji Slovenske vesoljske pisarne v okviru Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport in v sodelovanju z veleposlaništvom Madžarske.

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



*Utrinek iz obiska madžarski astronautov*

# Med generacijami in tehnologijo: tradicija in prihodnost meroslovja

Mateja Valenci

V okviru 45. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti je 19. marca 2026 potekal strokovni dogodek z naslovom »Med generacijami in tehnologijo: tradicija in prihodnost meroslovja«, ki sta ga organizirala Urad Republike Slovenije za meroslovje in Fakulteta za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Dogodek je povezal predstavnike znanosti, industrije in javnih institucij ter spodbudil razpravo o vlogi meroslovja v hitro razvijajoči se družbi.

Letos konferenca izpostavlja ključno vprašanje sodobnega časa – kako organizirati družbo, ki postaja vse bolj dolgoživa. Demografske spremembe, tehnološki napredek, preobrazba gospodarstva ter okoljski in družbeni izzivi narekujejo nove pristope k organizaciji sistema. V takšnih razmerah postajajo zanesljive meritve in kakovostni podatki temelj razumevanja sveta in sprejemanja premišljenih odločitev.

»Meroslovje ni zgolj tehnična disciplina, temveč tiha infrastruktura zaupanja, na kateri temelji sodobna družba,« je poudaril vršilec dolžnosti direktorja Urada Republike Slovenije za meroslovje dr. Samo Kopač v uvodnem nagovoru. Udeležence je nagovorila tudi dekanica Fakultete za organizacijske vede Univerze v Mariboru dr. Polona Šprajc, ki je izpostavila pomen povezovanja organizacijskih znanosti, tehnologije in meroslovja pri soočanju z izzivi prihodnosti.

Osrednje plenarno predavanje je pripravil dr. Gregor Geršak s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Predstavil je interdisciplinarne pristope k merjenju človeka in poudaril, da sodobne tehnologije omogočajo vse natančnejše spremljanje gibanja, telesnih odzivov ter človekove interakcije s tehnologijo. Takšni pristopi odpirajo nove možnosti na področjih medicine, športa in raziskav človeškega vedenja. Ob tem je izpostavil pomen povezovanja elektrotehnike, biomedicine in podatkovne znanosti pri razvoju naprednih merilnih metod ter nosljivih tehnologij, ki pomembno prispevajo k zdravju, rehabilitaciji in kakovosti življenja.

Strokovni program je ponudil vpogled v različne vidike meroslovja v praksi.

- ▶ *Luka Brozić* (Hisense Europe – Gorenje gospodinjski aparati) je predstavil predrazvoj avtomatiziranih meritev temperaturnih odzivov pečic ter cilje popolne avtomatizacije procesov regulacije temperature.
- ▶ *Nataša Uranjek* (Komunalno podjetje Velenje) je predstavila, kaj vse merimo v odpadnih vodah ter kako te meritve



Predavatelji na meroslovnem dogodku v okviru 45. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti

omogočajo vpogled v zdravje in navade družbe.

- ▶ *Dr. Gregor Starc* s Fakultete za šport Univerze v Ljubljani je predstavil program SLOfit, enega najdlje trajajočih sistemov spremljanja telesnega razvoja otrok in odraslih v svetu.
- ▶ O pomenu zgodnjega odkrivanja izgube sluha in vlogi slušnih aparatov sta spregovorila dr. Zvone Balantič (FOV UM) in Albin Kotnik (AUDIO BM).

## Okrogla miza: prenos meroslovne kulture med generacijami

Zaključni del dogodka je zaznamovala okrogla miza, ki sta jo vodila dr. Marjan Rihar in dr. Denis Sušin. Razprava je odprla ključna vprašanja o zaupanju v meritve, o prenosu meroslovne kulture med generacijami ter o družbeni odgovornosti meroslovcev v dolgoživi družbi.

V razpravi so sodelovali:

- ▶ *Aleksandra Lepenik*, direktorica in vodja kakovosti ELPRO Lepenik & Co. d.o.o.,
- ▶ *Vid Lepenik*, produktni vodja v istem podjetju,

Mateja Valenci, univ. dipl. ekon., Urad republike Slovenije za meroslovje

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



Sodelujoči na okrogli mizi

- ▶ *Nataša Kračun*, direktorica ALBA d. o. o.,
- ▶ *Darko Želj*, generalni direktor Libela ELSI d. o. o.,
- ▶ *dr. Samo Kopač*, vršilec dolžnosti direktorja Urada RS za meroslovje.

Ker so pri okrogli mizi sodelovali strokovnjaki različnih generacij, je razprava osvetlila, kako se izzivi meroslovja kažejo skozi pogled starejših in mlajših strokovnjakov ter kako pomembno je medgeneracijsko sodelovanje za napredek stroke. Udeleženci so tudi poudarili, da je za ohranjanje zaupanja v meroslovne rezultate ključna visoka usposobljenost osebja, ki sodeluje v meroslovnih postopkih.

### Sklepne ugotovitve

Udeleženci so se strinjali, da meroslovje presega tehnične okvire in pomembno prispeva k razumevanju sveta, razvoju tehnologij, skrbi za okolje ter krepitvi zaupanja v družbi. V času hitrih sprememb namreč prav zanesljive in sledljive meritve omogočajo skupno razumevanje realnosti in odgovorno odločanje.

Dogodek je ponovno pokazal, da meroslovje povezuje tradicijo, znanje in izkušnje preteklih generacij s tehnološkimi inovacijami in izzivi prihodnosti ter ostaja eden ključnih elementov razvoja sodobne družbe.

Foto: MIRS

# JAKŠA

## MAGNETNI VENTILI

### od 1965

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



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



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

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

# Strokovna ekskurzija SDFT 2026 – podjetje Parker na Češkem in v Nemčiji

Slovensko društvo za fluidno tehniko (SDFT) je ponovno uspešno organiziralo tridnevno strokovno ekskurzijo, ki se je letos najprej dotaknila zahodne Češke, nato pa nadaljevala v vzhodni del Nemčije. Rdeča nit letošnje ekskurzije je bilo podjetje Parker. Ogledali smo si tri njihove različne proizvodne lokacije. Ekskurzija je udeležencem ponudila vpogled v sodobno industrijo fluidne tehnike, obenem pa prijetne družabne trenutke ob kulturnem in zgodovinskem utripu regije. Turistični del ekskurzije je odlično pokrivala agencija ARS Longa.

## 1. dan: četrtek, 21. maj – iz Slovenije preko Avstrije do zahodne Češke in vzhodne Nemčije

Na pot smo se podali že ob pol enih zjutraj iz Ljubljane preko Maribora, vzhodnega dela Avstrije, mimo Prage do mesta Chomutov v zahodnem delu Češke. V dopoldanskem času smo obiskali češko podružnico podjetja PARKER. Celotno večnacionalno podjetje zaposluje preko 61 tisoč ljudi. Najprej so nam v sejni sobi predstavili podjetje, sledilo je kosilo in potem



*Udeleženci ekskurzije v poslovni zgradbi češke podružnice Parker v Chomutovu*

zelo zanimiv ogled proizvodnje delov za hidravlične črpalke, motorjev filtrskih elementov ter krivljenih jeklenih in gibkih hidravličnih cevi. Po obisku podjetja smo si ogledali stari center mesta Chomutov. Nato smo se odpeljali do dobrih 70 km oddaljenega nemškega mesteca Chemnitz. Dan smo zaključili z nastanitvijo v hotelu in prijetno tradicionalno večerjo v pristnem vzhodnonemškem vzdušju.

## 2. dan: petek, 22. maj – nemški Chemnitz

Po zajtrku smo se najprej odpravili v bližnjo razvojno-proizvodno lokacijo Parker. Tu so nas sprejeli v sejni sobi, kjer so nam predstavili varnostna navodila ter njihov razvoj in proizvodnjo. Spadajo v Parkerjevo skupino HPME, ki poleg češkega Chomutova, švedskega Trollhättana in francoskega Vierzona razvija in izdeluje aksialne batne, zobniške in lamelne črpalke s konstantno in spremenljivo iztisinno. Pojasnili so nam, da je njihovo pomembno načelo »nič napak«. Njihove črpalke zasnujejo, preračunajo in pripravijo tehnologijo izdelave. Po kratkem odmoru sta sledila dobro kosilo v podjetju Parker in prevoz na drugi konec mesta Chemnitz, kjer smo si ogledali njihovo zanimivo proizvodnjo hidravličnih agregatov. Te izdelujejo namenško za različne končne uporabnike: od kovinskopredelovalne industrije do mobilnohidravličnih sistemov, papirne industrije, proizvodnje vodika itd. Moči njihovih agregatov so od enega do nekaj 100 kW. Pri izdelavi hidravličnih agregatov imajo zelo dobro opremljeno proizvodnjo: dve veliki mostni dvigali, skladišče, več naprav za razrez in krivljenje jeklenih cevi, za hladno deformacijo za izdelavo priključkov na jeklenih ceveh, za stiskanje priključkov na gibkih ceveh, oddelek za elektrifikacijo ter oddelek za preizkušanje. Sledil je ogled zanimivega industrijskega muzeja ter nato vodeni ogled mesta Chemnitz.

## 3. dan: sobota, 23. maj – zaključek v duhu zgodovine, umetnosti in kulture

Zadnji dan je bil namenjen turistično-kulturno-zgodovinskemu doživetju. Po zajtrku smo zapustili Chemnitz in se odpravili proti domu. Pomembna postojanka je bilo zelo znano nemško mesto Nürnberg. Tu je bil vodeni ogled pomembnejših znamenitosti mesta – od gradu nad mestom do rojstne hiše umetnika Albrechta Dürerja, glavnega mestnega trga in številnih cerkva.

Domov smo se vrnili v poznih večernih urah, bogatejši za nova strokovna znanja, poslovne stike in prijetne spomine.



*Udeleženci ekskurzije med ogledom proizvodnje Parker*

Na tem mestu se v imenu Slovenskega društva za fluidno tehniko zahvaljujemo za odlično organizacijo in topel sprejem v podjetju Parker ter izvrstno vodenje agencije ARS longa!

Dr. Franc Majdič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo  
Miha Šteger, Parker Hannifin – podružnica Novo Mesto

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

UNIVERZA V LJUBLJANI | FS  
Fakulteta za strojništvo

**POLETNA ŠOLA  
STROJNIŠTVA**

25. - 28. AVGUST 2026

# Intervju – Drago Pintar, direktor podjetja UNIFOREST

Franc Majdič

Idejo za tokratni intervju smo dobili ob podelitvi letošnjih nagrad Gospodarske zbornice Slovenije za izjemne gospodarske in podjetniške dosežke za leto 2025. Tokratni intervjuvanec je gospod Drago Pintar, letošnji prejemnik omenjene nagrade. Drago Pintar je podjetnik, ustanovitelj in dolgoletni direktor podjetja Uniforest.



Drago Pintar, ustanovitelj in direktor podjetja Uniforest

**Ventil:** Prosim, gospod direktor, da na kratko predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno.

**Drago Pintar:** Zgodba podjetja Uniforest se je v zgodnjih devetdesetih letih začela z izdelavo prototipa gozdarskega vitla za znanega naročnika iz Nemčije. Šlo je za podjetnika, ki se je sicer ukvarjal s prodajo in proizvodnjo kmetijskih strojev, a je želel razširiti dejavnost na gozdarsko mehanizacijo. Dogovorili smo se za prvo naročilo, za sto strojev, in to je bil resen začetek podjetja Uniforest. Leta 1999 smo se prvič predstavili na sejmu SIMA v Parizu in zgradili prvi proizvodni objekt. Leta 2001 smo nastopili na sejmu Agritechnica v Nemčiji, leto kasneje pa še v ZDA. Z rastjo povpraševanja in vstopi na nove trge smo proizvodni program razširili na cepilnike, rezalno-cepilne stroje, krožne žage, povezovalnike drv, transportne zabojnike, klešče in prijemala za hlodovino, rezalne klešče in v zadnjem obdobju gozdarske žičnice. Inovativnost, trdo delo in tesno sodelovanje smeje ekipe kompetentnih sodelavcev so v dobrih treh desetletjih Uniforest privedli med vodilne evropske proizvajalce gozdarske mehanizacije. Danes naše podjetje šteje več kot 130 zaposlenih in izvažamo v 43 držav po vsem svetu.

**Ventil:** V začetku letošnjega marca ste, kot eden izmed petih letošnjih nagrajencev, dobili prestižno nagrado Gospodarske zbornice Slovenije za izjemne gospodarske in podjetniške dosežke za leto 2025. Kaj je po vašem mnenju prispevalo k temu, da so vas izbrali in kaj vam pomeni ta nagrada?

**Drago Pintar:** Utemeljitev za izbor (GZS) je zelo podrobno navedla razloge, ampak bi povzel bistvo. Letošnja nagrada GZS je bila tematsko povezana z vlogo ljubezni in srčnosti v podjetništvu. Nagrajenci smo bili izbrani ne le na podlagi večšin in ekonomsko merljivih rezultatov, ampak tudi vrednot, ki jim sledimo med svoj poslovno potjo. Pomembni dejavniki so bili strokovnost, tehnična podkovanost nagrajencev, kakovost izdelkov, prepoznavnost v mednarodnem okolju, stabilna rast podjetja, lasten razvoj, obvladovanje procesov in dolgoročna finančna vzdržnost, inovativnost ... Pomemben poudarek pa je bil tudi na družbeni odgovornosti in odnosu do ljudi, sodelavcev, poslovnih partnerjev in lokalnega okolja. Hvaležen sem, da so to prepoznali tudi v delovanju podjetja Uniforest. Priznanje GZS za izjemne gospodarske in podjetniške dosežke sem marca letos prevzel s ponosom in ga delim s sodelavci. Uniforest smo vsi mi in nagrada, ki sem jo prejel, je nagrada za naše skupno delo.

**Ventil:** Živimo v turbulentnih časih, v času visoke inflacije, delno tudi gospodarske krize in delno že recesije (to velja za nekatere najbolj razvite države). Kako vaše podjetje preživlja ta čas in kaj svetujete, kako naj podjetniki delujejo v takšnih časih?

**Drago Pintar:** Konkurenčnost poslovnega okolja se je glede na druge države EU v Sloveniji v zadnjem obdobju zelo zmanjšala; proizvodno konkurenčnost izgubljam predvsem glede na vzhodne države, pri proizvodnji enostavnejših produktov pa tudi glede na Kitajsko. Ta trend skušamo obvladovati tako, da ves čas aktivno iščemo priložnosti za posodobitve in optimizacijo proizvodnih procesov in sočasnem ohranjanju trajnosti in dolgoročne vzdržnosti samega poslovanja.

Podjetnikom svetujem, da zberejo pogum in v takšnih trenutkih kljub previdnosti, ki je vedno pomembna, sprejemajo odločitve, ki jim bodo prinesle dodano vrednost. Vlaganja se vedno obrestujejo. Je pa res, da se je treba dobro pozanimati, pretehtati možnosti in biti pripravljen pravočasno se odzvati na spremembe. Vedno je treba biti na tekočem z dogajanjem po svetu in ob večjem geopolitičnem dogodku, ki bi lahko vplival na spremembe v dobavni verigi ali proizvodnih procesih, skrbno proučiti možnosti in jih tudi ustrezno predstaviti partnerjem, kupcem, dobaviteljem in seveda tudi sodelavcem.



Skupinska fotografija sodelavcev podjetja Uniforest ob slavnostni otvoritvi objekta napredne proizvodnje julija 2024

**Ventil:** Kakšne imate izkušnje s sodelovanjem z raziskovalnimi institucijami? Ali imate kakšne predloge za morebitne izboljšave?

**Drago Pintar:** Naše podjetje sodeluje z nekaterimi raziskovalnimi institucijami Univerze v Ljubljani ter Mariboru in smo posebej veseli, da lahko združujemo znanje mladih raziskovalcev in znanja raziskovalnih inštitucij z znanjem ter izkušnjami, ki jih imamo v našem podjetju in ki smo jih dobili med dolgoletno proizvodnjo naših gozdarskih strojev. Se zavedamo, da je povezovanje raziskovalnih institucij z gospodarstvom zelo pomembno za našo družbo in si želimo takšnih sodelovanj, kot jih imamo npr. z laboratorijem za fluidno tehniko LFT, s katerim sodelujemo in postavljamo gozdarstvo na najvišjo tehnološko raven.

**Ventil:** Koliko inženirjev s tehničnega področja je zaposlenih v vašem podjetju in koliko ste jih zaposlili v zadnjem letu. Kakšen profil inženirja potrebujete, kakšnega si želite in kakšnega dobite na trgu?

**Drago Pintar:** Naša ekipa inženirjev različnih tehničnih strok, od česar jih je velika večina s področja strojništva, trenutno šteje 31 sodelavcev.

Lahko se pohvalimo, da smo se v zadnjem letu na tem področju okrepili s šestimi novimi sodelavci.

Najpogosteje iščemo tehnično močne in praktično usmerjene inženirje strojništva za delo v razvoju, tehnologiji in prodaji.

Ker smo intenzivno razvojno naravnani, cenimo strokovnost, inovativnost, tehnično razumevanje strojev, sposobnost dela v mednarodnem okolju in timsko delo. Želimo si sodelavcev, ki so močni na strokovnem področju in imajo hkrati že tudi določene delovne izkušnje s kmetijsko ali gozdarsko mehanizacijo, vendar pa žal vedno takšnih na trgu ne najdemo. Na srečo imamo v podjetju izkušene mentorje, ki so pripravljeni deliti svoje znanje in izkušnje ter jih prenašati na mlajše sodelavce. Mentorstvo je namreč odličen način, kako se učiti od najboljših. To je priložnost, da novi sodelavci pridobijo praktične veščine in izkušnje, ki jih ni mogoče dobiti v učilnici.

**Ventil:** Slovenski trg je majhen, zato ste že davno s svojimi izdelki prestopili naše meje. Kje so vaši glavni trgi in kako osvajate nove?

**Drago Pintar:** Zdaj so poleg Slovenije med našimi najpomembnejšimi trgi Nemčija, Avstrija, Francija in Italija. Prodaja v zadnjem času raste v Veliki Britaniji, uspešni smo tudi v ostalih državah EU, vedno bolj uspešni smo na Hrvaškem, razvija se bosanski, tudi srbski trg. Kar se tiče ostalih kontinentov, v ZDA izvažamo že 25 let, lani pa smo uspešno razvili posel še v Kanadi. Poleg Avstralije je prodaja stekla v Novi Zelandiji, zanimivi pa so tudi bolj eksotični trgi, kot so Butan, Južna Koreja, Japonska, Mehika in Čile. Menimo, da je na tuje trge najbolje vstopiti preko lokalnih posrednikov in predstavitev na sejmih. Tako smo tudi v preteklosti vstopali na trge.



Uniforestov rezalno-cepilni stroj TITAN 40/20 med delom

**Ventil:** Brez inovacij in zadovoljive dodane vrednosti dolgoročno ne more preživeti nobeno podjetje, ki izdeluje stroje in druge izdelke. Kako vi vodite to področje in kako motivirate zaposlene?

**Drago Pintar:** Vedno težimo k inovativnosti. Že vsaj 20 let imamo komisijo za inovativnost. Poleg inovacij, ki prihajajo iz razvojnega oddelka, velik pomen dajemo tudi koristnim predlogom, ki jih lahko podajo vsi zaposleni. Komisija jih redno obravnava, vsak predlog finančno nagradimo, izberemo pa tudi predlog meseca in leta.

Na Uradu za intelektualno lastnino prijavimo od 3 do 4 patente kot tudi oblikovne zaščite (EU) letno, najbolj viden rezultat kulture inovativnosti pa je 13 evropskih patentov. Rad bi opozoril, da nas vsak evropski patent v svoji 20-letni življenjski dobi stane približno 40.000 evrov. Če želimo biti inovativna družba, se bodo morali ti stroški na evropskem ravni občutno zmanjšati. Smo prvi v tej branži z mobilno aplikacijo za nadzor in spremljanje delovanja gozdarskih strojev. S tem omogočimo, da uporabnik spremlja servisne intervale in z njihovim upoštevanjem podaljša življenjsko dobo stroja. Zelo poudarjamo pomen izobraževanja kupcev, zanje izvajamo številna izobraževanja, saj se trudimo za čim boljše prodajno podporo, hkrati pa so nam uporabniške izkušnje dragocen vir idej za razvoj novih izdelkov. Smo tudi uradni člani delovne skupine ISO za varnost gozdarskih strojev na ravni EU, kjer svetujemo pri pripravi smernic za varno delo z gozdarskimi vitli in rezalno-cepilnimi stroji.

**Ventil:** Poznano je, da se mladi težko odločajo za poklice na tehničnem področju. Kaj bi vi svetovali mladim, kako naj izberejo poklic in kaj je tisto »lepo« v tehniki, da bi mlade prepričali za tehnične poklice?

**Drago Pintar:** V našem podjetju menimo, da sta motivacija in želja po raziskovanju tesno povezana z znanjem. Torej je pri mladih zelo pomembno, da čim prej najdejo, kaj jih motivira



Uniforestov nagrajeni daljinski upravljalnik UNILINK za gozdarske vitle – prestižna mednarodna nagrada »Red Dot 2026 (vir: <https://www.red-dot.org/pd/distinctions>)« na področju industrijskega oblikovanja



Uniforestova žičnica COBRA 600-30U med delom

in kaj bi v življenju radi počeli. Pri podjetjih, kot smo mi, in še posebej pri raznih inštitucijah pa je pomembno, da tisto »malo iskrico« zaznamo in da lahko vsakemu posebej pomagamo, da uresniči svoje sanje in želje. S temi dejanji postajamo tako kot posamezniki in prav tako kot družba boljši in bolj konkurenčni na trgu.

**Ventil:** Vsi, ki delamo na tehničnem področju in smo izpostavljeni tržnim zakonitostim, čutimo, da v Sloveniji niti politično niti družbeno okolje ni naklonjeno podjetništvu. To še posebno velja za področje strojništva. Kaj se po vašem mnenju da narediti na tem področju, da bi bili uspešni podjetniki vsaj toliko spoštovani kot uspešni športniki ali uspešni kulturniki?

**Drago Pintar:** Menim, da ne glede na to, ali je nekdo uspešen podjetnik, kulturnik ali športnik, bo vedno največ štelo, kakšen človek je. Družben razvoj se odraža na vseh teh področjih, ki so med seboj tudi povezana in vsako od njih zahteva trdo delo, prave odločitve ter predvsem pogum in srčnost, da vztrajamo tudi, ko je težko. Pri nas poznamo številne primere dobre podjetniške prakse inovativnosti in tehnološke dovršenosti proizvodov. Za uspehom pa v prvi vrsti stojijo predvsem zadovoljni zaposleni, ki s svojim znanjem ter vsemi ostalimi kompetencami predstavljajo največjo dodano vrednost podjetja.

V Uniforestu nam je zelo pomembno, da smo vključeni v lokalno okolje, kjer podpiramo različne dejavnosti. Poleg kulturnih prireditev in športnikov tudi prostovoljstvo (npr. gasilska dru-

štva) in dobrodelnost (Karitas) ... Še en primer, da podjetništvo ima ugled, je izbor in podelitev nagrad GZS, ki priča, da smo podjetniki spoštovani in cenjeni, če se ravnamo po svojih vrednotah in sledimo viziji napredka in lepšega jutri za vse.

Slovenci smo bili mogoče glede izbora poklica res vedno bolj tradicionalni, kot npr. v ZDA, kjer se vzgaja predvsem uspešne podjetnike, ampak časi se spreminjajo. Sploh digitalizacija in razvoj sodobnih tehnologij prinašata veliko možnost za uspeh in spodbude na tem področju. Občutek imam, da se mladi sploh v zadnjih letih zelo zanimajo za podjetništvo, na primer, pri nas smo že večkrat gostili lokalne osnovnošolce, ki si pridejo ogledat delovanje podjetja, strojev, robotov, procesov in jih iskreno zanima, kakšno delo tukaj opravljajo različni zaposleni. To pokažejo tudi skozi zanimivima vprašanja, na katera z veseljem odgovorimo.

Ljudje na najvišjih funkcijah tako v SLO kot v EU bi se morali zavedati, da je treba podjetništvo spodbujati in skrbeti za nenehni napredek ter tehnološki razvoj, saj je pomembno, da smo kot družba konkurenčni, da imamo dobre izdelke ter da jih naredimo s tehnologijami, ki zahtevajo najmanj vložene energije in pripomorejo k okoljski trajnosti.

*V imenu uredništva znanstveno-strokovne revije Ventil hvala za vaše odgovore in veliko uspehov tudi v prihodnje.*

Izr. prof. dr. Franc Majdič, UL, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Nova raziskovalna oprema za prebojne raziskave in še bolj poglobljeno sodelovanje z gospodarstvom – 4. del

Helena Grahek

Vrhunska raziskovalna oprema je temelj znanstvene odličnosti, tehnoloških prebojev in uspešnega sodelovanja z gospodarstvom. Z nenehnim razvojem raziskovalne infrastrukture na Fakulteti za strojništvo UL ustvarjamo pogoje za raziskave in razvoj na najvišji ravni ter hitrejši prenos znanja v prakso.

Nove raziskovalne zmogljivosti odpirajo priložnosti za razvoj naprednih tehnologij na področjih energetike, materialov, digitalizacije, proizvodnih tehnologij in trajnostnega inženirstva ter dodatno krepijo povezovanje raziskovalnega in industrijskega okolja.

## Nadgradnja superračunalniškega sestava Prelog (HPCFS-U3)

V Laboratoriju za konstruiranje (LECAD) so izvedli tretjo nadgradnjo superračunalniškega sistema Prelog (HPCFS-U3). Visokozmogljivo računalništvo (HPC) in umetna inteligenca (UI) sta danes ključna za sodobne raziskave in razvoj, saj omogočata hitrejša simulacije, natančnejše modele, obdelavo vedno večjih količin podatkov ter hitrejši prehod od ideje do preverjene rešitve.

Prelog je na UL osrednji »in-house« HPC-sestav (tier-3), ki se je od začetkov leta 2010 uveljavil kot največja tovrstna zmogljivost v slovenskem visokošolskem in raziskovalnem prostoru. Hkrati predstavlja pomemben most do nacionalnih in evropskih zmogljivosti (npr. Vega, EuroHPC). Raziskovalci UL FS sodelujemo v evropskih in nacionalnih projektih, centrih odličnosti ter iniciativah, kjer je zanesljivo domače razvojno okolje ključno za razvoj, optimizacijo in prenos kod ter metod na večje superračunalnike.

Izvedena nadgradnja HPCFS-U3 je prinesla občutno povečanje računske moči z moderno heterogeno arhitekturo. Vključuje 14 računskih vozlišč s skupno 896 procesorskimi jedri (AMD CPU), pospeševalnike (GPU: NVIDIA in AMD) s 118.784 jedri ter 6 TB delovnega pomnilnika. Vozlišča so povezana prek omrežja HDR InfiniBand z nizko latenco in visoko pasovno širino, kar je ključno za izračune, porazdeljene na več vozlišč. Takšna zasnova podpira širok nabor znanstvenih in inženirskih simulacij (MPI) ter omogoča hibridno izvajanje, pri katerem CPU in GPU

delujeta usklajeno – kar postaja standard pri sodobnih kodah, ki zahtevajo učinkovito razporejanje opravil in upravljanje pomnilnika.

Nadgradnja je odgovorila na konkretne potrebe raziskovalcev, ki že izvajajo zahtevne izračune na sistemu Prelog: od integriranega modeliranja jedrske fuzije in naprednih plazemskih simulacij do inženirskih izzivov, kot so kolaps kavitacijskih mehurčkov, večfazni tokovi v CFD, razvoj brez mrežnih metod ter simulacije obremenitev v strojnih elementih (npr. polimerni zobniki) in številni drugi pojavi. Pomemben del uporabe predstavljajo tudi študije v komercialnih večfizikalnih programih, ki so na voljo pod raziskovalnimi in akademskimi licencami, vendar jih na večjih nacionalnih sistemih pogosto ni mogoče izvajati pod enakimi pogoji.

Posebna prednost sistema Prelog je tudi uporabniško okolje: dostop do oddaljenega grafičnega namizja na prijavnih vozliščih omogoča GPU-pospešene 3D-vizualizacije, pred- in poobdelavo ter razvoj in razhroščevanje kode neposredno tam, kjer so podatki.

Logistično je bila nadgradnja premišljena. Nova oprema je bila umeščena v obstoječi HPC-prostor v glavni stavbi UL FS, kjer so že zagotovljeni ustrezno hlajenje, požarna zaščita in termična stabilnost. Del nadgradnje je bila tudi posodobitev omrežne infrastrukture – prehod z InfiniBand QDR na HDR z zamenjavo kablovja in stikal, kar bistveno izboljšuje komunikacijo med vozlišči. S tem smo povečali računske zmogljivosti in pretočnost sistema ob primerljivi porabi energije, saj se starejši del particije postopno umika.

Največja dodana vrednost HPCFS-U3 je v tem, da Prelog ostaja »domače« razvojno okolje. Raziskovalci lahko prosto preizkušajo različne kombinacije prevajalnikov, uporabljajo profilirna orodja, optimizirajo kode za GPU ter izvajajo iterativen razvojni cikel brez omejitev, značilnih za velike »number-cruncher« sisteme. Takšna priprava omogoča, da ekipe z UL FS učinkovito izvajajo produkcijske izračune tudi na večjih evropskih superračunalnikih (npr. Vega, Leonardo) ter dosegajo zahtevano skalabilnost in učinkovitost.

Z nadgradnjo HPCFS-U3 je Prelog utrdil vlogo temeljne raziskovalne infrastrukture za številne raziskovalne skupine in

Helena Grahek, univ. dipl. ekon. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

programe na UL FS – od fuzijskih tehnologij, energetike in večfaznih sistemov do digitalizacije industrije. Hkrati krepi mednarodno sodelovanje, usposabljanje kadrov in konkurenčnost fakultete v projektih, kjer brez HPC danes preprosto ne gre.

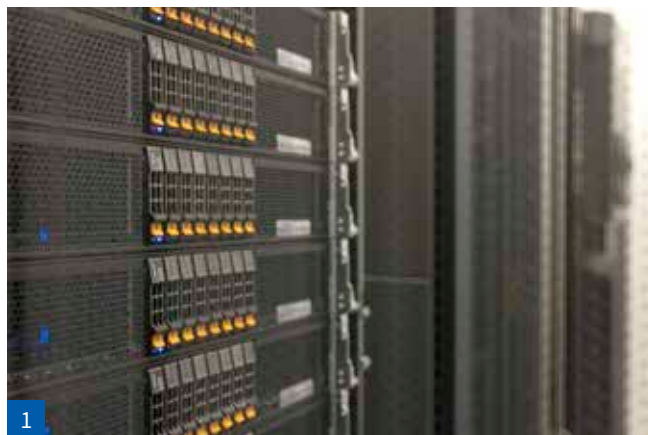
### Ko deformacije postanejo vidne: nova raziskovalna moč laboratorija LAMEK

Laboratorij za modeliranje elementov in konstrukcij LAMEK je svojo raziskovalno opremo dopolnil z večkamer-nim sistemom za digitalno korelacijo slik (Digital Image Correlation – DIC), ki omogoča natančno merjenje pomikov in deformacij tudi pri geometrijsko zahtevnih vzorcih.

Sistem je namenjen predvsem eksperimentalni analizi mehanskega odziva materialov in konstrukcij. Omogoča prostorsko (3D) merjenje polj pomikov in deformacij na površinah kompleksnih oblik – od klasičnih inženirskih komponent do bioloških tkiv. Takšne meritve so ključne pri preverjanju numeričnih modelov ter razvoju in optimizaciji novih materialov in konstrukcijskih rešitev.

Osnovo sistema predstavlja 8 sinhroniziranih kamer, ki omogočajo zajem slikovnih sekvenc v realnem času in rekonstrukcijo tridimenzionalnega deformacijskega polja. V kombinaciji s priloženo programsko opremo je mogoče analizirati tudi mehanske pojave, kot so lokalizacije deformacij, koncentracije napetosti ali nelinearni mehanski odzivi, ki jih z enostavnimi merilnimi pristopi težko zanesljivo zajamemo. Oprema omogoča izvedbo zahtevnejših eksperimentalnih študij, ki so pomembne tako za temeljne raziskave kot za razvoj aplikativnih rešitev.

Sistem se uporablja tudi v pedagoškem procesu, kjer študentom omogoča neposreden vpogled v sodobne eksperimentalne metode. Pri tem ne gre le za demonstracijo, temveč za razumevanje, kako se teoretični modeli ujemajo z dejanskimi meritvami.



1

Superračunalniški sistem Prelog – ključna raziskovalna infrastruktura UL FS (Foto: LECAD)

Oprema že podpira več raziskovalnih projektov, na področju biomedicine, varnosti v cestnem prometu in elastokalorike. V teh primerih se uporablja predvsem za eksperimentalno validacijo numeričnih modelov ter za analizo mehanskega odziva naprednih materialov in kompleksnih struktur.

Z nadgradnjo večkamerne DIC sistema v kombinaciji z večosnim dinamičnim preizkuševališčem laboratorij LAMEK širi svoje raziskovalne zmogljivosti in odpira dodatne možnosti za sodelovanje z industrijo ter raziskovalnimi in medicinskimi ustanovami.

### Napredni hidravlični agregat: nova platforma za visokotlačne teste

V Laboratoriju za fluidno tehniko LFT so raziskovalno infrastrukturo nadgradili z naprednim hidravličnim agregatom za raziskave in razvoj novih hidravličnih ter drugih strojnih komponent. Gre za eno največjih tovrstnih naprav v Sloveniji, ki



1a



2b

Detalj sistema osmih sinhroniziranih kamer za zajem slikovnih sekvenc (a) ter celoten merilni sistem za analizo mehanskih pojavov (b)



3a



3b

Hidravlično preizkuševališče v sklopu nove platforme za visokotlačne teste: pogonski del hidravličnega agregata (a) in električna omara (b) (Foto: LFT)

omogoča trajnostne in visokotlačne hidravlične teste ter testiranja različnih komponent v realnih obratovalnih pogojih.

Agregat je pomemben tudi za pedagoški proces: uporablja se pri laboratorijskih vajah in kot podpora raziskavam v okviru diplomskih, magistrskih in doktorskih nalog.

Oprema deluje na mineralno hidravlično olje in vključuje tri aksialne batne črpalke (do 420 bar, do 65 L/min vsaka; 3 × 30 kW), radialno batno črpalko (do 700 bar, do 12 L/min; 15 kW) ter ojačevalnik tlaka do 3.000 bar. Sistem dopolnjujejo ventilski otoki, trojni filtrirni sistem, hladilni sistem, 1000-litrski rezervoar in modularna testirna miza z zaščitnim pokrovom. Skupna moč dosega do 105 kW, kar omogoča tako kratkotrajne kot dolgotrajne preskuse pri visokih obremenitvah.

Agregat vključuje sodobne tehnologije krmiljenja, regulacije in filtracije, posebnost pa je tudi 3D natisnjen kovinski hidravlični blok in ventil. Oprema se uporablja pri delu programske skupine, na ARIS projektu Softlogging ter pri industrijskih projektih in je ključna za izvedbo številnih raziskovalnih in razvojnih nalog.

Z novo infrastrukturo fakulteta krepi raziskovalno odličnost in konkurenčnost, saj lahko izvaja zahtevna testiranja visoke moči, ki so pomembna tako za znanost kot za neposredno sodelovanje z industrijo.

### Nadgradnja sistemov 3D-tiskanja kovin za napredne materiale in večmaterialne komponente

V Laboratoriju za sinergetiko (LASIN) smo izvedli nadgradnjo dveh obstoječih sistemov za aditivno izdelavo kovinskih komponent: Laser Beam Powder Bed Fusion (PBF-LB) in Laser Beam Directed Energy Deposition (DED-LB). Namen investicije

je bil razširiti materialne in procesne zmogljivosti ter pospešiti razvoj naprednih zlitin, funkcionalno gradientnih materialov (FGM) in večmaterialnih komponent, ki so ključne za raziskovalne preboje in sodobne industrijske aplikacije na številnih področjih.

Pri sistemu PBF-LB, 3D-tiskalniku LASERTEC 30 SLM, ki deluje v okviru konzorcija 3D Printing Consortium (3DPC) na UL FS, je bila nadgradnja izvedena z dodatnim modulom za prašni material CuCr1Zr (2.1293). Posebnost sistema je avtonomni modul za upravljanje prahu, ki v zaprtem okolju z zaščitno atmosfero zagotavlja varno shranjevanje, doziranje, recikliranje in hitro menjavo materiala. Z novim modulom širimo obstoječi nabor materialov (316L, H13, AlSi10Mg, Ti6Al4V) še z visoko prevodno bakrovo zlitino.

To odpira nove raziskovalne in razvojne možnosti – od termomehanskih simulacij in optimizacije procesov do izdelave naprednih hladilnikov, toplotnih izmenjevalnikov, vložkov za orodja, varilnih elektrod, konektorjev, zgorevalnih šob in drugih komponent, kjer je poleg ostalih funkcionalnosti ključno učinkovito odvajanje toplote. Pomemben potencial ima tudi razvoj hibridnih kompleksnih delov, zlasti v kontekstu zelene mobilnosti (npr. komponente električnih pogonov).

Drugi del nadgradnje se je nanašal na sistem DED-LB, ki temelji na DED-LB-glavi, razviti in mednarodno patentirani v sodelovanju LASIN-a z japonskim podjetjem DMG MORI. Njena posebnost je obročasti laserski snop s prilagodljivo porazdelitvijo intenzitete ter aksialno dovajanje materiala, kar izboljšuje stabilnost procesa in kakovost nanosa ter izdelanih 3D-komponent s procesom DED-LB iz kovinske žice ali prahu.

Sistem trenutno omogoča mešanje dveh kovinskih prahov med procesom DED-LB, kar se uporablja pri razvoju novih zlitin, večmaterialnih komponent in FGM. Z dodatnim dvokanalnim diskastim podajalnikom kovinskega prahu je mogoče



Napredni sistemi za 3D-tiskanje kovin za razvoj večmaterialnih komponent – (a) dvokanalni diskasti podajalnik kovinskega prahu, (b) sistem z DED-LB-glavo (Foto: LASIN).

med procesom mešati do štiri materiale, kar bistveno razširja raziskovalne možnosti – od visokoentropijskih zlitin do naprednih večmaterialnih vmesnikov in FGM-struktur s tremi ali več materiali.

Uporabnost takšnih rešitev je široka: od biomedicine (implantatni materiali z izboljšano protibakterijsko funkcijo, biokompatibilnostjo in prilagojenimi mehanskimi lastnostmi) do energetike (kemijska odpornost, prevodnost, toplotna stabilnost) ter letalske in vesoljske industrije (razmerje med trdnostjo in maso, odpornost proti utrujanju, koroziji in obrabi).

Obstoječa sistema sta že danes vključena v raziskovalne projekte in doktorsko usposabljanje, pri čemer LASIN sodeluje z osrednjimi domačimi institucijami (npr. IJS, IMT, ZAG) ter številnimi tujimi partnerji.

Izvedena nadgradnja ne pomeni zgolj tehnične posodobitve LASIN-a, temveč strateško krepitev raziskovalnih zmogljivosti

UL FS. Več materialov, več kombinacij in bolj nadzorovani prehodi med materiali omogočajo nove znanstvene preboje ter hitrejši prenos znanja v orodjarstvo, avtomobilsko, letalsko-vesoljsko in medicinsko industrijo.

### Zaključek

Sodobna raziskovalna infrastruktura je eden ključnih stebrov raziskovalne odličnosti Fakultete za strojništvo UL. Omogoča nastajanje novih znanstvenih spoznanj, razvoj inovativnih rešitev in učinkovito sodelovanje z gospodarstvom.

V povezovanju vrhunskega znanja, napredne raziskovalne opreme in razvojnih partnerstev nastajajo tehnologije, ki prispevajo k tehnološkemu napredku in soustvarjajo prihodnost.

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

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2026 - ASM '26

03. decembra 2026  
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani



SCAN ME

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

# Institut “Jožef Stefan” zmagovalec nagrade EARTO za inovacije 2026 v kategoriji “Impact Delivered”

Na slovesnosti v Bruslju so danes podelili nagrade EARTO za inovacije 2026. Prvo mesto v kategoriji »Doseženi učinek« (Impact Delivered) je osvojil Institut “Jožef Stefan” za razvoj programske opreme DyThera za dinamično ocenjevanje prenosne zmogljivosti prenosnega omrežja. Nagrado so prevzeli direktor Instituta “Jožef Stefan” prof. dr. Leon Cizelj, pomočnica direktorja za evropske zadeve dr. Romana Jordan ter sodelavca Odseka za komunikacijske sisteme IJS dr. Aleksandra Rashkovska Koceva in Miha Rot.

Nagrade EARTO za inovacije, ustanovljene leta 2009, predstavljajo različna področja dejavnosti raziskovalno-tehnoloških organizacij (RTO) in ponazarjajo njihove konkretne prispevke k inovacijam z velikim družbenim vplivom v dveh kategorijah, »Doseženi učinek« in »Pričakovani učinek«. Neodvisna žirija nagrad je izbrala najboljše inovacije leta.

Institut “Jožef Stefan” je na slovesni podelitvi nagrad EARTO za inovacije za leto 2026 dosegel prvo mesto v kategoriji »Doseženi učinek / Impact Delivered« za programsko opremo DyThera, ki omogoča napovedovanje termičnega stanja daljnovidne vrvi glede na obratovalne in vremenske razmere. DyThera operaterjem prenosnega omrežja pomaga pri bolj učinkovitem in varnejšem obratovanju ter nudi pomoč pri odločanju v kritičnih dogodkih.

Direktor Instituta »Jožef Stefan« prof. dr. Leon Cizelj: »Zelo sem ponosen in počaščen, ker je bilo nagrajeno delo raziskovalk in raziskovalcev Instituta “Jožef Stefan” z uspehom uporabljeno v električnih omrežjih ELES in njihovih partnerjev. Hvala vsem, ki ste pri tem sodelovali, in hvala EARTO, ki je prepoznal odličnost.«

Odsek za komunikacijske sisteme Instituta »Jožef Stefan« je z aktivnostmi na področju razvoja pametnih omrežij začel leta 2014, ko je Slovenijo prizadelo silovito neurje z žledom, ki je zgolj na prenosnem omrežju povzročil škodo velikostnega reda 9 milijonov €. V naslednjem letu so se sodelavke in sodelavci Laboratorija za znanstveno računanje povezali z Elektroinštitutom Milan Vidmar in Agencijo RS za okolje ter za slovenskega prenosnega operaterja ELES razvili sistem za opozarjanje na možnost nastajanja žleda na daljnovidnih vodnikih. Prototipni sistem je bil dobro sprejet in leta 2016 vpeljan v operativno obratovanje. Sistem je bil leta 2018 razširjen v sistem za splošno termično ocenjevanje programske opreme DyThera in integriran v operativno obratovanje v slovenskem prenosnem omrežju. Leta 2019 je bila oprema DyThera nadgrajena z upoštevanjem negotovosti vremenskih in obratovalnih parametrov, kar je še povečalo zaupanje v izračunane napovedi.

Razvoj, ki ga je sprožil ELES, je kasneje komercialno nadaljevalo podjetje Operato, ki programsko opremo DyThera od leta 2021 trži po vsem svetu kot del dinamičnega sistema ocenjevanja SUMO. Do konca leta 2025 je bila DyThera nameščena na približno 3500 km prenosnih vodov.

Zdaj se programska oprema DyThera uporablja v več državah: ELES v Sloveniji, HOPS na Hrvaškem in AESO v Kanadi, pilo-

tni projekti pa potekajo od Grčije do Kalifornije. Večino časa omogoča od 20 do 50 odstotkov večje prenosne zmogljivosti, kar pomaga pri integraciji obnovljivih virov energije in odlaga gradnjo dragih novih daljnovodov.



Utrinek s podelitve nagrade EARTO

Razvoj programske opreme DyThera vodi dr. Gregor Kosec, ki je tudi izvedel prvotne študije in zgodnjo implementacijo, pri čemer je raziskovalna skupina Laboratorija za znanstveno računanje Odseka za komunikacijske sisteme IJS prevzemala vse večji delež njenega razvoja.

Na slovesnosti v Bruslju so podelili tudi nagrade v kategoriji »Pričakovani učinek« (Impact Expected), prejel jo je mednarodno priznani švicarski vodilni inovator CSEM za razvoj naprave ORYL F1, visokozmogljivega aparata za profiliranje topnosti in agregacije.

Polona Strnad  
Institut “Jožef Stefan”

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Projekt E-CO-HEAT: objava o elastokaloričnem pogonskem sistemu v znanstveni reviji Nature Communications

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani je raziskovalna skupina za elastokalorično tehnologijo v sodelovanju med Laboratorijem za nelinearno mehaniko (LANEM) ter Laboratorijem za modeliranje elementov in konstrukcij (LAMEK) razvila nov pogonski sistem za elastokalorično hlajenje, ki pomembno izboljšuje energetske učinkovitost in predstavlja pomemben korak k trajnostnim alternativam klasičnim hladilnim napravam. Rezultati raziskave so bili objavljeni v prestižni znanstveni reviji Nature Communications.



Prototip inovativnega pogonskega sistema za elastokalorično hlajenje s konstantnim navorom in povračanjem mehanskega dela.

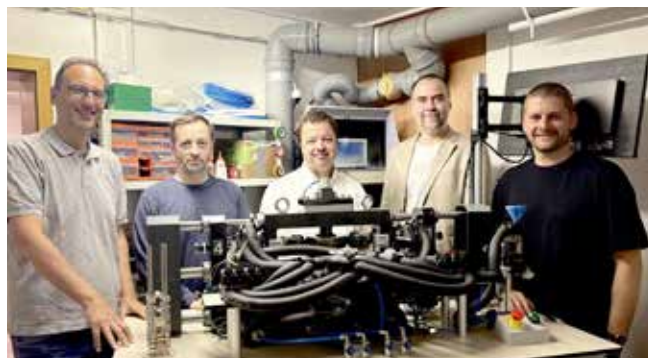
Raziskavo je vodila skupina Fakultete za strojništvo UL pod vodstvom doc. dr. Jake Tuška. Raziskovalci so razvili inovativni pogonski sistem za elastokalorične naprave, ki temelji na konstantnem navoru in neposrednem izkoriščanju povračljivega mehanskega dela. Sistem uporablja štirifazno zamaknjene elastokalorične elemente in posebej zasnovan mehanizem cam-disc, ki omogoča konstantno obremenitev elektromotorja med delovanjem.

Elastokalorično hlajenje velja za eno najobetavnejših tehnologij hlajenja prihodnosti, saj omogoča hlajenje brez uporabe okolju škodljivih hladil in večjo energijsko učinkovitost kot zdajšnji parno-kompresorski sistemi. Eden glavnih izzivov pri razvoju tehnologije ostaja učinkovita kompaktna mehanska zasnova pogonskih sistemov, ki morajo zagotavljati velike sile ob hkratni majhni porabi energije.

Raziskovalci Fakultete za strojništvo UL so v objavljeni raziskavi z eksperimenti pokazali, da njihov sistem dosega skoraj



Vodja raziskovalne skupine doc. dr. Jaka Tušek dodaja: »Razvita rešitev predstavlja pomemben preboj na področju elastokalorične tehnologije, saj se neposredno tiče enega ključnih omejitvenih dejavnikov pri prehodu iz laboratorijskih demonstratorjev v praktične hladilne in ogrevalne sisteme. Posebej nas veseli, da smo za razvito idejo vložili tudi patentno prijavo, kar potrjuje njen aplikativni in inovacijski potencial.«



Raziskovalna ekipa Fakultete za strojništvo UL (z leve proti desni): doc. dr. Simon Krašna, dr. Stefano Dall'Oli, doc. dr. Andrej Žerovnik, doc. dr. Jaka Tušek in dr. Žiga Ahčin.

konstanten navor pogonske gredi ter do približno 70-odstotno učinkovitost vračanja mehanskega dela pri silah do 40 kN. Numerične simulacije nakazujejo, da bi bilo mogoče z nadaljnjimi optimizacijami učinkovitost povečati celo do 88 %.

»Ključna prednost rešitve je, da omogoča skoraj popolnoma enakomerno mehansko obremenitev pogonskega sistema in učinkovito vračanje energije med delovanjem. S tem se močno zmanjša potreba po maksimalni vhodni moči in v nadaljevanju omogoča optimizacijo pogonskega sistema tehnologije, kar je eden glavnih pogojev za prihodnjo uporabo elastokaloričnih sistemov v realnih napravah,« je poudaril prvi avtor raziskave doc. dr. Andrej Žerovnik.

Novi pristop omogoča kompaktnjšo, mehansko uravnoteženo in energetske učinkovitejšo zasnovo naprav, kar pomembno približuje elastokalorično tehnologijo praktični uporabi in komercializaciji.

Raziskava z naslovom *Efficient Elastocaloric Drive System Enabled by Constant-Torque and Work-Recovery Design* je nastala v sodelovanju raziskovalcev doc. dr. Andreja Žerovnika, dr. Stefana Dall'Olia, doc. dr. Simona Krašne, dr. Žige Ahčina in doc. dr. Jake Tuška. Raziskavo sta podprla dva projekta Evropskega raziskovalnega sveta (ERC) – projekt za začetek samostojne raziskovalne poti ter projekt za potrditve koncepta – ter Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Roji robotov se učijo sporazumevati: nova metoda omogoča sodelovanje več kot 100 avtonomnih robotov

Roji robotov lahko učinkoviteje delujejo v skladiščih, iščejo preživele po naravnih nesrečah ali skupaj nadzirajo obsežna območja, a le, če znajo učinkovito komunicirati. Raziskovalci Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so razvili novo metodo strojnega učenja, ki omogoča usklajeno sodelovanje več kot 100 robotov. Metoda postavlja temelje za zanesljivejšje in bolj razširljive sisteme avtonomnih mobilnih robotov v industriji in storitvenih dejavnostih.



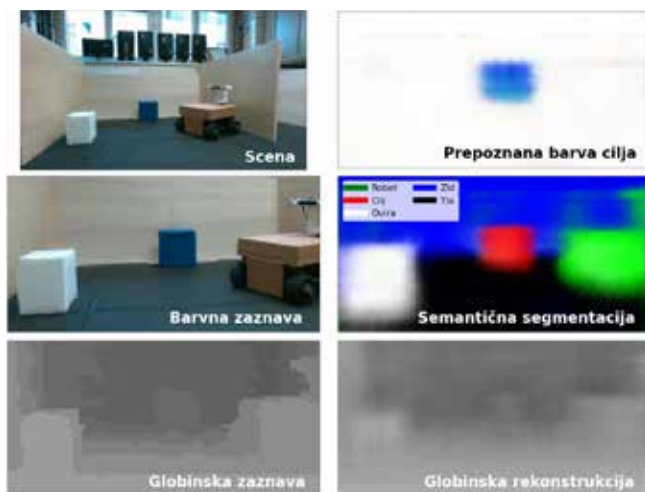
Primer simuliranega okolja Century Maze s 100 roboti, ki v njem iščejo določene ciljne predmete, označene z barvo. Modeli ravnaja robotov vključujejo predstave o koordinatah ciljev in so med seboj povezani z odvedljivim komunikacijskim kanalom, s čimer tvorijo obsežnejše virtualno omrežje. V tipičnem informativnem dogodku, ko je ciljni predmet robota 1 v vidnem polju robota 2, to omogoča konstruktivno širjenje učnega signala, kot je poudarjeno z rumenimi grafičnimi elementi.

Z naraščajočim številom avtonomnih mobilnih robotov v skladiščih, tovarnah in storitvenih okoljih postaja njihovo medsebojno sodelovanje vse pomembnejše: skupina nalogo opravi hitreje, se hitreje odzove na lokalne dogodke in je odpornejša na okvare. Z večanjem števila robotov pa se hitro pojavijo težave. Prostor skupnih dejanj raste eksponentno, komunikacijski kanali so hitro preobremenjeni, signali posameznih robotov pa se izgubijo v šumu sočasnih sporočil.

Dosedanji pristopi spodbujevalnega učenja (ang. reinforcement learning) so se osredotočali na manjše skupine ali poenostavljene



Robot, nevtralni predmet in ciljni predmet v proceduralno generiranem primeru okolja Century Maze, ki izkazuje realistične pogoje.



Prizor iz laboratorijskega okolja, podobnega primeru simuliranega okolja Century Maze. Po obdelavi realnih barvno-globinskih slik z avtoenkoderjem, ki je bil predhodno izpostavljen učenju izključno v simulaciji, so predmeti, njihove oblike in barva cilja pravilno prepoznani.

ne scenarije brez vizualnega zaznavanja. Učinkovito učenje sporazumevanja v velikih skupinah robotov, ki bi okolje zaznavali s kamerami, je ostajalo odprt problem.

Raziskovalci so razvili Century Maze, simulirano okolje za sodelovalno navigacijo velikih skupin robotov, in dve novi komponenti učenja, ki med njimi omogočita uspešno usklajevanje.

Prva – odvedljivo medagentno učenje predstav (ang. differentiable inter-agent belief learning) – robote uči, da svoje predstave o ciljih sooblikujejo na podlagi opazovanj sosedov, in skozi komunikacijski kanal posreduje jasen učni signal. Druga – podživljanje informativnih dogodkov (ang. informative event replay) – pa v postopku učenja zaznava in ohranja redke, a ključne dogodke za razvoj sporazumevanja. Pristop presega obstoječe metode tudi v realističnih razmerah z motnjami v komunikaciji in s spremenljivimi vizualnimi in fizikalnimi pogoji.

Članek je bil objavljen v reviji IEEE Transactions on Robotics (IF 10.5 za 2024), izvorna koda, naučeni modeli in drugo gradivo pa so javno dostopni na spletnem repozitoriju (<https://github.com/JernejPuc/centurymaze>).

Raziskavo sta podprli Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) v okviru programa P2-0270 in projekta L2-60153.

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Blister pakirni stroj N 760 podjetja Romaco Noack



Blister pakirni stroj N 760 s prekinitvenim delovanjem (angl. intermittent motion) je namenjen univerzalni uporabi z zmogljivostjo do 200 blisterjev na minuto. Primeren je za pakiranje širokega nabora izdelkov: od trdnih farmacevtskih izdelkov (npr. tablet in kapsul), ampul in medicinskih pripomočkov do poltrdnih snovi. Omogoča izdelavo blisterjev z največjo površino 155 mm × 138 mm in globino 25 mm. Menjava izdelkov je hitra in enostavna, saj je potrebno zamenjati le manjše število kompaktnih delov orodja, vsi procesni parametri pa so elektronsko shranjeni.

Stroj odlikujeta izjemno prostorsko učinkovita zasnova in enostavna uporaba, pri čemer izpolnjuje zahteve za delo v zahtevni pakirni dobavni verigi in mora biti sposoben hitrega in prilagodljivega odzivanja na dinamične tržne razmere. Poleg tega kratka pot folije od postaje za oblikovanje do izsekovalne

enote zmanjša količino odpadnega materiala med zagonom in menjavo orodij na minimum.

Stroj omogoča izdelavo blister embalaže tudi iz monomateriala PET (primerne za recikliranje), ki omogoča integracijo načel trajnosti pri pakiranju farmacevtskih izdelkov in prehranskih dopolnil. Blisterji PET/PET namreč zagotavljajo primerljive mehanske lastnosti kot njihove PVC/aluminijaste izvedbe.

## Vir:

Romaco Group, Market Communications, tel.: +49 (0)721 48 040, e-mail: susanne.silva@romaco.com

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



# Deset prebojnih tehnologij, ki bodo zaznamovale industrijo po letu 2030

Bo že leto 2030 prelomno na področju tehnološkega razvoja in konvergenčnih tehnologij?

Janez Škrlec



Foto: Shutterstock (preoblikoval J. Š.)

Svet se spreminja s hitrostjo, ki je nihče ni mogel napovedati. Vsako leto se pojavijo novi preboji, industrije se razvijajo in poslovni modeli se čez noč preoblikujejo. Ko se bližamo letu 2030, se tempo tehnološkega razvoja pospešuje hitreje kot kdaj koli prej. Kar se je nekoč zdelo kot znanstvena fantastika – avtonomi stroji, urejanje genov, digitalne valute, bionične pametne tehnologije, poglobljeni virtualni svetovi – zdaj oblikuje temelje vsakdanjega življenja. Naslednje desetletje ne bo zaznamoval en sam preboj, temveč močna kombinacija več tehnologij naslednje generacije, ki delujejo skupaj, torej konvergenčno. Te prihodnje inovacije bodo vplivale na vse sektorje: zdravstvo, finance, industrijo, proizvodnjo, promet, trženje, e-trgovino, izobraževanje, zabavo in poslovne modele.

**Janez Škrlec**, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zgornja Polskava

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

Tehnološke napovedi za leto 2030 podpirajo aktivne raziskave, razvojni mejniki, milijardne naložbe in globalna digitalna transformacija. Strategiji opredeljujejo leto 2030 kot navidezno prelomnico tehnologij, ki ne bodo spremenile le načina našega dela, temveč tudi način našega življenja, povezovanja, komunikacije, nakupovanja in gradnje podjetji.

## 10 prebojnih tehnologij bi naj še posebej zaznamovalo dogajanje po letu 2030

Med nabor teh tehnologij uvrščajo predvsem tiste, ki bodo že leta 2030 izkazovale ogromen in trajnostni potencial. Med te se uvrščajo:

1. vzpon avtonomnih sistemov umetne inteligence. Ta novi val pogosto naslavljajo kot umetna inteligenca 2.0, ki bo ponudila prehod iz generativne inteligence v popolnoma avtonomne agente, sposobne samostojnega opravljanja nalog;

2. kvantno računalništvo za reševanje problemov, ki jih klasični računalniki ne bodo mogli reševati. Kvantno računalništvo bo popolnoma na novo opredelilo področja, kot so kemijsko in biološko modeliranje, odkrivanje zdravil, podnebne simulacije, finančno napovedovanje, kibernetska varnost, optimizacijski problemi in drugo;
3. tehnologija veriženja blokov (blockchain) in Web3, digitalne knjige, decentralizirane finance (DeFi) in drugo;
4. razširjena resničnost. AR, VR in mešana resničnost bodo ustvarile poglobljene digitalne plasti na vrhu fizičnega sveta;
5. avtonomna robotika – stroji, ki razmišljajo in delajo samostojno. V to bodo integrirani sistemi umetne, hibridne in rojeve inteligence, samoučeči sistemi in drugo;
6. 6G in hiperpovezljivost (naslednja internetna revolucija) med milijardami naprav in ekstremne hitrosti s skoraj ničelno zakasnitvijo;
7. biotehnologije, bionične tehnologije in gentski inženiring bodo spreminjali personalizirano medicino, ustvarjali se bodo umetni organi, zdravila za dedne bolezni, nova orodja za urejanje genov, kot je CRISPR. Biotehnologija bo na novo opredelila zdravstveno varstvo iz reaktivnega v proaktivno s poudarkom na preventivi, natančnosti in personalizaciji;
8. tehnologije trajnostne energije, kot na primer vodik, poskusi jedrske fuzije, sončne celice naslednje generacije, inovacije vetrnih turbin in pametna energetska omrežja;
9. avtonomna vozila in pametna mobilnost. Avtonomna vozila bodo presešla avtomobile, vključno z droni, dostavnimi roboti, vodnimi taksiji in pametnimi sistemi javnega prevoza;
10. hiperpersonalizacija s podatki in napovedno analitiko. Digitalni svet proizvaja več podatkov kot kdaj koli prej. Nova orodja za napovedno analitiko bodo podatke celovito spremenila v natančne vpogleda za osebne in poslovne odločitve.

### Svet, kjer brežhibno sobivata fizična in digitalna realnost

Konvergenca vseh teh tehnologij – umetne inteligence 2.0, robotike, kvantnega računalništva, AR/VR, veriženja blokov, hiperpovezljivosti, biotehnologije, trajnostne energije, pametne mobilnosti in napovedne analitike – bo ustvarila nov svet, kjer fizična in digitalna realnost brežhibno sobivata. Nikakor pa se razvoj ne bo zaustavil le pri teh izpostavljenih tehnologijah, prihaja doba biodigitalne konvergence in post-digitalne ere. Analitiki iz **McKinsey Global Instituta** napovedujejo, da bi lahko do leta 2040 do 60 odstotkov fizičnih materialov ustvarili ali oblikovali z uporabo biologije in umetne inteligence. Agencija ARK Invest navaja, da bo umetna inteligenca v naslednjem desetletju pospešila tempo znanstvenih odkritij za 5- do 10-krat.

MOTOMAN NEXT

YASKAWA

## AI vodeni roboti: NOVA DOBA

Prilagodljivi roboti s pomočjo umetne inteligence (AI) z uporabo senzorjev in kamer zaznavajo okolico, se prilagodijo in z uporabo lastnih veščin samostojno opravljajo naloge.



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

# Sodelujoča modularna robotska učna celica

Dimitrije Prelevič, Mitja Golob, Aleš Hace

## Izvleček:

Sodobna industrijska proizvodnja, za katero so značilne visoka stopnja variabilnosti in dinamično se spreminjajoče proizvodne zahteve, spodbuja razvoj fleksibilnih, prilagodljivih in rekonfigurabilnih avtomatiziranih naprav. Ti industrijski trendi se neposredno odražajo tudi v zasnovi sodobnih izobraževalnih programov na področju avtomatizacije in robotike. Povečana potreba po integrirani in večnamenski robotski platformi za raziskovalno delo, študentske projekte ter laboratorijske vaje je spodbudila razvoj modularne, prilagodljive sodelujoče robotske celice za sestavljanje manjših mehanskih sklopov. Predlagana platforma omogoča študentom neposredno interakcijo z realnimi industrijskimi tehnologijami in podpira poučevanje ključnih konceptov, kot so prilagodljiva avtomatizacija, modularna in rekonfigurabilna zasnova sistemov ter njihova integracija v pametna proizvodna okolja. Poseben poudarek je namenjen razvoju strokovnih in praktičnih kompetenc na področjih sodelujoče robotike, saj predlagana robotska celica študentom zagotavlja potrebno opremo za načrtovanje in razvoj lastne sodelujoče robotske aplikacije, vključno s pripadajočo varnostno rešitvijo. Z vidika pedagoškega procesa platforma omogoča učinkovito povezovanje teoretičnih znanj s praktičnimi izkušnjami ter podpira implementacijo sodobnih učnih pristopov, zlasti problemsko usmerjenega, projektnega in izkustvenega učenja. Predstavljena rešitev tako predstavlja relevantno in sodobno učno opremo, ki prispeva k dvigu kakovosti izobraževalnega procesa ter k razvoju kompetenc, potrebnih za uspešno delovanje v sodobnih industrijskih okoljih.

## Ključne besede:

sodelujoča robotika, modularnost, rekonfigurabilnost, fleksibilnost, varnost, učna platforma

## 1 Uvod

Sodobni proizvodni sistemi, zlasti na področju avtomatizacije in industrijske robotike, se soočajo z izrazitimi spremembami, ki jih zaznamujejo visoka stopnja variabilnosti, dinamično spreminjajoče se zahteve ter prehod od množične k naročniški in maloserijski proizvodnji. Ti trendi zahtevajo razvoj fleksibilnih in rekonfigurabilnih avtomatiziranih sistemov, ki omogočajo hitro in učinkovito prilagajanje proizvodnih procesov [1, 2]. Hkrati se spreminjajo tudi zahteve na področju izobraževanja in strokovnega usposabljanja, saj industrijska robotika in avtomatizacija predstavljata temeljni področji za delo v sodobnih digitaliziranih proizvodnih okoljih. Razvoj konceptov industrije 4.0 in 5.0 zato spodbuja potrebo po sodobnih laboratorijskih in učnih platformah, ki omogočajo učinkovito povezovanje teoretičnih vsebin z realnimi industrijskimi aplikacijami ter podpirajo pridobivanje znanj s področja avtomatizacije, digitalizacije, systemske integracije in sodelujoče robotike [3]. V tem kontekstu sodobni pedagoški pristopi vse bolj temeljijo na projektno zasnovanem, problemsko usmerjenem in izkustvenem učenju, pri čemer imajo pomembno vlogo modularne in rekonfigurabilne robotske platforme [4]. Takšne platforme omogočajo integracijo različnih industrijskih in sodelujočih robotov, senzorskih sistemov, sistemov strojnega

vida, digitalnih tehnologij ter naprednih pristopov interakcije človek-robot [5, 6].

Industrijski roboti v sodobnih proizvodnih okoljih ne delujejo kot samostojne enote, temveč kot integralni deli kompleksnih proizvodnih sistemov oziroma robotskih celic [5, 7]. Njihova učinkovitost in funkcionalnost sta v veliki meri odvisni od celostne systemske zasnove, ki poleg robotske enote vključuje tudi različne periferne module in druge podsisteme. Periferni moduli imajo pri tem ključno vlogo, saj robotski celici zagotavljajo dodatne funkcionalnosti, potrebne za učinkovito, zanesljivo in avtonomno izvajanje proizvodnih nalog. Med tovrstne module sodijo različni vpenjalni in prijemalni sistemi, senzorski podsistemi, transportni sistemi, avtomatski menjalniki orodij, sistemi strojnega vida ter drugi specializirani funkcionalni podsistemi.

Prav periferni moduli v veliki meri določajo stopnjo fleksibilnosti, rekonfigurabilnosti, zmogljivosti in avtonomnosti robotske celice, saj omogočajo prilagajanje različnim geometrijam izdelkov, proizvodnim procesom ter spreminjajočim se zahtevam proizvodnega okolja. Njihova modularna zasnova in ustrezna integracija omogočata učinkovito prilagoditev proizvodnega sistema različnim proizvodnim scenarijem, skrajševanje časa rekonfiguracije ter povečanje odzivnosti sistema na spremembe v proizvodnem procesu [1, 5, 7]. Načrtovanje robotskih celic kot integriranih in modularnih sistemov zato predstavlja pomemben strokovni, razvojni in pedagoški izziv. Tradicionalni pristopi pogosto temeljijo na togo zasnovanih rešitvah, pri katerih omejena prilagodljivost posameznih komponent, zlasti perifernih modulov, zmanjšuje celostno fleksibilnost in rekonfigurabilnost proizvodnega sistema [1, 5, 6].

Obstoječe raziskave modularnost in rekonfigurabilnost prepoznava kot ključni načeli pri načrtovanju sodobnih fleksibilnih proizvodnih sistemov [7]. V izobraževalnem okolju se ta

Dimitrije Prelevič, mag. inž. meh.; Mitja Golob, mag. inž. meh.; izr. prof. dr. Aleš Hace, univ. dipl. inž.; vsi Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko



© The Authors 2026. CC-BY 4.0

<https://doi.org/10.5545/Ventil-32-2026-3.24>

koncepta odražata v razvoju različnih učnih platform in laboratorijskih sistemov, namenjenih demonstraciji, analizi in validaciji temeljnih principov robotike, avtomatizacije ter sistemске integracije. Raziskovalna literatura poudarja, da uporaba realnih industrijskih robotskih sistemov pomembno prispeva k boljšemu razumevanju sistemске integracije, načrtovanja proizvodnih procesov ter razvoja fleksibilnih in rekonfigurabilnih avtomatiziranih sistemov [6, 8].

Pomemben segment pri tem predstavljajo komercialne učne platforme proizvajalcev ABB, KUKA, FANUC ipd., ki omogočajo standardizirano, varno in industrijsko podprto vključevanje robotike v pedagoški proces [9–11]. Prednosti tovrstnih sistemov vključujejo visoko stopnjo zanesljivosti, skladnost z industrijskimi standardi ter uporabo industrijskih robotskih krmilnikov in programskih okolij [3]. Kljub temu so takšne platforme pogosto zasnovane kot zaprti in visoko specializirani sistemi z omejenimi možnostmi rekonfiguracije ter integracije odprtih raziskovalnih tehnologij, kar zmanjšuje njihovo fleksibilnost pri raziskovalnih in razvojnih aplikacijah [5]. Na drugi strani pa raziskovalno usmerjene učne in eksperimentalne platforme poudarjajo modularno zasnovano, odprto programsko arhitekturo, uporabo okolij ROS/ROS2, hitro rekonfiguracijo ter integracijo različnih senzorskih in perifernih modulov [5, 8]. Takšni sistemi omogočajo večjo prilagodljivost, eksperimentalno raziskovanje ter razvoj naprednih algoritmov, vendar so pogosto usmerjeni predvsem v podporo raziskovalnim in eksperimentalnim dejavnostim, zaradi česar lahko v manjši meri izpolnjujejo zahteve industrijske standardizacije, robustnosti in celovite varnostne integracije [3, 5].

Kljub vsem obstoječim rešitvam zato ostaja odprto raziskovalno vprašanje razvoja učnih robotskih celic, ki bi hkrati združevale modularnost, rekonfigurabilnost, odprtost raziskovalnih platform ter robustnost in reprezentativnost realnih industrijskih sistemov. Ta vrzel se odraža tudi v omejeni pedagoški učinkovitosti, saj številni obstoječi sistemi ne omogočajo celovite obravnave kompleksnosti načrtovanja, integracije in delovanja sodobnih avtomatiziranih robotskih sistemov [12–14].

V ta namen je bila v Laboratoriju za industrijsko robotiko UM FERi razvita fleksibilna, modularna in rekonfigurabilna robotska učna celica za sestavljanje manjših mehanskih sklopov.

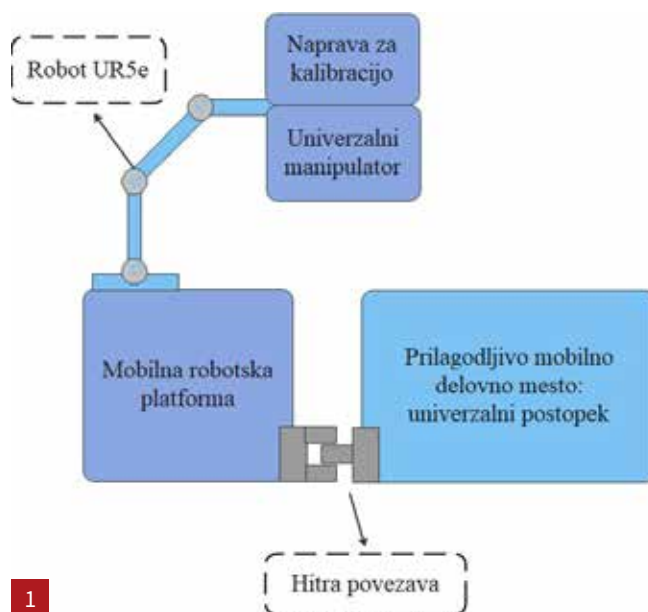
Predlagana platforma integrira robotsko enoto, krmilni sistem, varnostni sistem, uporabniški vmesnik in drugo periferno opremo v enoten sistem. Takšna arhitektura omogoča hitro rekonfiguracijo ter enostavno nadgradnjo z dodatnimi funkcionalnimi moduli. Zasnova sistema podpira sistematično obravnavo ključnih konceptov, kot so prilagodljiva avtomatizacija, modularnost in integracija v pametna proizvodna okolja. Poseben poudarek je namenjen sodelujoči robotiki, varni interakciji človek-robot ter načrtovanju in integraciji avtomatiziranih sistemov v kontekstu sodobnih industrijskih paradig. Platforma hkrati omogoča povezovanje teoretičnih in praktičnih vidikov ter podpira sodobne pedagoške pristope, kot so problemsko usmerjeno, projektno zasnovano in izkustveno učenje.

Glavni prispevki članka vključujejo zasnovano modularno in rekonfigurabilno arhitekturo učne robotske celice, implementacijo in integracijo modularnih enot v enoten sistem ter razvoj in implementacijo programskih rešitev na reprezentativnem vzorčnem učnem primeru. Članek je strukturiran v štiri poglavja. V drugem poglavju je obravnavan koncept modularnosti in prilagodljivosti učne robotske celice s poudarkom na opisu posameznih mobilnih modularnih enot. Tretje poglavje predstavlja sistemsko arhitekturo, četrto poglavje pa je namenjeno snovanju robotskih aplikacij, vključno s predstavitevjo vzorčnega primera. Zaključki so podani v zadnjem poglavju.

## 2 Modularnost in prilagodljivost robotske celice

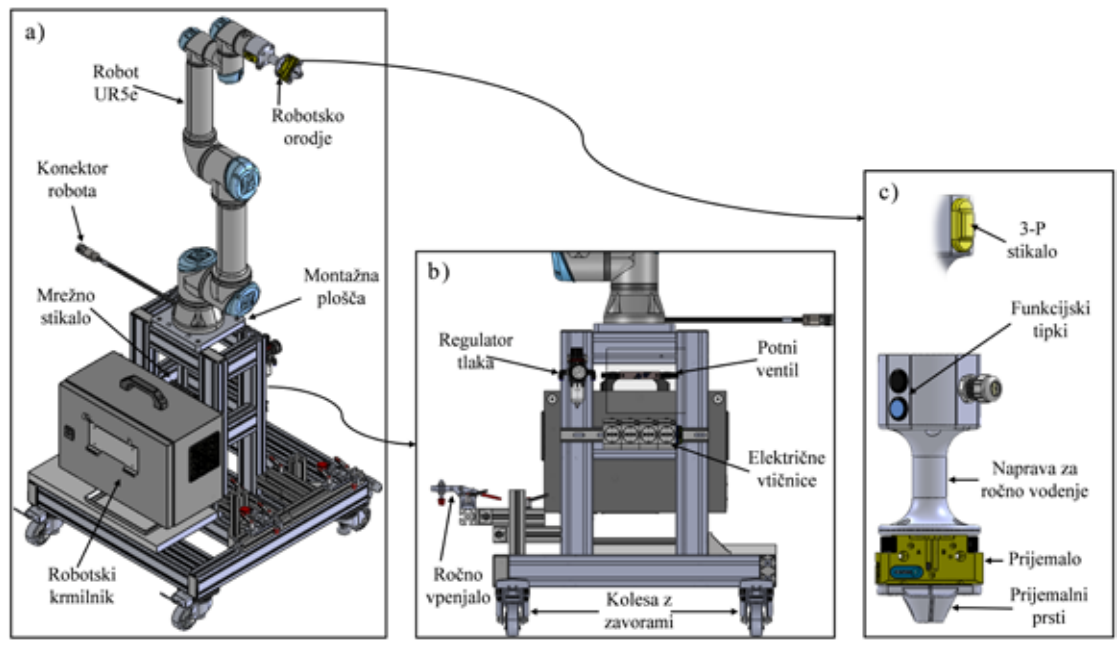
Mobilna robotska platforma je zasnovana kot učno-raziskovalni sistem (*slika 1*) za razvoj in obravnavo sodelujočih robotskih aplikacij. Opremljena je s sodelujočim robotom Universal Robots UR5e, ki zaradi vgrajenih varnostnih funkcij omogoča varno interakcijo z operaterjem ter s tem neposredno podpira razumevanje konceptov sodelujoče robotike. Robot je nameščen na mobilno platformo, zgrajeno iz aluminijastih profilov, kar zagotavlja visoko stopnjo konstrukcijske fleksibilnosti ter možnost prilagajanja različnim učnim scenarijem. Po vzoru mobilnih robotskih platform [15], uveljavljenih v industrijski praksi, je modularna robotska učna celica zasnovana kot sistem dveh mobilnih enot: mobilne robotske platforme in delovne mize [16]. Obe enoti sta zasnovani kot funkcionalno neodvisna pod-sistema, kar omogoča njuno samostojno uporabo v pedagoškem procesu, hkrati pa tudi njuno integracijo v enovit sistem prek namenskega mehanizma za hitro in zanesljivo mehansko ter električno sklopitev.

Robotska platforma (*slika 2*) vključuje tudi pnevmatski sistem za krmiljenje prijemala skupaj s pripadajočo periferno opremo (mrežno stikalo, električne vtičnice itd.). Robotsko orodje je pri tem sestavljeno iz naprave za kinestetično oziroma ročno vodenje, opremljene s tripoložajnim (3-P) stikalom in funkcijskima



1

Konceptna shema modularne sodelujoče robotske celice



2

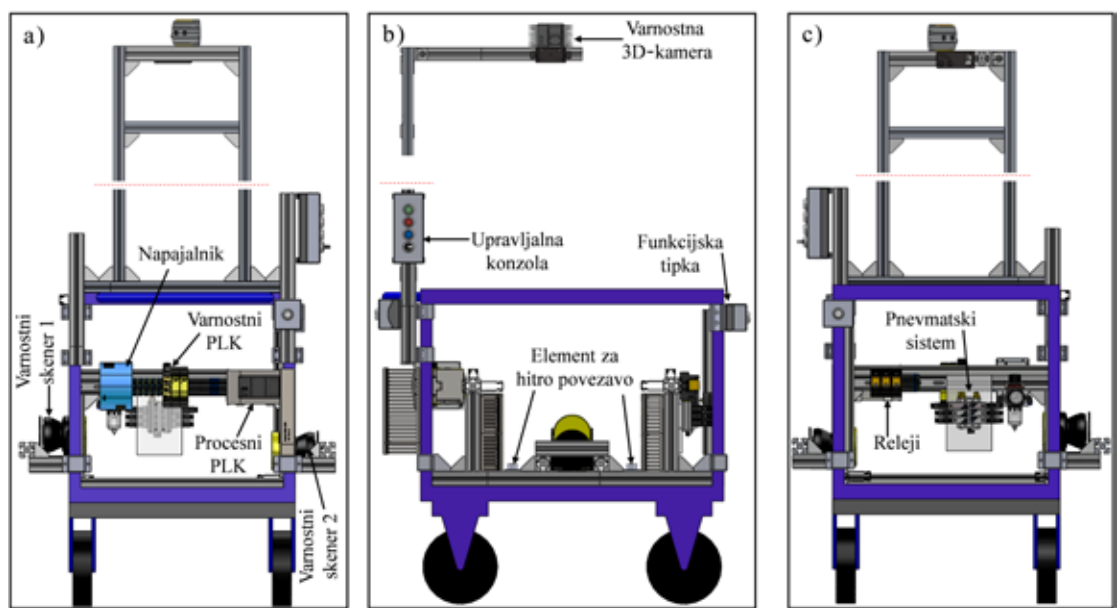
Mobilna robotska platforma: a) izometrična projekcija, b) stranski pogled, c) robotsko orodje

tipkama, kar omogoča intuitivno upravljanje robota ter učenje programskih točk. Poleg tega je integrirano pnevmatsko prijemalo Schunk PGN-plus-P z univerzalnimi prijemalnimi prsti, ki omogoča manipulacijo raznolikih objektov in s tem podporo izvedbi različnih učnih nalog. Platforma je dodatno opremljena z mehanskimi ročnimi vpenjalnimi elementi, ki omogočajo hitro in zanesljivo povezovanje z drugimi mobilnimi moduli ter eksperimentalno analizo vpliva posameznih komponent na delovanje celote. Takšna zasnova pomembno prispeva tudi k poglobljenemu razumevanju integracije, modularnosti in rekonfigurabilnosti sodobnih avtomatiziranih sistemov, hkrati pa študentom omogoča praktično obravnavo teh konceptov ter spodbuja njihovo aktivno vključevanje pri sestavi in prilagajanju robotske celice glede na specifične aplikativne zahteve.

Mehanska konstrukcija mobilne delovne mize (slika 3) je prav tako zasnovana kot učni modul, ki omogoča celovito obravnavo integracije mehanskih, krmilnih in varnostnih komponent v okvi-

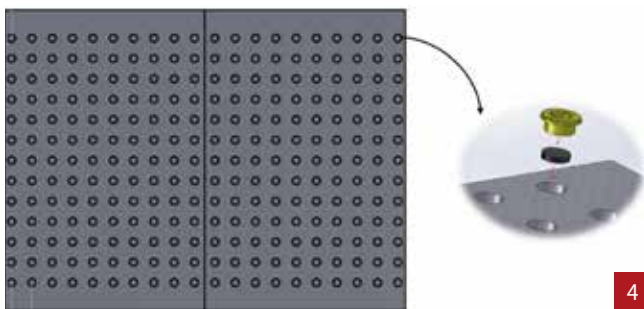
ru robotskih sistemov. Osnovo predstavlja mobilni voziček, na katerega je na zgornji ravni nameščena prilagodljiva perforirana delovna površina (slika 4). Ta deluje kot univerzalna montažna platforma za integracijo raznolike strojne opreme, kar omogoča hitro rekonfiguracijo sistema, prilagajanje različnim učnim scenarijem ter izvedbo širokega spektra robotskih aplikacij.

Mobilna delovna miza vključuje tudi uporabniški vmesnik z upravljalno konzolo in funkcijskimi tipkami, ki omogočajo neposredno interakcijo s sistemom ter podpirajo razumevanje osnovnih principov upravljanja in nadzora avtomatiziranih procesov. V okviru učne obravnave krmilnih sistemov je delovna miza opremljena s procesnim programirljivim logičnim krmilnikom (PLK) Mitsubishi FX5U z napajalnim modulom ter pnevmatskim sistemom, ki vključuje regulator tlaka in ventilski otok. Takšna konfiguracija omogoča praktično usvajanje osnov programiranja PLK-jev, upravljanja pnevmatskih aktuatorjev ter njihove integracije v celovit avtomatiziran sistem.



3

Mobilna delovna miza: a) levi stranski pogled, b) naris, c) desni stranski pogled



Perforirana delovna površina

4

Poseben poudarek je namenjen varnosti, kar se odraža tako v ustrezni umestitvi *E-STOP* tipka na delovni površini, ki zagotavlja njihovo enostavno in hitro dostopnost kot tudi v celovito zasnovanem varnostnem sistemu robotske celice. Ta temelji na uporabi varnostnega PLK Sick Flexi Soft FX3-CPU3 z ustreznimi vhodno-izhodnimi enotami, varnostnih laserskih skenerjev in 3D-kamere, pri čemer njihova integracija omogoča enotno in sistematično obravnavo varnostnih načel, funkcionalne varnosti ter principov zaznavanja prisotnosti. Takšna zasnova hkrati podpira poglobljeno razumevanje implementacije naprednih varnostnih mehanizmov in ustreznega odzivanja v kritičnih situacijah v kontekstu sodobnih robotskih aplikacij.

### 3 Sistemsko arhitekturo robotske celice

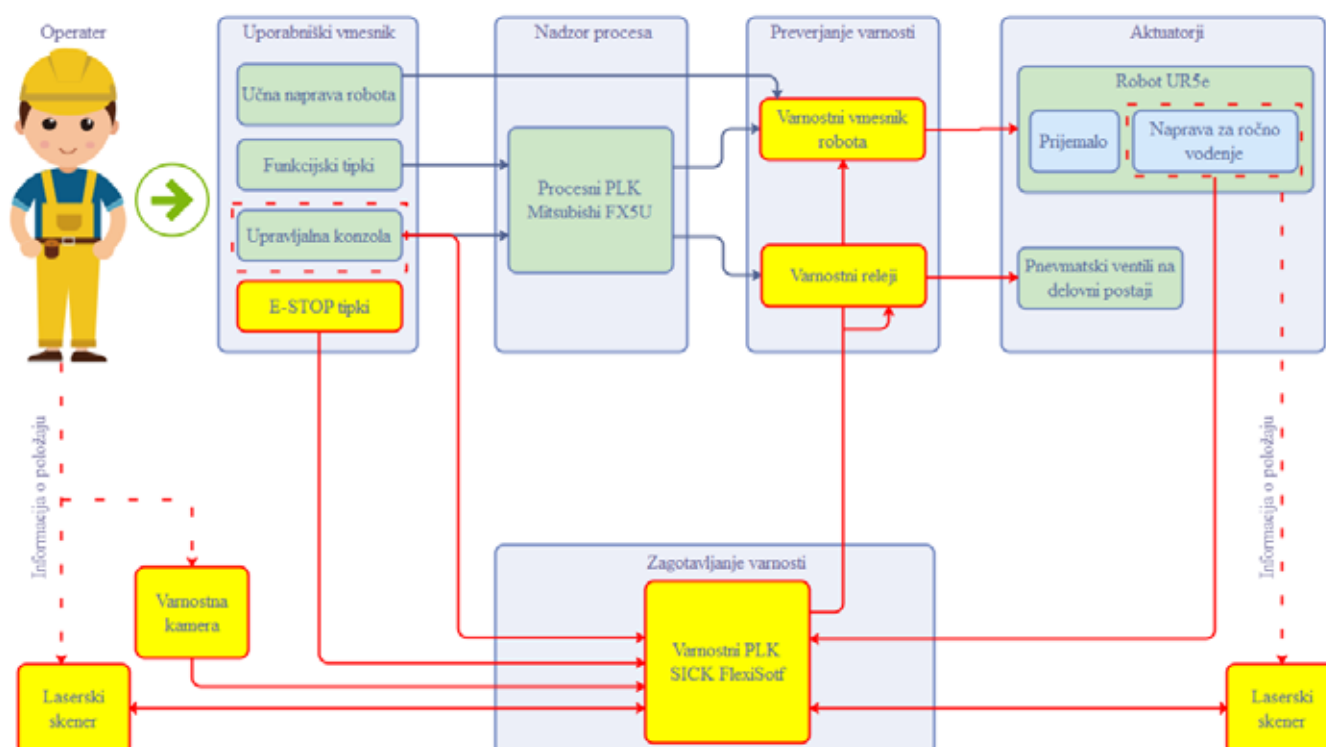
Modularna robotska celica je zasnovana kot učno-raziskovalni sistem, sestavljen iz dveh samostojnih mobilnih modulov, med katerima je vzpostavljena integrirana električna (napajalna, krmilna in varnostna) ter pnevmatska povezava. Takšna

arhitektura (slika 5) omogoča jasno razmejitev funkcionalnih podsistemov in njihovo sistematično obravnavo v pedagoškem procesu. Predlagana sistemska zasnova vključuje več industrijskih komponent, organiziranih v logične funkcionalne sklope, kar podpira poglobljeno razumevanje strukture in delovanja kompleksnih avtomatiziranih sistemov.

Krmilni sistem temelji na procesnem PLK, ki mu operater prek uporabniškega vmesnika posreduje zahteve, pri čemer PLK zagotavlja koordinirano delovanje celotne robotske celice, vključno s sodelujočim robotom UR5e in pnevmatskimi aktuatorji. Upravljalna konzola omogoča izbiro med ročnim in avtomatskim režimom delovanja ter izvajanje osnovnih operacij, kot so zagon, zaustavitev in prekinitev izvajanja procesa. Funkcijske tipke dodatno omogočajo posredno ročno upravljanje posameznih aktuatorjev, kar podpira sistematično obravnavo temeljnih principov krmiljenja in nadzora avtomatiziranih sistemov.

Poseben učni poudarek je namenjen obravnavi varnostnih vidikov avtomatiziranih sistemov. Varnostni PLK neprekinjeno zajema in obdeluje varnostno kritične signale, vključno s podatki o položaju operaterja in robota, stanju *E-STOP*, upravljalne konzole ter 3-P stikala na ročnem upravljalniku. Na podlagi teh informacij sistem ustrezno omogoča oziroma onemogoča delovanje posameznih komponent ter po potrebi omejuje hitrost ali zaustavi gibanje robota. Takšna zasnova omogoča poglobljeno obravnavo principov funkcionalne varnosti, implementacije varnostnih algoritmov ter razumevanje pomena varnostnih mehanizmov v sodobnih robotskih sistemih.

Celotna arhitektura sistema tako podpira integrirano učno obravnavo krmilnih, pnevmatskih in varnostnih podsistemov ter omogoča izvajanje eksperimentalnega, problemsko usmerjenega in projektnega učenja na področju industrijske robotike in avtomatizacije.



5 Sistemsko arhitekturo robotske celice

Tabela 1: Faze razvoja robotske aplikacije in pripadajoči učni cilji

Aktivnosti	Učni cilji
<b>1. Analiza obstoječega sistema:</b> - pregled sistema in tehnične dokumentacije	- razumevanje strukture robotskega sistema - interpretacija tehnične dokumentacije
<b>2. Načrtovanje robotske naloge:</b> - opredelitev naloge - razvoj algoritma poteka procesa	- sposobnost formalizacije problema - razvoj logičnega poteka naloge
<b>3. Načrtovanje delovne postaje:</b> - 3D-modeliranje celice - integracija periferne opreme	- razumevanje prostorske postavitve - načrtovanje integracije komponent
<b>4. Razvoj in simulacija krmilnih programov:</b> - PLK-programiranje - programiranje robota	- razvoj krmilnih programov - obvladovanje robotskih programskih orodij - validacija delovanja sistema - preverjanje algoritmov v simulaciji
<b>5. Razvoj varnostnega sistema:</b> - ocena tveganja - načrtovanje in implementacija varnostnih ukrepov	- razumevanje varnostnih standardov - načrtovanje varnostnih sistemov
<b>6. Validacija in zagon sistema</b> - implementacija na realnem sistemu - diagnostika in odprava napak - testiranje in optimizacija	- sposobnost sistemske validacije - reševanje praktičnih problemov

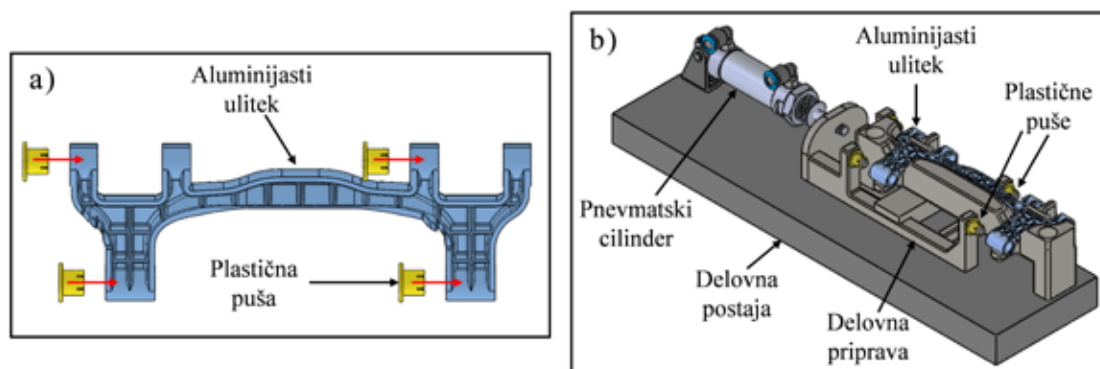
## 4 Snovanje robotskih aplikacij

Predstavljena sodelujoča modularna robotska celica je zasnovana kot učni sistem, namenjen izobraževanju na področju avtomatizacije, industrijske robotike ter zlasti sodelujoče robotike. Omogoča izvajanje širokega spektra učnih aktivnosti, ki obsegajo tako osnovne kot tudi zahtevnejše primere uporabe ter podpirajo postopno nadgrajevanje znanja in kompetenc. V okviru pedagoškega procesa študent pri delu – bodisi v sklopu laboratorijskih vaj bodisi projektne dela – prevzema vlogo razvojnega inženirja, katerega nalogi (tabela 1) sta načrtovanje in implementacija robotizirane izvedbe izbranega industrijskega procesa z uporabo predstavljene učne platforme. Takšen pristop spodbuja aktivno učenje, razvoj problemsko-analitičnega razmišljanja ter pridobivanje praktičnih izkušenj na področju načrtovanja in integracije avtomatiziranih sistemov.

V nadaljevanju je predstavljen vzorčni primer robotske aplikacije sestavljanja izdelka, ki je zasnovan kot učni primer za uporabo v pedagoškem procesu na področjih avtomatizacije, mehatronike in sodelujoče industrijske robotike. Obravnavani primer predstavlja tipičen učni scenarij, ki študentom omogoča sistematično razumevanje načrtovanja, implementacije in

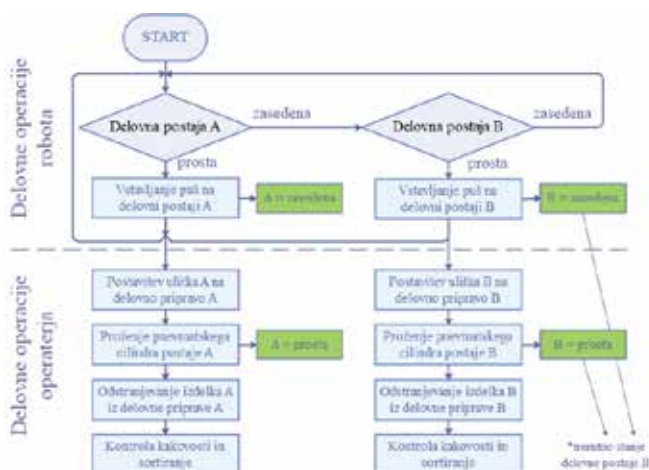
optimizacije robotskih montažnih procesov. Vzorčni primer se nanaša na montažo elementa, ki predstavlja del štirizgibnega mehanizma, namenjenega večstopenjskemu nastavljanju naslonjala za roke v avtomobilu. V predvidene izvrtine dveh različnih tipov aluminijastih ulitkov je potrebno vstaviti plastične puše. Postopek vstavljanja se izvaja na namenski delovni postaji in vključuje namestitev štirih plastičnih puš na ustrezne pozicijske zatiče delovne priprave, pozicioniranje aluminijastega ulitka na delovno pripravo ter sprožitev procesa vstavljanja (slika 6). Takšna zasnova učnega primera študentom omogoča celovito in praktično obravnavo ključnih vidikov, vključno z načrtovanjem zaporedja operacij, integracijo prijemalnih sistemov, definiranjem robotskih trajektorij, implementacijo varnostnega sistema ter zagotavljanjem ponovljivosti in zanesljivosti procesa.

Obravnavana robotska aplikacija je zasnovana kot učni scenarij, ki omogoča sodelovanje med človekom in robotom v sodobnih proizvodnih sistemih. Predvideva porazdelitev delovnih operacij med robotom in operaterjem, pri čemer robot izvaja postopek vstavljanja plastičnih puš na pozicijske zatiče delovne priprave, medtem ko operater skrbi za pozicioniranje aluminijastih ulitkov tipa A in B na



6

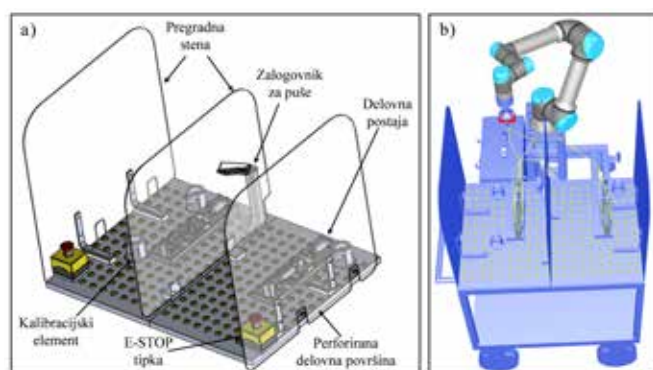
a) Aluminijasti ulitek tipa A z definiranimi montažnimi mesti plastičnih puš, b) delovna postaja z nameščenim ulitkom in plastičnimi pušami



7 Algoritem poteka naloge sestave izdelka

ustrezno delovno pripravo ter za aktiviranje procesa vstavljanja puš. Kontrolo kakovosti končnega izdelka in sortiranje izdelkov glede na uspešnost izvedene montaže prav tako izvaja operater (slika 7). Takšna zasnova učnega sistema omogoča študentom poglobljeno obravnavo principov sodelujoče robotike, načrtovanja delitve nalog med človekom in robotskim sistemom ter razumevanje vpliva takšne porazdelitve na učinkovitost, varnost in zanesljivost proizvodnega procesa.

Na podlagi predhodno opredeljenega tehnološkega procesa je bila načrtovana in izdelana specializirana oprema za izvedbo obravnavane robotske aplikacije. To je vključevalo zasnovo zalogovnika za plastične puše in prilagoditev delovnih postaj za njihovo ustrezno pritrditev na delovno površino. V nadaljevanju je bila določena optimalna konfiguracija delovne površine (slika 8a), ki je z uporabo pregradnih sten iz akrilnega stekla razdeljena na dve ločeni delovni mesti, kar omogoča obravnavo vpliva prostorske organizacije na produktivnost sistema. Na delovni površini so nameščeni tudi trije kalibracijski elementi za potrebe kalibracije robotskega manipulatorja, ki jo je praviloma potrebno izvesti ob vsaki mehanski rekonfiguraciji ali priklopu mobilnih modulov, ter dve E-STOP tipki. Nadalje je bil izdelan še simulacijski 3D-model robotske celice, prilagojen izvedbi obravnavane montažne aplikacije, ki je bil implementiran v simulacijskem programskem okolju RoboDK (slika 8b). V tem okolju je bila izvedena simulacija robotskih gibov, kar študentom omogoča analizo, preverjanje in optimizacijo robotskih trajektorij pred dejansko implementacijo na fizičnem sistemu.

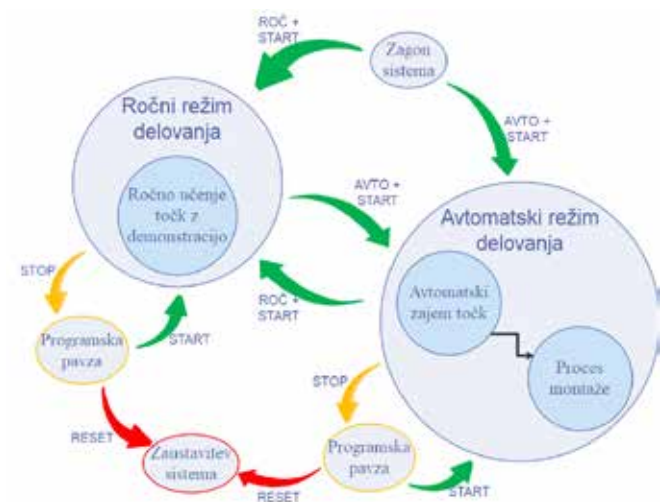


8 a) Konfiguracija delovne površine, b) simulacijski model v okolju RoboDK

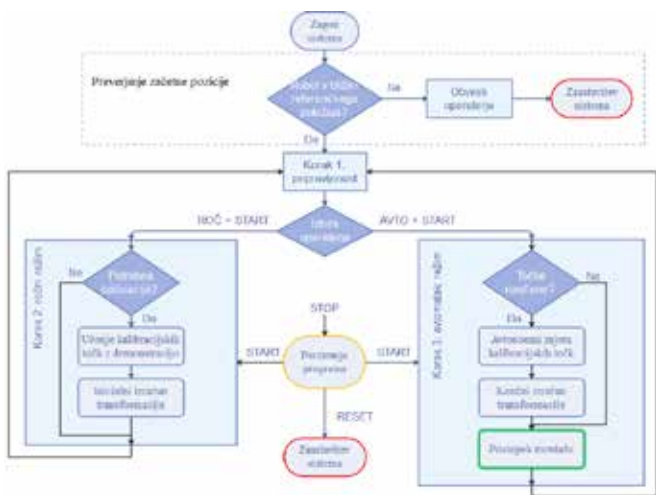
V nadaljevanju je sledila izdelava aplikativnih programov procesnega PLK in robota, kar predstavlja ključen korak pri razvoju kompetenc na področju načrtovanja in implementacije avtomatiziranih sistemov. Pri tem je treba upoštevati spodaj definirano vzorčno shemo delovanja robotske aplikacije (slika 9), ki služi kot učno orodje za razumevanje strukture in logike krmiljenja. Shema prikazuje dva temeljna režima delovanja sistema, tj. ročni in avtomatski način, ter pogoje za prehod med njima. Operater z uporabo izbirnega stikala ROC/AVTO izbere želeni režim delovanja, medtem ko s pritiskom tipke START omogoči sistem v izbranem režimu. Ročno učenje kalibracijskih točk s kinestetičnim vodenjem poteka izključno v ročnem režimu. V avtomatskem režimu pa robot na podlagi predhodno ročno določenih kalibracijskih točk samodejno ponovi njihov zajem, s čimer se zmanjšujeta vpliv človeškega dejavnika in verjetnost napak, nastalih v fazi ročnega postopka, hkrati pa se zagotovi avtonomna izvedba procesne naloge.

Na podlagi zahtev glede delovanja robotske aplikacije je bil v okviru obravnavanega učnega sistema zasnovan vzorčni robotski program (slika 10), ki služi kot učno orodje za razumevanje strukture in logike vodenja avtomatiziranih procesov. Slednji študentom omogoča sistematično obravnavo ključnih faz izvajanja robotske aplikacije ter razumevanje povezave med posameznimi funkcionalnimi sklopi.

V začetnem koraku se izvede preverjanje, ali je robot ob zagonu v bližini vnaprej definiranega referenčnega položaja. V primeru izpolnjenega pogoja se izvajanje programa nadaljuje, sicer se proces varno prekine. Ob nadaljevanju izvajanja program preide v stanje pripravljenosti, v katerem robot miruje in čaka na nadaljnjo zahtevo operaterja, kar omogoča jasno ponazoritev koncepta nadzorovanega zagona sistema. Preklop sistema v ročni režim in aktivacija tipke START sprožita prehod v naslednjo fazo, v kateri se izvedeta ročno učenje kalibracijskih točk ter inicialni izračun kalibracijskega algoritma (tritočkovna kalibracijska metoda). Ta del učnega procesa študentom omogoča neposredno interakcijo z robotskim sistemom in razumevanje postopkov kalibracije robotskega manipulatorja. Preklop v avtomatski režim in ponovna aktivacija tipke START sprožita prehod v avtomatsko izvajanje, kjer robot najprej izvede avtomatski zajem kalibracijskih točk na osnovi predhodno ročno določenih točk ter ponovno izvede kalibracijski algoritem [17]. Rezultati kali-



9 Shema delovanja vzorčne robotske aplikacije



10 Diagram poteka izvajanja vzorčnega robotskega programa

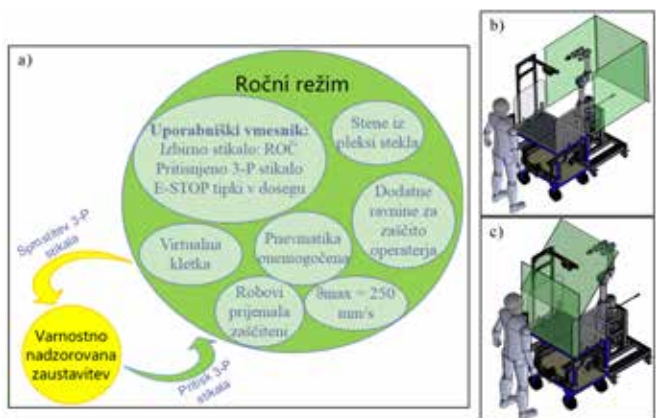
bracije se nato uporabijo pri nadaljnji izvedbi procesne naloge, kar študentom omogoča razumevanje pomena natančnosti in ponovljivosti v avtomatiziranih sistemih.

Pomembna značilnost predstavljenega učnega sistema je modularna zasnova programskega algoritma, ki omogoča njegovo hitro in enostavno prilagoditev za uporabo v različnih robotskih aplikacijah. Pri prehodu na novo aplikacijo je praviloma potrebno prilagoditi le določen segment programa, ki opisuje konkretno robotsko nalogo (»postopek montaže«), medtem ko ostali funkcionalni sklopi ostajajo nespremenjeni. Takšen pristop v okviru pedagoškega procesa študentom omogoča poglobljeno razumevanje principov modularnega programiranja in koncepta ponovne uporabe že pripravljenih programskih rešitev.

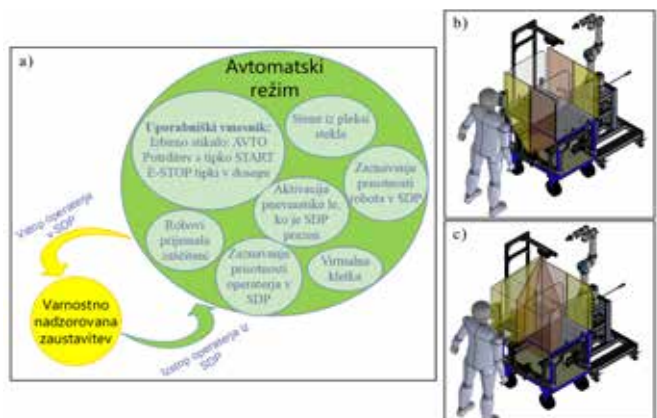
Varnostna zasnova [18] predstavlja zelo pomemben del obravnavanega učnega sistema, pri čemer je treba poudariti, da je varnostna rešitev specifična za vsako posamezno robotsko aplikacijo tudi takrat, ko se te izvajajo na isti robotski celici. V okviru pedagoškega procesa se zato identifikacija nevarnosti in ocena tveganja sistematično izvajata za vsako novo aplikacijo, razvito na tej platformi, pri čemer se upošteva uveljavljen metodološki pristop [19]. Takšen pristop študentom omogoča razumevanje pomena celostne varnostne analize in njene vlo-

ge pri načrtovanju robotskih sistemov. Ker obravnavana robotska aplikacija vključuje dva ločena režima delovanja, ročni in avtomatski, je potrebno za vsak režim posebej opredeliti tudi ustrezne varnostne ukrepe. Ročni režim (slika 11a), v katerem se izvaja kinestetično vodenje robota, zahteva specifične varnostne mehanizme, ki zagotavljajo varno neposredno interakcijo med operaterjem in robotskim sistemom. Aktivacija ročnega vodenja je mogoča le ob ustrezni nastavitvi izbirnega stikala na upravljalni konzoli, pri čemer je premikanje robota omogočeno izključno ob aktivnem držanju 3-P stikala v srednjem položaju. V obeh skrajnih položajih (neaktivirano ali popolnoma pritisnjeno stikalo) robot preide v stanje varnostno nadzorovane zaustavitve, ki predstavlja varnostno funkcijo, pri kateri se gibanje robota kontrolirano ustavi, pogoni ostanejo aktivni, sistem pa nadzoruje položaje osi in preprečuje ponovni zagon do vzpostavitve varnih pogojev. Dodatno raven varnosti v ročnem režimu zagotavljajo tudi fizični varnostni elementi, kot so pregradne stene iz akrilnega stekla in E-STOP tipki.

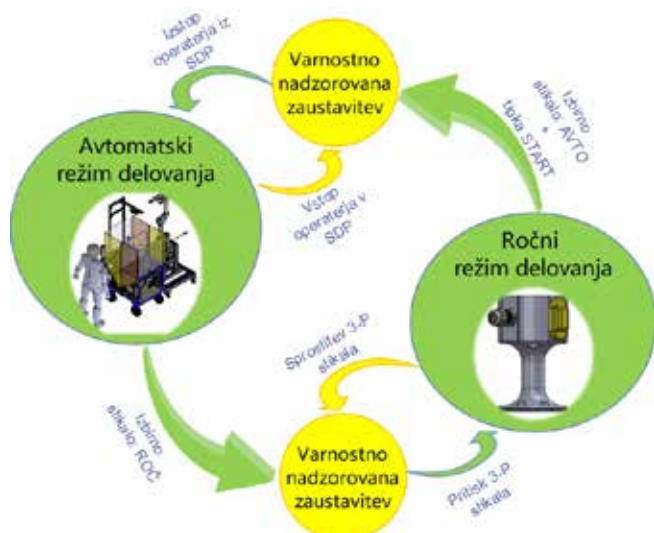
Virtualne varnostne ravnine, programsko definirane neposredno v robotskem krmilniku, dodatno omejujejo gibanje robota in služijo za določanje dovoljenega delovnega območja robota. S pomočjo treh varnostnih ravnin je bila vzpostavljena virtualna varnostna kletka, ki omejuje gibanje robota znotraj definirane delovnega prostora in je aktivna v obeh režimih delovanja (slika 11b). Poleg tega sta bili na sprednji strani robotske celice definirani še dve dodatni varnostni ravlini, katerih namen je omejevanje gibanja robota proti operaterju med ročnim vodenjem. Ti ravlini sta aktivni izključno v ročnem režimu delovanja, s čimer se dodatno povečuje raven varnosti pri interakciji operaterja in robota (slika 11c). Prva, vertikalna ravnina, ščiti območje trupa, druga, poševna ravnina, pa zmanjšuje tveganje stika robota z glavo operaterja. Hitrost gibanja robota je v tem režimu omejena na 250 mm/s, kar dodatno prispeva k varnosti interakcije. V okviru učnega sistema so implementirane tudi dodatne varnostne omejitve, kot je onemogočanje aktivacije pnevmatskih aktuatorjev znotraj sodelujočega delovnega prostora (SDP) v ročnem režimu ter ustrezna zaščita ostrih robov robotske celice, zlasti na robotskem orodju. Takšna celostna varnostna zasnova študentom omogoča poglobljeno razumevanje principov funkcionalne varnosti, implementacije varnostnih mehanizmov ter njihovega pomena pri razvoju in uporabi sodelujočih robotskih sistemov.



11 a) Ukrepi za zagotavljanje varnosti v ročnem režimu, b) virtualno delovno območje, c) varnostne ravnine za omejitev premikanja robota



12 a) Ukrepi za zagotavljanje varnosti v avtomatskem režimu, b) konfiguracija skener-skener, c) konfiguracija skener-kamera



13 Varnostni prehod med režimoma delovanja

Za omogočanje avtomatskega režima delovanja (slika 12a) mora operater izbirno stikalo na upravljalni konzoli preklopiti v ustrezen položaj in sistem aktivirati s pritiskom na tipko *START*. V primeru sočasne prisotnosti robota in operaterja znotraj istega SDP mora varnostni sistem zagotoviti takojšnjo zaustavitev gibanja robota, pri čemer robot preide v stanje varnostno nadzorovane zaustavitve.

Dodatno raven varnosti v avtomatskem režimu zagotavljajo tudi fizični varnostni elementi, kot je *E-STOP* tipka. Za zaznavanje posega v SDP se uporablja varnostni laserski skener za detekcijo gibanja robota, medtem ko se za zaznavanje prisotnosti operaterja lahko uporabi bodisi varnostni laserski skener bodisi 3D varnostna kamera (slika 12b in 12c). Tako je v okviru učnega sistema mogoče obravnavati različne pristope detekcije, in sicer konfiguracijo skener-skener ali konfiguracijo skener-kamera, kar študentom omogoča primerjalno analizo različnih varnostnih rešitev. Med avtomatskim režimom delovanja je aktivno tudi virtualno varnostno območje, ki omejuje gibanje robota znotraj dovoljenega delovnega prostora. Poleg tega morajo biti vsi ostri robovi robotske celice ustrezno zaščiteni. Aktivacija pnevmatskih aktuatorjev je dovoljena le v primeru, ko operater ne posega v skupni SDP.

Prehod med ročnim in avtomatskim režimom delovanja obravnavanega učnega sistema je mogoč izključno na podlagi neposrednega in namenskega posega operaterja in se vedno izvede preko stanja varnostno nadzorovane zaustavitve. Takšen pristop zagotavlja nadzorovan, determinističen in varen prehod med posameznima režimoma delovanja ter prispeva k zagotavljanju funkcionalne varnosti sistema (slika 13).

## 5 Zaključek

V članku je predstavljena sodelujoča modularna robotska učna celica, zasnovana kot fleksibilna, prilagodljiva in rekonfigurabilna platforma za izobraževanje in raziskovanje na področju industrijske robotike in avtomatizacije. Predlagana rešitev odgovarja na sodobne zahteve industrije in izobraževalnega okolja ter omogoča celostno obravnavo robotskih

celic kot integriranih sistemov, ki vključujejo robotske, krmilne, pnevmatske in varnostne podsisteme. Pri tem pa modularna arhitektura omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti, enostavno rekonfiguracijo ter učinkovito podporo različnim učnim scenarijem. Osrednji prispevek predstavljenega dela je razvoj celovite učne platforme, ki presega tradicionalne, toga zasnovane laboratorijske sisteme. Platforma omogoča neposredno delo z industrijsko relevantnimi tehnologijami in podpira razvoj ključnih kompetenc, kot so načrtovanje robotskih aplikacij, programiranje, sistemska integracija in zagotavljanje funkcionalne varnosti. Predstavljeni vzorčni primer montažne aplikacije potrjuje uporabnost sistema za izvedbo projektnega, problemsko usmerjenega in izkustvenega učenja, pri čemer modularna zasnova omogoča tudi uporabo in prilagoditev že pripravljenih programskih ter strojnih rešitev. Poseben poudarek predstavlja integrirana varnostna zasnova, ki omogoča sistematično obravnavo različnih varnostnih konceptov in pristopov v sodelujočih robotskih sistemih. S tem platforma prispeva k boljšemu razumevanju varne interakcije človek-robot ter pomena ocene tveganja v procesu načrtovanja.

Pomembna prednost predstavljene platforme je tudi povezovalne ključne prednosti komercialnih učnih sistemov in raziskovalno usmerjenih eksperimentalnih platform. V primerjavi s komercialno dostopnimi učnimi sistemi platforma ne temelji na zaprti in vnaprej definirani arhitekturi, temveč omogoča visoko stopnjo modularnosti, odprto integracijo dodatnih perifernih modulov ter prilagodljivo rekonfiguracijo glede na različne učne, raziskovalne in razvojne scenarije. Hkrati v primerjavi z raziskovalnimi platformami ohranja reprezentativnost realnega industrijskega okolja, uporabo industrijsko relevantnih komponent, integrirano varnostno zasnovo ter sistemski pristop k načrtovanju avtomatiziranih procesov. Predlagana rešitev tako združuje fleksibilnost in odprtost raziskovalnih sistemov z robustnostjo, standardizacijo in industrijsko relevantnostjo komercialnih rešitev, kar predstavlja pomemben prispevek k razvoju sodobnih učnih platform za industrijsko robotiko in avtomatizacijo.

Nadaljnje raziskave bi bilo smiselno usmeriti v sistematično eksperimentalno vrednotenje pedagoške učinkovitosti platforme in poglobljeno analizo njenega vpliva na razvoj praktičnih ter sistemskih kompetenc. Hkrati predstavlja pomembno smer nadaljnjega razvoja nadgradnja sistema z naprednimi senzorskimi sistemi, sistemi strojnega (računalniškega) vida ter drugimi tehnologijami, ki bi omogočile implementacijo in obravnavo sodobnih konceptov, kot so digitalni dvojčki, napredni načini vodenja robotov ter uporaba metod umetne inteligence v robotskih aplikacijah. Dodaten potencial platforme predstavlja tudi integracija odprtih programskih okolij (npr. ROS/ROS2) ter naprednih metod povezovanja robotskih in informacijskih sistemov, kar bi omogočilo še učinkovitejšo podporo raziskovalnim in industrijsko usmerjenim učnim scenarijem. Na tej osnovi lahko zaključimo, da predstavljena modularna robotska učna celica predstavlja sodobno in strokovno utemeljeno rešitev, ki učinkovito povezuje zahteve industrijske prakse z aktualnimi pedagoškimi pristopi ter pomembno prispeva k razvoju kompetenc za uspešno delovanje v naprednih proizvodnih okoljih.

**Podatki vključeni v članek.** "Vsi relevantni podatki so vključeni v članek oziroma njegove dodatne materiale."

## Viri

- [1] Napoleone, A., Andersen, A. L., Brunoe, T. D., & Nielsen, K.: Towards human-centric reconfigurable manufacturing systems: Literature review of reconfigurability enablers for reduced reconfiguration effort and classification frameworks. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 23–34 (2023).
- [2] Yang, J., Son, Y.H., Lee, D., Noh, S.D.: Digital Twin-Based Integrated Assessment of Flexible and Reconfigurable Automotive Part Production Lines. *Machines* 2022, 10, 75.
- [3] Antunes, R., Nunes, L., Aguiar, M.L.d., Gaspar, P.D.: A Laboratory-Based Multidisciplinary Approach for Effective Education and Training in Industrial Collaborative Robotics. *Laboratories* 1, 34–51 (2024).
- [4] Reyes-Zárate, G.G., Garay-Rondero, C.L.: Experiential Learning for Industry 4.0 in Higher Education: A Challenge-Based Learning Case Study. *Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023)*, vol. 69, pp. 880–887 (2023).
- [5] Asif, S., Bueno, M., Ferreira, P., Anandan, P., Zhang, Z., Yao, Y., Ragunathan, G., Tinkler, L., Sotoodeh-Bahraini, M., Lohse, N., et al.: Rapid and automated configuration of robot manufacturing cells, *Robot. Comput.-Integr. Manuf.* 92 (2025).
- [6] Bem, M., Gašpar, T., Kovač, I., Ude, A.: Rekonfigurabilna in modularna robotska celica za maloserijsko proizvodnjo, *Ventil*, vol. 24, no. 2, pp. 136–139, 2018.
- [7] Radanovič, P., Jereb, J., Kovač, I., Ude, A.: Design of a Modular Robotic Workcell Platform Enabled by Plug & Produce Connectors, in *Proceedings of the 20th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2021)*, Ljubljana, Slovenia, 2021,
- [8] Simonič, M., et al.: Modular ROS-Based Software Architecture for Reconfigurable, Industry 4.0 Compatible Robotic Workcells, in *Proceedings of the 20th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2021)*, Ljubljana, Slovenia, 2021, pp. 44–51.
- [9] ABB Robotics: Robotics Education Package, ABB, 2026, ([https://www.abb.com/global/en/areas/robotics/solutions/functional\\_modules/education-package](https://www.abb.com/global/en/areas/robotics/solutions/functional_modules/education-package)).
- [10] KUKA: KUKA Training Cell – Educational Robotics Solutions, KUKA AG, 2026, (<https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/kuka-education-robot-training-cell>).
- [11] FANUC: Collaborative Robot Educational Package, FANUC Europe, 2026, (<https://www.fanuc.eu/eu-en/accessory/software/collaborative-educational-package>).
- [12] Aderoba, O.A., Mpofu, K., Swanepoel, J.A.: Modular Robotic System Framework for Project-Based Learning Factory Environment. In: Louw, L., Hummel, V., de Kock, I., von Leipzig, K. (eds) *Advancing Learning Factories: Enabling Future-Ready Skills*. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 1545, Springer, Cham (2025).
- [13] Geiser, A., Stamer, F., Lanza, G.: Advancing Learning Factories: Reworking the Semi-Automated Stations of the Learning Factory to Provide a Framework for Research, Education and Industry Collaboration in Modern Manufacturing. In: Louw, L., Hummel, V., de Kock, I., von Leipzig, K. (eds) *Advancing Learning Factories: Enabling Future-Ready Skills*. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 1546, Springer, Cham (2025).
- [14] Tekerek, M., Beyazaslan, Z., Aydemir, H., et al.: A Systematic Literature Review and Mapping of Human-Robot Interaction in Educational Contexts. *Humanit. Soc. Sci. Commun.* 13, 336 (2026).
- [15] Universal Robots: CNC Machine Tending by Vention, (<https://www.universal-robots.com/plus/products/vention/cnc-machine-tending-by-vention/>).
- [16] Prelevič, D.: Nadgradnja specializirane robotske celice za montažo v modularno prilagodljivo kolaborativno robotsko celico za sestavljanje manjših sklopov. *Magistrsko delo*, UM FER, Maribor (2026).
- [17] Zhang, W., Ma, X., Cui, L., Chen, Q.: 3 Points Calibration Method of Part Coordinates for Arc Welding Robot. In: Xiong, C., Huang, Y., Xiong, Y., Liu, H. (eds) *Intelligent Robotics and Applications. ICIRA 2008*. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5314, pp. xx–xx. Springer, Berlin, Heidelberg (2008).
- [18] SIST ISO TS 15066: Roboti in robotske naprave, Varnostne zahteve za industrijske robote – 3. del: Kolaborativni roboti, SIST, Ljubljana, 2025.
- [19] Robotiq: How to Perform a Risk Assessment for Collaborative Robots, (<https://blog.robotiq.com/how-to-perform-risk-assessment>).

## Collaborative Modular Robotic Educational Cell

## Abstract:

Modern industrial manufacturing, characterized by high degree of variability and dynamically changing production demands, encourages the development on flexible, adaptable, and reconfigurable automated machinery. Those industrial trends are reflected directly onto the curriculum of contemporary education programs in the fields of automation and robotics. The need for an integrated multipurpose robotics platform for research projects, student educational projects and laboratory exercises motivated the development of a modular, flexible collaborative robotic cell for small parts assembly. The proposed teaching platform allows the students a close-up interaction with real-life industrial technologies and supports the teaching of key concepts, such as: flexible automation, design of modular and reconfigurable systems, and integration of such systems into smart manufacturing facilities. A special emphasis was given to the development of professional and practical competences in collaborative robotics, as the proposed robotic cell provides student with infrastructure to design, develop and deploy their own unique collaborative robotic application along with the accompanying safety solution. From the pedagogical aspect, the proposed platform allows for the effective connection between the theoretical knowledge and practical experience and supports the implementation of modern learning methods such problem-based, project-based and experience-based learning. The described solution thus represents a relevant and modern teaching aid, that adds to the quality of the educational process and the development of competences needed for successful work in modern industrial environments.

## Keywords:

collaborative robotics, modularity, reconfigurability, flexibility, safety, teaching platform

Smo pooblaščen in ekskluzivni zastopnik ter strateški partner podjetja OMRON. Že več kot 35 let dobavljamo našim strankam v industriji najnovejšo tehnologijo in napredne rešitve na področju industrijske avtomatizacije, robotizacije in digitalizacije proizvodnje.



Svojim partnerjem in uporabnikom ponujamo preko 200.000 elementov za avtomatizacijo, svetovanja, načrtovanja ali izvedbo celovitih rešitev, ki omogočajo rast produktivnosti, optimizacijo proizvodnih procesov ter večjo konkurenčnost na globalnem trgu.

## MIEL® - Zanesljiv partner za pametno, povezano in učinkovito industrijo.

### Sistemi za avtomatizacijo

Industrijski računalniki  
Programirljivi krmilniki PLC  
Distribuirane I/O enote  
Rešitve za oddaljeni dostop

### Pogoni in krmilja

Servo sistemi  
Frekvenčni pretvorniki  
Krmilniki gibanja

### Robotika

Podajalniki sestavnih delov  
Kolaborativni roboti  
Mobilni roboti  
Industrijski roboti

### Varnost v avtomatizaciji

Varnostne svetlobne zaveso  
Varnostna stikala  
Varnostni krmilni sistemi  
2D laserski skenerji LiDAR

### Krmilne in nadzorne komponente

Napajalniki  
Temperaturni regulatorji  
Časovniki  
Števci  
Nadzor energije in stanja veličin

### Senzorika

Fotoelektrični, induktivni, mehanski,  
merilni senzori  
Senzorji za oznake in barve  
Senzorji z optičnimi vlakni in  
ojačevalniki

### Strojni vid

Industrijske kamere  
Vision senzori  
Pametne kamere  
Napredni sistemi strojnega vida

### Sledljivost v proizvodnji

Sistemi za identifikacijo in verifikacijo  
Čitalniki 1D/2D/QR kode  
Laserski označevalniki

### Preklopna tehnika

Elektromehanski, polprevodniški  
in merilni releji  
Stikala in tipkala  
Terminalni bloki

### Signalizacija

Signalni stolpiči  
Zvočni alarmi  
Signalne luči

### IoT in mrežne komunikacije

Usmerjevalniki  
Modemi  
Stikala in pretvorniki

### Programska oprema

CX-One  
Sysmac studio  
Fleet Management AMR

Naše strokovno znanje, dolgoletne izkušnje in sodelovanje z globalnimi partnerji zagotavljajo zanesljive in inovativne rešitve, ki so prilagojene zahtevam sodobne avtomatizacije v različnih branžah – od strojogradnje, avtomobilske, elektro in prehranske industrije, do farmacije, energetike in infrastrukture.

# Od ERP-podatkov do izvedljivega plana z digitalnim dvojčkom v okolju GoSoft

Hugo Zupan, Niko Herakovič, Aleš Vovk

## Izvlaček:

V sodobni proizvodnji se konkurenčnost ne odloča več samo pri kakovosti izdelave, temveč pri sposobnosti podjetja, da hitro in zanesljivo obvladuje kompleksno kombinacijo naročil, rokov, materialov, strojev, ljudi in drugih omejenih virov. Prav tu klasični ERP-sistemi pogosto dosežejo svojo mejo. ERP učinkovito hrani in strukturira podatke, ne zna pa samostojno razumeti proizvodnih omejitev, predvideti posledic odločitev in sestaviti izvedljivega plana v realnem času. Zato je bil razvit digitalni dvojček, ki deluje kot aktivna planska plast nad ERP-sistemom GoSoft. Njegova naloga ni zgolj prikazovati stanje proizvodnje, temveč na podlagi podatkov iz GoSofta, tehnoloških postopkov, kapacitet, razpoložljivih virov in omejitev omogočiti avtomatski izračun izvedljivega proizvodnega plana. Tak pristop je uporaben v različnih tipih proizvodnje: od kosovne, projektne in maloserijske proizvodnje do serijske ali visoko variabilne proizvodnje. Digitalni dvojček v manj kot 20 sekundah omogoči izračun plana za približno eno leto odprtih operacij in takojšnje preverjanje različnih proizvodnih scenarijev. Planer s tem ne izgubi svoje vloge, temveč se osvobodi rutinskega sestavljanja plana in se premakne v vlogo odločevalca. Rezultat so stabilnejši plani, zanesljivejši dobavni roki, manj urgentnega replaniranja in boljši izkoristek proizvodnih kapacitet. Prispevek prikazuje, kako lahko digitalni dvojček nad ERP-sistemom GoSoft poveže podatke, pravila in omejitve proizvodnje v operativno uporaben planski model, ki proizvodnemu podjetju ne glede na panogo omogoča boljši vpogled v prihodnje obremenitve, ozka grla in tveganja.

## Ključne besede:

digitalni dvojček, ERP, GoSoft, planiranje proizvodnje, avtomatsko planiranje, umetna inteligenca, ozka grla, gantogram

## 1 Uvod

Planiranje proizvodnje je ena izmed najzahtevnejših nalog v industrijskem podjetju. Ne gre zgolj za razporejanje operacij po časovni osi, temveč za stalno usklajevanje naročil, rokov, materialov, tehnologij, strojev, delavcev, dobav in nepredvidenih motenj. Vsaka odločitev v planu ima posledice: sprememba vrstnega reda ene operacije lahko vpliva na obremenitev strojev, razpoložljivost materiala, zasedenost delavcev, pretočni čas naročila in končni dobavni rok. Ko se število naročil, operacij in omejitev poveča, postane ročno sestavljanje plana kombinatorno preobsežno tudi za izkušenega planerja.

V takem okolju klasičen ERP-sistem ne zadošča kot samostojni planirnik. ERP je nujna podatkovna hrbtnica podjetja, saj vsebuje naročila, kosovnice, tehnološke postopke, zaloge, nabavne informacije in druge ključne podatke. Vendar njegova osnovna naloga ni reševanje dinamičnega optimizacijskega problema proizvodnega razporejanja. ERP podatke hrani in

strukturira, ne zna pa jih samostojno pretvoriti v izvedljiv proizvodni plan, ki bi hkrati upošteval realne omejitve proizvodnje, razpoložljive kapacitete, prioriteta naročila in prihodnja ozka grla. Zato v praksi pogosto nastane vrzel med podatki, ki so v ERP-ju že na voljo, in planom, ki ga je mogoče dejansko izvesti v proizvodnji.

Prispevek obravnava rešitev te vrzeli z digitalnim dvojčkom proizvodnje, ki deluje kot aktivno plansko jedro nad ERP-sistemom GoSoft. Osnovna ideja rešitve je, da GoSoft ostane zanesljiv vir poslovnih in proizvodnih podatkov, digitalni dvojček pa prevzame vlogo njihove interpretacije, povezovanja in optimizacije [1]. Digitalni dvojček zato ne deluje kot dodatna vizualizacija proizvodnje, temveč kot izračunski sloj, ki razume tehnološke postopke, zaporedja operacij, omejitve virov, urnike, materialne pogoje in poslovne prioritete. Na tej osnovi samodejno izračuna izvedljiv proizvodni plan ter ga vrne nazaj v poslovno-proizvodni informacijski sistem.

Tak pristop je uporaben v različnih tipih proizvodnje: od kosovne, projektne in maloserijske proizvodnje do serijske, montažne, procesno podprte ali visoko variabilne proizvodnje. Bistveno ni, v kateri panogi podjetje deluje, temveč, ali ima proizvodni sistem naročila, operacije, vire, omejitve, roke in potrebo po zanesljivem planiranju. Namesto ročnega sestavljanja plana in sprotnega reševanja zamud digitalni dvojček omogoča, da podjetje prihodnje obremenitve, ozka grla in tveganja prepozna vnaprej [2]. V tem smislu digitalni dvojček postane možgani GoSofta: GoSoft zagotovi podatke, digitalni dvojček pa iz njih oblikuje izvedljive planske odločitve [3].

**Dr. Hugo Zupan**, univ. dipl. inž., Digitech, d. o. o., Ljubljana in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo;  
**prof. dr. Niko Herakovič**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo;  
**mag. Aleš Vovk**, univ. dipl. inž.; GOinfo, d. o. o., Nova Gorica



© The Authors 2026. CC-BY 4.0

<https://doi.org/10.5545/Ventil-32-2026-3.25>

## 2 Podatkovna vloga ERP-sistema pri proizvodnem planiranju

V praksi se izraz planiranje pogosto uporablja zelo široko. Veliko informacijskih sistemov omogoča pregled naročil, rokov, materialnih potreb, zalog in obremenitev, vendar to še ne pomeni, da sistem samodejno izdelava realno izvedljiv proizvodni plan. Razlika med pregledom podatkov in izdelavo plana je bistvena. Pregled pokaže, kaj je treba narediti; plan pa mora določiti, kdaj, na katerem viru, v katerem zaporedju in pod katerimi pogoji se bo delo dejansko izvedlo [4].

ERP-sistem je zato treba razumeti predvsem kot zanesljivo podatkovno osnovo podjetja [5]. V njem so zbrani naročila, šifre izdelkov, tehnološki postopki, operacije, zaloge, nabavni podatki, delovni nalogi, roki in poslovna pravila. Ti podatki so nujni za planiranje, vendar sami po sebi še ne predstavljajo plana. Proizvodni plan mora dodatno upoštevati realne omejitve proizvodnega sistema: razpoložljivost strojev, delovne koledarje, zaporedje in soodvisnost operacij, alternativne vire, ozka grla, materialne pogoje, organizacijske omejitve ter spremembe, ki nastajajo med izvajanjem proizvodnje.

Če te omejitve niso neposredno vključene v planski model, se del dejanskega planiranja pogosto preseli iz informacijskega sistema v preglednice, ročne sezname, izkušnje planerjev in sprotno usklajevanje med oddelki. To ni nujno posledica slabe informacijske podpore, temveč predvsem posledica kompleksnosti proizvodnega okolja. Težava nastane takrat, ko odločanje postane preveč odvisno od individualnega znanja posameznikov, ponovljivost planskih odločitev pa se zmanjša. V takem primeru dobavni roki težje odražajo dejansko razpoložljivo kapaciteto proizvodnje, odzivanje na spremembe pa postane počasnejše in manj pregledno.

Zato je smiselno razlikovati med ERP-sistemom kot virom podatkov in naprednim planskim sistemom kot orodjem za izračun izvedljivega plana. ERP zagotovi strukturirane in ažurne podatke, napredna planska plast pa jih uporabi v kontekstu realnih proizvodnih omejitev. Takšna arhitektura ni vezana na eno panogo, temveč na logiko proizvodnega planiranja, zato jo je mogoče prilagoditi različnim proizvodnim okoljem. V predstavljenem pristopu to vlogo podatkovne osnove prevzame GoSoft, nad njim pa digitalni dvojček deluje kot dodatna izračunska plast za avtomatsko planiranje [6].

## 3 GOSOFT v arhitekturi avtomatskega planiranja

GoSoft je integriran informacijski sistem, namenjen podpori poslovnih in proizvodnih procesov v proizvodnih podjetjih. Njegova osnovna vrednost je v povezovanju ključnih poslovnih funkcij v novot informacijski sistem, kjer se podatki vnašajo in uporabljajo povezano med različnimi področji podjetja. Sistem pokriva funkcije, kot so materialno poslovanje, nabava in prodaja, tehnično-tehnološki podatki, kontrola kakovosti, planiranje materialnih potreb, spremljanje proizvodnih kapacitet in opravljenega dela, vzdrževanje, računovodstvo, kadri ter analize podatkov [2].

Za proizvodna podjetja GoSoft zagotavlja podporo pri spremljanju strukture izdelkov, proizvodnih postopkov, zalog, lansiranju delovnih nalogov, preskrbi z materiali, planiranju kapacitet, terminiranju delovnih nalogov in spremljanju povratnih informacij iz proizvodnje. Sistem je modularno zasnovan, zato se lahko uporablja v različnih proizvodnih okoljih, med drugim v maloserijski, serijski in naročniški proizvodnji [2].

V okviru avtomatskega planiranja ima GoSoft vlogo osrednje podatkovne osnove. V njem so zbrani podatki o naročilih, izdelkih, kosovnicah, tehnoloških postopkih, operacijah, zalogah, nabavi, delovnih nalogih, rokih in drugih poslovno-proizvodnih informacijah. Ti podatki so nujen pogoj za kakovostno planiranje, vendar sami po sebi še ne predstavljajo izvedljivega proizvodnega plana. Za izračun plana jih je treba povezati z realnimi proizvodnimi omejitvami, razpoložljivimi kapacitetami, koledarji, prioritetami in pričakovanimi obremenitvami.

Zato digitalni dvojček ne nadomešča GoSofta, temveč ga nadgrajuje z dodatno plansko plastjo. GoSoft zagotovi strukturirane in ažurne podatke, digitalni dvojček pa jih uporabi v matematično-simulacijskem modelu proizvodnje ter iz njih izračuna izvedljiv plan. Takšna arhitektura omogoča, da GoSoft ostane osrednji ERP-sistem podjetja, digitalni dvojček pa prevzame vlogo izračunskega sloja za avtomatsko planiranje, preverjanje izvedljivosti in analizo različnih proizvodnih scenarijev.

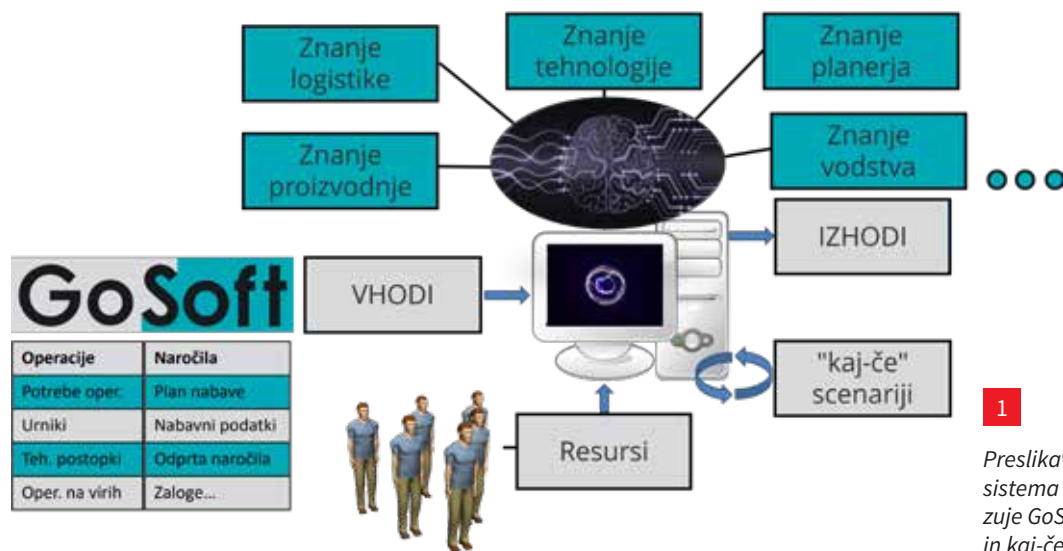
## 4 Digitalni dvojček proizvodnega sistema

Digitalni dvojček proizvodnje je digitalna preslikava realnega proizvodnega sistema [7], vendar njegova vloga ni omejena na prikazovanje trenutnega stanja. V predstavljenem pristopu deluje kot aktivni planski model, ki podatke iz ERP-sistema poveže z dejanskimi proizvodnimi omejitvami, tehnološkimi pravili, kapacitetami proizvodnih virov in razpoložljivostjo ljudi. Njegova ključna vrednost je v tem, da podatke pretvori v matematično-simulacijski model proizvodnje, na podlagi katerega je mogoče izračunati izvedljiv proizvodni plan.

Za učinkovito delovanje digitalnega dvojčka ni dovolj le prenos podatkov iz ERP-sistema. Pomemben del rešitve predstavlja digitalizacija znanja [3], ki je v proizvodnih podjetjih pogosto razpršeno med planerji, tehnologji, proizvodnjo, logistiko, nabavo in vodstvom (*slika 1*). Gre za pravila in omejitve, ki v informacijskem sistemu niso vedno eksplicitno zapisane, vendar pomembno vplivajo na izvedljivost plana. Mednje sodijo pravila o tem, katere operacije se lahko izvajajo na posameznih virih, katere omejitve so obvezne, katere dopuščajo prilagoditve, kako se upoštevajo urniki, kako se obravnavajo delavci oziroma izvajalci in kako se upoštevajo prioriteta naročila.

### Od podatkov do izvedljivega plana

Vhodni podatki digitalnega dvojčka vključujejo naročila, delovne naloge, tehnološke postopke, operacije, možne vire, urnike, zaloge, nabavne podatke, materialne pogoje in druge omejitve proizvodnega sistema. Ti podatki so nujna osnova, vendar sami po sebi še ne tvorijo proizvodnega plana. Plan



1 Preslikava realnega proizvodnega sistema v digitalni dvojček, ki povezuje GoSoft, resurse, znanje podjetja in kaj-če scenarije.

nastane šele takrat, ko so podatki povezani z logiko realnega proizvodnega sistema. Digitalni dvojček lahko nato preveri izvedljivost posameznih zaporedij, izračuna obremenitve virov, upošteva omejitve in določi predvidene datume dokončanja naročil.

Izhod digitalnega dvojčka zato ni le vizualni prikaz plana, temveč izvedljiv gantogram: razpored operacij po virih in času, ki upošteva znane omejitve proizvodnje. To je bistvena razlika med vizualizacijo in planskim modelom. Vizualizacija pokaže stanje ali že pripravljen plan, digitalni dvojček pa plan izračuna. Poleg osnovnega proizvodnega plana omogoča tudi hitro preverjanje različnih »kaj-če« scenarijev, s katerimi lahko planer oceni posledice sprememb naročil, prioritet, kapacitet, materialnih omejitev ali razpoložljivosti virov [8].

## 5 Povezovanje GoSofta in digitalnega dvojčka preko API-vmesnikov

Rešitev je zasnovana kot povezovanje ERP-sistema GoSoft in digitalnega dvojčka proizvodnje prek programskih vmesnikov oziroma API-jev (slika 2). Tak način povezovanja omogoča avtomatiziran prenos podatkov brez ročnega izvoza, uvoza ali podvajanja informacij. GoSoft zagotavlja strukturirane vhodne podatke o naročilih, operacijah, tehnoloških postopkih, zalo-

gah, nabavi, delovnih nalogih in drugih elementih proizvodnega procesa. Digitalni dvojček te podatke prek API-povezav prevzame in jih uporabi za vzpostavitev izračunskega modela proizvodnega sistema.

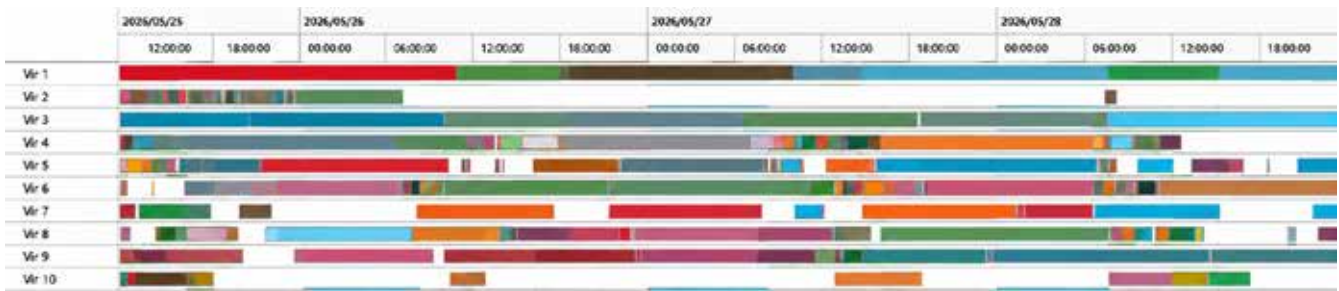
V digitalnem dvojčku so podatki iz GoSofta povezani s proizvodnimi omejitvami, kapacitetami, urniki, materialnimi pogoji, pravili izvajanja operacij in drugimi značilnostmi konkretnega proizvodnega okolja. Na tej osnovi digitalni dvojček deluje kot izračunsko okolje, ki lahko preverja izvedljivost plana, določa razpored operacij po virih in času ter ocenjuje posledice sprememb v naročilih, prioritetah, kapacitetah ali materialni razpoložljivosti.

Pomemben del digitalnega dvojčka predstavlja algoritmično oziroma AI-jedro, ki med izračunom plana skrbi za kakovost dobljenih rezultatov. Njegova vloga ni ločena od digitalnega dvojčka, temveč deluje znotraj njega kot optimizacijski mehanizem. Digitalni dvojček določa model proizvodnega sistema in preverja izvedljivost plana, algoritmično oziroma AI-jedro pa v tem modelu primerja različne možne razporede ter usmerja izračun proti rešitvam, ki bolje ustrezajo izbranim ciljem planiranja.

Sistem zato ne izdelava zgolj prvega možnega plana, temveč pri izračunu upošteva kriterije, kot so dobavni roki, zasedenost



2 API-povezovanje GoSofta in digitalnega dvojčka. GoSoft zagotavlja vhodne podatke, digitalni dvojček vzpostavi model proizvodnega sistema, algoritmično oziroma AI-jedro podpira izračun plana, izbrani operativni rezultati se lahko vrnejo v GoSoft, podporni analitični izpisi pa ostanejo v analitičnem okolju digitalnega dvojčka.



**3** Izvedljiv gantogram kot rezultat digitalnega dvojčka – prikaz proizvodnega plana po virih, delovnih nalogih, delavcih in drugih izbranih kriterijih

virov, čakalni časi, materialna razpoložljivost, prioritete, stabilnost plana in ozka grla. Cilj ni teoretično popolna rešitev, temveč hitro izračunan, pregleden in izvedljiv plan, ki je uporaben v realnem proizvodnem okolju. Vsako proizvodno okolje ima svoje zakonitosti, poslovne cilje in pravila planiranja, zato se način izračuna prilagaja značilnostim posameznega podjetja. Tak pristop omogoča, da digitalni dvojček podpira različne proizvodne procese ter zagotavlja rezultate, ki so usklajeni z dejanskimi potrebami in prioriteta organizacije.

Rezultati izračuna se razdelijo v dve skupini. Prvi del predstavljajo operativni rezultati, ki se lahko prek API-povezav vrnejo nazaj v GoSoft, na primer fini proizvodni plan in predvideni datumi dobave naročil. Drugi del predstavljajo podporni analitični izpisi digitalnega dvojčka, kot so zaznane anomalije, podporne tabele, obrazložitve, prikazi ozkih grl in rezultati različnih »kaj-če« scenarijev. Ti izpisi niso nujno namenjeni neposrednemu vpisu v ERP, temveč ostanejo v analitičnem okolju digitalnega dvojčka oziroma v povezanih poročilih ter služijo planerju, proizvodnji, nabavi, logistiki in vodstvu kot dodatna podpora pri razumevanju plana in sprejemanju odločitev.

S tem nastane podatkovna povezava med GoSoftom, digitalnim dvojčkom in rezultati izračuna, kot je shematsko prikazano na sliki 2. Podatki iz GoSofta prek API-vmesnikov vstopijo v digitalni dvojček, digitalni dvojček vzpostavi model proizvodnega sistema, znotraj njega pa algoritmično oziroma AI-jedro podpira izračun kakovostnega izvedljivega plana. Izbrani operativni rezultati se lahko vrnejo nazaj v GoSoft, širši nabor analitičnih rezultatov pa ostane v okolju digitalnega dvojčka oziroma v povezanih poročilih. Takšna arhitektura omogoča avtomatski izračun plana, preverjanje izvedljivosti, razlago proizvodnega plana, analizo ozkih grl in vrednotenje različnih proizvodnih scenarijev.

## 6 Rezultati delovanja rešitve

Eden najpomembnejših rezultatov razvite rešitve je hitrost izračuna. Digitalni dvojček lahko v manj kot 20 sekundah izračuna proizvodni plan za približno eno leto odprtih operacij. To bistveno spremeni način dela planerja. Namesto ročnega sestavljanja plana planer skoraj takoj pridobi operativno uporaben proizvodni plan, ki ga je mogoče neposredno uporabiti kot osnovo za izvajanje, preverjanje scenarijev ali replaniranje. S tem se replaniranje iz zamudnega operativnega opravila spremeni v hitro primerjavo različnih izvedljivih scenarijev na isti podatkovni osnovi.

## Izvedljiv gantogram kot operativni rezultat

Gantogram (slika 3), ki ga izdelava digitalni dvojček, ni zgolj grafični prikaz proizvodnje [4], [8], [9]. Predstavlja izvedljiv proizvodni plan, v katerem so operacije razporejene po virih in času skladno z znanimi omejitvami proizvodnega sistema. Pomembna prednost je, da isti plan ni vezan samo na en način prikaza, temveč ga je mogoče pregledovati z različnih zornih kotov: po strojih oziroma delovnih mestih, delovnih nalogih, delavcih, oddelkih ali po drugih izbranih kriterijih. Na ta način lahko planer hitro preveri zasedenost posameznega vira, potek določenega naročila, obremenitev delavcev ali morebitna konfliktna mesta v planu.

Takšen prikaz omogoča vpogled v vrstni red operacij, časovne rezerve, obremenitve in potencialna ozka grla. Zaradi tega lahko planer in vodstvo hitreje razumeta posledice posameznih odločitev ter ukrepata na podlagi celotne slike proizvodnje, ne zgolj na podlagi lokalnega problema.

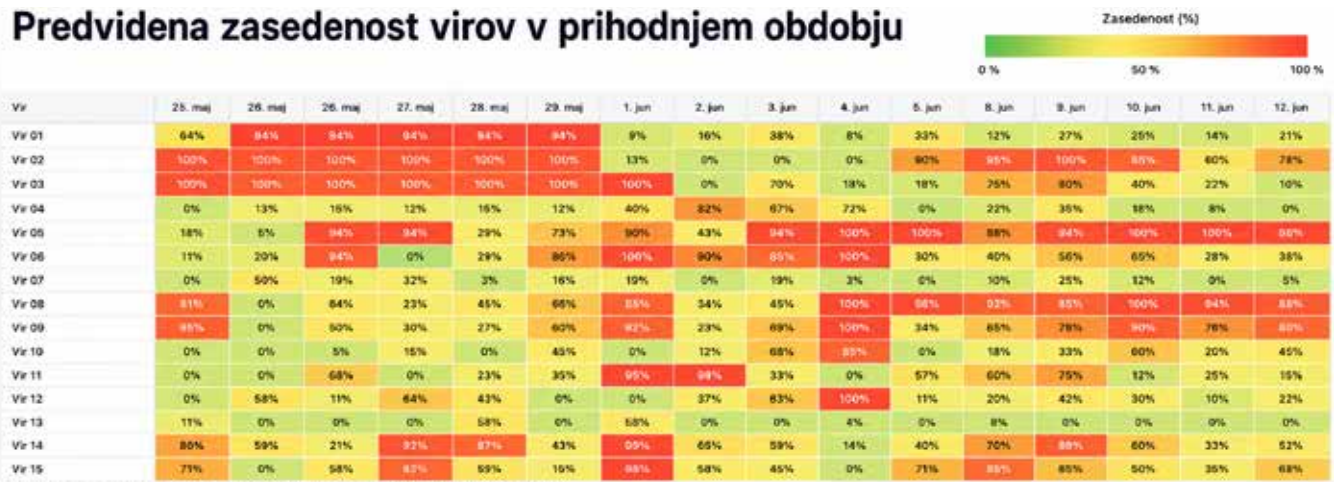
## Vnaprejšnje zaznavanje ozkih grl

Drugi pomemben rezultat je sposobnost vnaprejšnjega zaznavanja ozkih grl (slika 4). Pri klasičnem vodenju proizvodnje se ozko grlo pogosto pokaže šele takrat, ko se zamuda že pojavi v proizvodnji ali pri dobavnem roku. Digitalni dvojček pa ob izračunu plana prikaže prihodnje obremenitve strojev, delavcev, delovnih mest in drugih kritičnih virov. Tako lahko pokaže, kje se bo sistem zasitil, kateri viri bodo najbolj obremenjeni in katera naročila bodo potencialno ogrožena, še preden problem nastane v realnem proizvodnem sistemu.

Na tej osnovi digitalni dvojček omogoča preverjanje različnih ukrepov za ublažitev ali odpravo ozkih grl. Planer lahko sam spreminja določene vhodne parametre, kot so prioritete naročil, razpoložljive kapacitete, urniki, uporaba alternativnih virov, materialne predpostavke ali roki, nato pa primerja vpliv teh sprememb na rezultat plana. Na ta način lahko hitro oce- ni, ali posamezen ukrep izboljša pretočnost sistema, zmanjša zamude, razbremeni kritične vire ali izboljša zanesljivost dobavnih rokov.

Druga možnost je, da digitalni dvojček samodejno izvede nabor simulacijskih poskusov oziroma DoE (angl. Design of Experiments), pri katerih sistem preveri več kombinacij izbranih

## Predvidena zasedenost virov v prihodnjem obdobju



### 4 Prikaz prihodnjih obremenitev virov in potencialnih ozkih grl kot osnova za preverjanje različnih kaj-če scenarijev

parametrov in primerja njihove učinke na ključne kazalnike plana. V tem primeru digitalni dvojček ne prikaže le problema, temveč predlaga tudi scenarije, ki lahko ozka grla ublažijo ali jih v določenih primerih celo odpravijo. Planer tako ne izbira med nepreglednim številom možnih sprememb, temveč prejme ožji nabor izračunanih alternativ, ki so bile preverjene na modelu proizvodnega sistema.

Tak pristop združuje avtomatski izračun plana in strokovno presojo uporabnika. Digitalni dvojček preveri posledice različnih scenarijev, planer pa lahko izbere rešitev, ki je najprimernejša glede na poslovne cilje, kupce, razpoložljive vire in organizacijske omejitve. Namesto odzivanja na posledice zamud se proizvodnja premakne v proaktivno upravljanje prihodnjih obremenitev, tveganj in možnih izboljšav plana.

### Individualni izpisi in analitika rezultatov

Pomembna prednost digitalnega dvojčka je tudi možnost priprave namenskih oziroma individualnih izpisov rezultatov. Ker model ob izračunu plana pozna stanje naročil, operacij, virov,

obremenitev, zalog, rokov in omejitev, lahko iz teh podatkov izpelje zelo različne analitične poglede. Rezultat zato ni omejen samo na gantogram, temveč lahko vključuje tudi poročila o zasedenosti virov, predvidenih zamudah, kritičnih naročilih, obremenitvah oddelkov, potrebah po materialu, vplivu prioritet in drugih kazalnikih, ki so pomembni za odločanje.

Če planerja ali vodstvo zanima, kateri viri bodo najbolj obremenjeni, katera naročila bodo zamujala, kakšen bo učinek dodatne izmene ali kako se bo spreminjal obseg odprtega dela, lahko digitalni dvojček pripravi namenski izpis na podlagi istega izvedljivega proizvodnega plana. Primer takšnega izpisa je prikazan na *sliki 5*, kjer je prikazan potek proizvodnje po številu panelov skozi čas. Enaka logika se lahko v drugih proizvodnih okoljih uporabi tudi za izdelke, delovne naloge, operacije, serije, module ali druge proizvodne količine. Digitalni dvojček omogoča tudi simulacijo maksimalnih kapacitet proizvodnega sistema, pri čemer je mogoče ločiti med teoretično kapaciteto ob idealnih pogojih in realno kapaciteto, ki upošteva dejanske omejitve, kot so razpoložljivost virov, urniki, menjave, materialne omejitve in organizacijski pogoji.

## Potek proizvodnje po številu panelov

Spreminjanje števila odprtih panelov skozi čas



### 5

Primer individualnega analitičnega izpisa, ki prikazuje potek proizvodnje po številu panelov skozi čas.

Takšna analitika spremeni način uporabe proizvodnih podatkov. Podatki niso več namenjeni samo naknadnemu poročanju, temveč postanejo osnova za vnaprejšnje odločanje. Digitalni dvojček lahko v prisposobi razumemo kot proizvodno »kristalno kroglo«, vendar ne v intuitivnem ali špekulativnem smislu. Gre za matematično-simulacijski model, ki na podlagi znanih podatkov, pravil in omejitev izračuna pričakovano prihodnje stanje proizvodnje. Njegova vrednost je v tem, da podjetju omogoča vprašanja, na katera s klasičnimi preglednicami ali statičnimi poročili težko hitro in zanesljivo odgovori.

## 7 Sprememba vloge planerja

Avtomatsko planiranje ne pomeni, da planer izgubi svojo vlogo. Njegova vloga se premakne z ročnega sestavljanja plana v presojo scenarijev, razumevanje poslovnih prioritet in sprejemanje odločitev na višji ravni. Digitalni dvojček prevzame ponavljajoč, časovno zahteven in računsko kompleksen del planiranja, človek pa ohrani odgovornost za poslovno presojo, usklajevanje interesov in končno odločitev.

V klasičnem načinu dela lahko priprava in usklajevanje proizvodnega plana planerjem vzameta tudi več dni na teden, pri čemer je planski horizont zaradi obsega podatkov, števila omejitev in stalnih sprememb pogosto omejen. Z avtomatskim izračunom se ta del dela bistveno skrajša: sistem lahko v nekaj sekundah pripravi izvedljiv plan tudi za bistveno daljše časovno obdobje, planer pa se lahko osredotoči na primerjavo rezultatov in izbiro najprimernejšega scenarija.

Hitrost izračuna pri tem ni sama sebi namen. Njena vrednost je v tem, da omogoča pogosto preverjanje različnih scenarijev, hitro ponovno planiranje ob spremembah in primerjavo več možnih odločitev na isti podatkovni osnovi. Kakovost plana se zato ne presoja samo po času izračuna, temveč predvsem po izvedljivosti razporeda, zanesljivosti dobavnih rokov, zasedenosti kritičnih virov, zmanjšanju ozkih grl, stabilnosti plana in številu potrebnih ročnih posegov.

Organizacijski učinek takšne rešitve je predvsem večja preglednost planiranja. Manj je ročnega prenašanja podatkov, manj skritih odločitev v preglednicah, manj odvisnosti od posameznikovega spomina in več ponovljivosti pri sprejemanju odločitev. Proizvodnja, nabava, logistika in vodstvo lahko delujejo na podlagi istega plana in iste slike prihodnjih obremenitev, kar zmanjša možnost neuskklajenih odločitev med oddelki.

## 8 Zaključek

Predstavljena rešitev prikazuje, kako lahko digitalni dvojček razširi vlogo GoSofta iz osrednje podatkovne osnove v aktivno podporo proizvodnemu planiranju. GoSoft ostane osrednji poslovno-proizvodni informacijski sistem, ki zagotavlja podatke o naročilih, operacijah, zalogah, nabavi, tehnoloških postopkih in drugih ključnih elementih proizvodnje. Digitalni dvojček te podatke poveže s proizvodnimi omejitvami, kapacitetami, pravili in cilji planiranja ter na tej osnovi omogoča izračun izvedljivega proizvodnega plana.

Največja vrednost rešitve ni samo v hitrosti izračuna, temveč v drugačnem načinu planiranja. Izračun plana za približno eno leto odprtih operacij v manj kot 20 sekundah omogoča hitro preverjanje posledic sprememb naročil, zalog, dobav, prioritet ali kapacitet. Planiranje se tako iz zamudnega operativnega sestavljanja razporeda premakne v primerjavo scenarijev, vrednotenje kakovosti plana in izbiro najprimernejšega odziva. Tak pristop ni vezan na eno panogo, temveč na logiko proizvodnega sistema, kjer je treba usklajevati naročila, operacije, vire, omejitve in dobavne roke.

Digitalni dvojček zato ni samo digitalna kopija proizvodnje, temveč operativni model za podporo planiranju in vodenju proizvodnje. Podjetju omogoča pogled v prihodnje obremenitve, ozka grla in tveganja, še preden se ta pojavijo v realnem sistemu. Poleg planiranja potrjenih naročil omogoča tudi hitrejše in zanesljivejše določanje dobavnih rokov za nova povpraševanja, saj lahko podjetje preveri, kam bi se novo naročilo umestilo v obstoječi plan, katere vire bi obremenilo in kakšen dobavni rok je realno izvedljiv glede na trenutno stanje naročil, kapacitet, zalog in nabave.

Bistvo predstavljene arhitekture je, da GoSoft zagotovi urejeno podatkovno osnovo, digitalni dvojček pa iz teh podatkov, pravil in omejitev omogoči izračun planske odločitve. Proizvodnja s tem pridobi stabilnejše plane, zanesljivejše dobavne roke, manj urgentnega replaniranja, boljšo izkoriščenost razpoložljivih kapacitet in preglednejšo osnovo za odločanje.

## Reference

- [1] Wang, X.; Wang, Y.; Tao, F.; Liu, A. New Paradigm of Data-Driven Smart Customisation through Digital Twin. *J. Manuf. Syst.* 2021, 58, 270–280.
- [2] Resman, M.; Protner, J.; Simic, M.; Herakovic, N. A Five-Step Approach to Planning Data-Driven Digital Twins for Discrete Manufacturing Systems. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3639.
- [3] Herakovič, N.; Zupan, H.; Pipan, M.; Protner, J.; Šimic, M. Distributed Manufacturing Systems with Digital Agents. *J. Mech. Eng.* 2019, 65, 650–657.
- [4] Pinedo, M. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. Springer, 2016.
- [5] Mossa, Y.; Smith, P.; Bland, K. Reconceptualizing Enterprise Resource Planning (ERP) Systems from a Software Architecture Perspective Using a Framework Based on ERP System Characteristics. *Procedia Comput. Sci.* 2025, 256, 174–189.
- [6] Raheem, A.; Dallasega, P.; Medina Suni, H. A. Digital Twin Framework for Integrated Factory and Production Planning (FPP). *Procedia Comput. Sci.* 2026, 277, 1919–1930.
- [7] Vuzem, F. J.; Pipan, M.; Zupan, H.; Šimic, M.; Herakovič, N. Automated Generation of Simulation Models and a Digital Twin Framework for Modular Production. *Systems* 2025, 13, 800.
- [8] Leng, J.; Wang, D.; Shen, W.; Li, X.; Liu, Q.; Chen, X. Digital Twins-Based Smart Manufacturing System Design in Industry 4.0: A Review. *J. Manuf. Syst.* 2021, 60, 119–137.
- [9] Zupan, H.; Herakovič, N.; Starbek, M.; Kušar, J. Hybrid Algorithm Based on Priority Rules for Simulation of Workshop Production. *Int. J. Simul. Model.* 2016, 15, 29–41.

## From ERP Data to a Feasible Production Plan with a Digital Twin in the GoSoft Environment

**Abstract:**

In modern manufacturing, competitiveness is no longer determined solely by production quality, but by a company's ability to manage a complex combination of orders, deadlines, materials, machines, people and other limited resources quickly and reliably. This is precisely where traditional ERP systems often reach their limits. An ERP system effectively stores and structures data, but it cannot independently understand production constraints, predict the consequences of decisions or generate a feasible production plan in real time. For this reason, a digital twin was developed as an active planning layer above the GoSoft ERP system. Its role is not merely to display the current state of production, but to enable the automatic calculation of a feasible production plan based on data from GoSoft, technological procedures, capacities, available resources and constraints. Such an approach is applicable to various types of production, from discrete, project-based and small-batch manufacturing to serial or highly variable production. The digital twin enables the calculation of a plan for approximately one year of open operations in less than 20 seconds and allows immediate evaluation of different production scenarios. In this way, the planner does not lose their role; rather, they are freed from routine manual plan generation and moved into the role of a decision-maker. The result is more stable planning, more reliable delivery dates, less urgent replanning and better utilisation of production capacities. The article demonstrates how a digital twin above the GoSoft ERP system can connect production data, rules and constraints into an operationally usable planning model, providing manufacturing companies, regardless of industry, with better insight into future workloads, bottlenecks and risks.

**Keywords:**

digital twin, ERP, GoSoft, production planning, automatic planning, artificial intelligence, bottlenecks, Gantt chart

# GoSoft

*GoSoft® je najbolj celovit slovenski informacijski sistem za proizvodna podjetja*

Omogoča celovito obvladovanje poslovanja v proizvodnih podjetjih. Posebej ga odlikujejo moduli: MES sistem za zajem podatkov direktno iz proizvodnje, CRP sistem za fino planiranje proizvodnih virov, TQM - kontrola kakovosti, WMS - materialno poslovanje s spremljanjem serij, DMS sistem za spremljanje dokumentacije in ostala področja.

**GOinfo d.o.o. Nova Gorica**  
 Prvomajska 37, 5000 Nova Gorica  
 tel.: 05 777 57 00  
 e-pošta: info@goinfo.si  
 www.goinfo.si

# DIGITEH

**DIGITALIZACIJA PROIZVODNIH PROCESOV**

ZANESLJIV PARTNER NA VAŠI POTI V DIGITALIZIRANO PRIHODNOST

www.digitech.eu | info@digitech.eu | 08 2055 621 | Tržaška cesta 315, SI-1000, Ljubljana



## **Machinery Oil Filtration Specialist**

- **Electrostatic Varnish removal systems**
- **Oil condition monitoring & varnish testing equipment**
- **Depth filtration systems for Hydraulik, Lubricating & Motor oil systems**
- **Oil and equipment cleaning services**
- **Rental of filtration & varnish system equipment**
- **Air Conditioners for Hydraulik & Lubricating systems**

**«KLEENTEK**

**fluitec**

**DC**  
DES-CASE

**DC**  
**R M F**  
S Y S T E M S  
A Des-Case Brand

**INTRIBO**

• **[www.majeric.eu](http://www.majeric.eu)** • **+386 41 896 662** • **[info@majeric.eu](mailto:info@majeric.eu)**

Powered by STORMIA D.O.O.

# Pomembnost uporabe naprednih lastnosti tekočin v tokovnih simulacijah hidrostatičnih strojev - 2. del

Anže Čelik

## Izveček:

Hidrostatični stroji so naprave, ki prenašajo energijo s pomočjo tlaka tekočine, najpogosteje olja ali vode. Delujejo na principu hidrostatike (Pascalov zakon).

Simulacija takšnih strojev kljub razpoložljivosti sodobnih simulacijskih orodij z dobro prilagojenim grafičnim uporabniškim vmesnikom in numeričnimi tehnikami še vedno zahteva visoko usposobljene inženirje, uporabo naprednih simulacijskih orodij in napreden simulacijski pristop.

Prispevek se osredotoča na modeliranje naprednih lastnosti tekočin (stisljivost, kavitacija). Numerični pristop je izveden s pomočjo računalniške dinamike tekočin (CFD) v okolju Siemens Simcenter Star-CCM+. Napovedovanje kavitacije je možno z implementacijo obstoječega »polnega modela kavitacije«. Rezultati za aksialno batno črpalko se dobro ujemajo z eksperimentalnimi raziskavami (npr. tlak v batni komori, moment nagibne plošče itd.).

## Ključne besede:

hidravlična aksialna batna črpalka, CFD-simulacija, kavitacija, batna komora, nagibna plošča

## 1 Tehnike numeričnega modeliranja

Poznavanje in razumevanje fizikalnega dogajanja sta prva in ključna koraka. Naslednji zahteven korak pa je vpeljava fizikalnih zakonitosti v numerično kodo. Vsakega fizikalnega modela ni mogoče učinkovito zapisati v programsko kodo oziroma je za to potrebnega veliko znanja iz programiranja. V nadaljevanju sta na kratko predstavljena implementirani fizikalni model kavitacije in tehnike mreženja (oz. diskretizacije).

### 1.1 Matematični model kavitacije

Za potrebe te raziskave je vpeljava naprednih lastnosti tekočin bistvenega pomena. V številnih znanstvenih člankih in publikacijah so na voljo različni matematični modeli, vendar so le nekateri primerni za tridimenzionalne tokovne analize (primer [2]) zaradi pomanjkanja numerične robustnosti, stabilnosti in zmogljivosti.

V nadaljevanju je na kratko predstavljen t. i. »celostni kavitacijski model« (angl. *full cavitation model*) po Singhalu s sod. [1], ki je bil implementiran v programsko kodo znotraj programskega paketa Siemens Simcenter Star-CCM+.

Osnovni pristop temelji na uporabi standardnih enačb viskoznega toka (Navier–Stokesove enačbe) za spremenljivo gostoto tekočine ter na uporabi konvencionalnega turbulentnega modela (npr. k-ε model). Gostota tekočine je funkcija masnega deleža pare »f«, ki se izračuna z reševanjem transportne enačbe (1), povezane z ohranitvijo mase in gibalne količine.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho f) + \nabla \cdot (\rho \vec{V} f) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla f) + R_e - R_c \quad (1)$$

Izvorna člena  $R_e$  in  $R_c$  v enačbi (1) predstavljata stopnjo nastajanja pare (izparevanje) in kondenzacije ter sta lahko funkciji tokovnih parametrov (tlak, karakteristična hitrost toka) in lastnosti tekočine (gostota tekoče in parne faze, nasičeni tlak ter površinska napetost na meji tekočina-para).

Zgornja formulacija uporablja homogen pristop toka, zato ne upošteva dvofaznega toka. Glavni poudarek je na pravilnem opisu rasti in sesedanja (kolapsa) mehurčkov. V tekočem toku brez relativnega zdrsa hitrosti med tekočino in mehurčki je enačba dinamike mehurčka izpeljana iz posplošene Rayleigh–Plessetove enačbe [1].

$$\mathfrak{R}_B \frac{D^2 \mathfrak{R}_B}{Dt^2} + \frac{3}{2} \left( \frac{D \mathfrak{R}_B}{Dt} \right)^2 = \left( \frac{P_B - P}{\rho_l} \right) - \frac{4 v_l}{\mathfrak{R}_B} \dot{\mathfrak{R}}_B - \frac{2 S}{\rho_l \mathfrak{R}_B} \quad (2)$$

Enačba (2) podaja fizikalni pristop za vključitev učinkov dinamike mehurčkov v kavitacijski model. Pravzaprav se lahko obravnava kot enačba za napovedovanje gostote zmesi.

Mag. Anže Čelik, univ. dipl. inž., Poclain Hydraulics d. o. o., Žiri, Slovenija



© The Authors 2026. CC-BY 4.0

<https://doi.org/10.5545/Ventil-32-2026-3.26>

Delovni medij je obravnavan kot mešanica tekočine, njenega parnega dela in nekondenzirajočega plina (NCG). Izračun gostote zmesi je definiran sledeče:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{f_v}{\rho_v} + \frac{f_g}{\rho_g} + \frac{1-f_v-f_g}{\rho_l} \quad (3)$$

kjer  $\rho_g, \rho_v, \rho_l, \rho_p, \rho_s, f_g$  predstavljajo gostoto nekondenzirajočega plina (NCG), gostoto pare, gostoto tekočine, masni delež pare in masni delež nekondenzirajočega plina.

Glavni neznanki sta  $\rho_{vap}$  (nasičeni tlak pare) in  $f_g$ . Njuna sprememba je odvisna od vrste tekočine in njene kakovosti ter je lahko precejšnja [2].

Model je v osnovi validiran na več različnih primerih. Poleg tega ima ta kavitacijski model naslednje značilnosti:

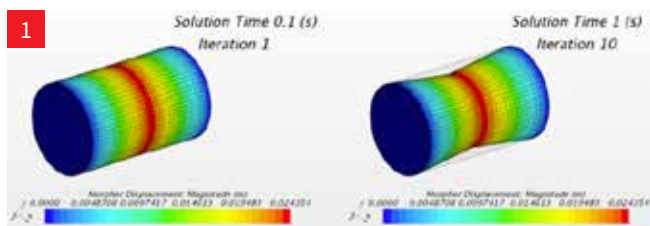
- ▶ uporaben je za poljuben geometrijski sistem (3D, 2D ravninski ali 2D osno simetrični), podprti so vsi tipi mrež in meje med posameznimi območji (*angl. interfaces*),
- ▶ sočasna uporaba turbulentnih modelov, deformacije mreže in/ali strukturnih modulov je v celoti podprta,
- ▶ tok je obravnavan kot izotermen, lastnosti tekočine pa so pri dani temperaturi konstantne v celotnem tokovnem območju,
- ▶ masni delež nekondenzirajočega plina ( $f_g$ ) je predpostavljen kot konstanten v celotnem tokovnem polju.

### 1.2 Tehnike mreženja

Številne simulacije, ki vključujejo gibanje ali spremembe geometrije, zahtevajo (togo) premikanje mreže ali pa njeno deformacijo. Obstajajo različne metode deformacije mreže (z različno terminologijo), kot so npr. prekrivna mreža (*angl. overset mesh*), relativni pomik vozlišč (*angl. morphing*), adaptivno zgoščevanje mreže (*angl. adaptive mesh refinement*), splošno ponovno mreženje (*angl. remeshing*) itd.

Metoda relativnega pomika vozlišč (*angl. morphing*) omogoča upoštevanje vpliva gibajočih se robnih pogojev v dinamičnih (tj. nestacionarnih) simulacijah. Metodo je možno uporabiti za simulacijo recipročnega gibanja bata v cilindru – kjer se meje sicer ne spreminjajo po obliki, vendar pa se morajo vozlišča mreže prilagajati (tj. relativno pomikati) gibanju (*slika 1*). [3]

Metoda relativnega pomika vozlišč (*angl. morphing*) v programskem paketu Siemens Simcenter Star-CCM+ prerazporeja vozlišča mreže kot odziv na gibanje nabora kontrolnih točk, ki



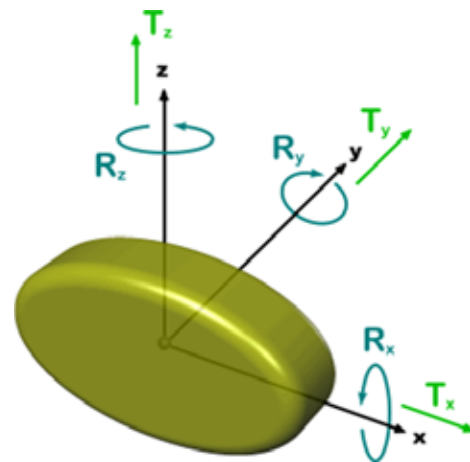
Cylinder z zožitvijo stene v osrednjem delu (Vir: [3])

se lahko obravnavajo kot oblak točk, postavljenih nad območje mreže.

Premik posamezne točke je mogoče določiti neposredno ali pa ga izračunati na podlagi podane hitrosti vozlišč, iz katerih se za določen časovni korak izračuna ustrezen pomik.

### 1.3 Gibanje togega telesa

Gibanje togega telesa omogoča modeliranje gibanja kot odziv na delujoče sile in momente. Pri togem telesu se medsebojne razdalje med notranjimi točkami ne spreminjajo. Zato zadoštuje reševanje enačbe gibanja težišča togega telesa (*slika 2*).



2

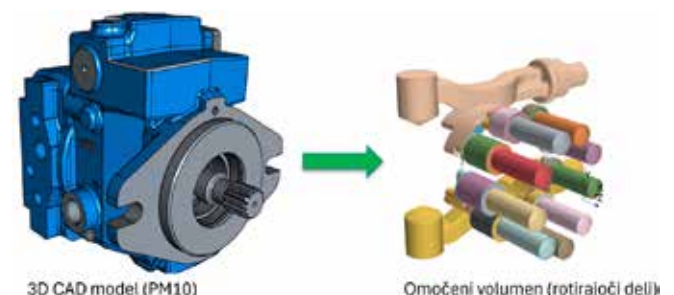
Gibanje togega telesa v 3D-prostoru (6 prostostnih stopenj) (Vir: [3])

### 2 3D numerični model aksialne batne črpalke

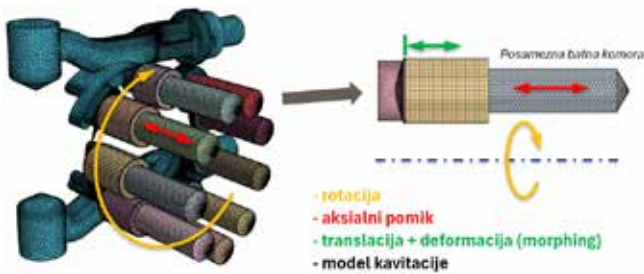
Raziskava se nanaša na analizo toka v črpalčki z oznako PM10. Cilj te analize je ovrednotiti tlačno polje v batni komori za celotni model črpalke (tj. uporabljeni so vsi bati). 3D-prikaz črpalke PM10 je prikazan na *sliki 3*.

3D CFD-model upošteva nestacionarne pogoje, pomikanje mreže, k-ε turbulentni model, transportne enačbe pasivne skalarne količine ter uporabniško definirane enačbe stanja (stisljivost).

3



3D CAD-model (levo) in omočeni volumen (desno) (Vir: Poclair)



4 Zamrežen model omočenega volumna (Vir: Poclairn)

Volumen tekočine je bil v osnovi zamrežen s poliedri (celice), na območjih s spremenljivim volumnom so bili uporabljeni kvadri, na plasteh ob mejah pa prizmatični elementi. Kontaktna oziroma mejna območja so bila zamrežena s skladno (tj. konformno) mrežo. Celoten 3D zamrežen model volumna tekočine (vrteča se skupina ter vstopne/izstopne komore) je prikazan na sliki 4.

Slika 5 prikazuje normirane hitrosti batov, uporabljene kot robni pogoj. Krivulje so bile pridobljene z uporabo parametričnega CFD-modela, ki temelji na enačbah kinematike.

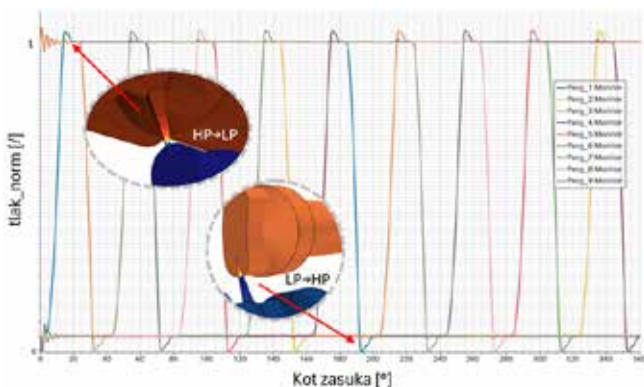
### 3 Rezultati in diskusija

Simulacija je bila definirana za en poln obrat oz. zasuk ( $2\pi$  rad). Med vrtenjem je bilo opazovanih več različnih fizikalnih veličin.

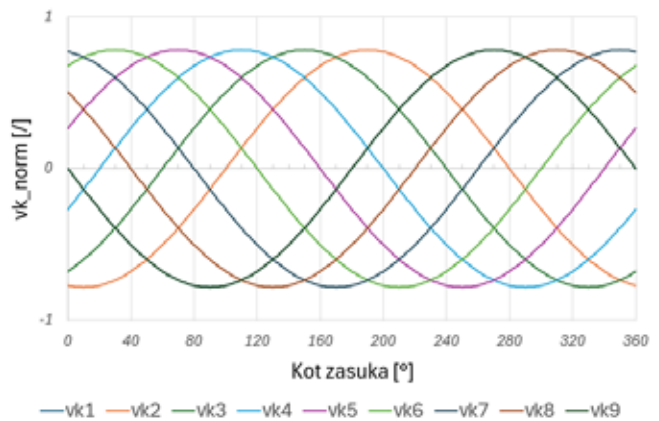
#### 3.1 Tlak v batni komori

Tlak v batni komori (slika 6) je neposredna posledica predpisane hitrosti bata. Med enim obratom rotirajoče skupine je mogoče opaziti značilen potek tlaka. V začetnem delu se pojavijo določene nestabilnosti (tj. oscilacije) zaradi pričetka simulacije. Nato pa je vsak tlačni vrh (v smislu podtlaka ali nadtlaka) posledica prehoda oziroma stika z visokotlačnimi (HP) ali nizkotlačnimi (LP) komorami.

Sila tlaka na bat (v aksialni smeri) je integral tlaka po površini bata. Pripadajoče krivulje sil imajo enako obliko kot krivulje tlaka, zato na tem mestu niso prikazane.



6 Normirani povprečni tlak v batni komori (Vir: Poclairn)



5 Predpisane hitrosti batov (robni pogoj) (Vir: Poclairn)

#### 3.2 Nagibni moment

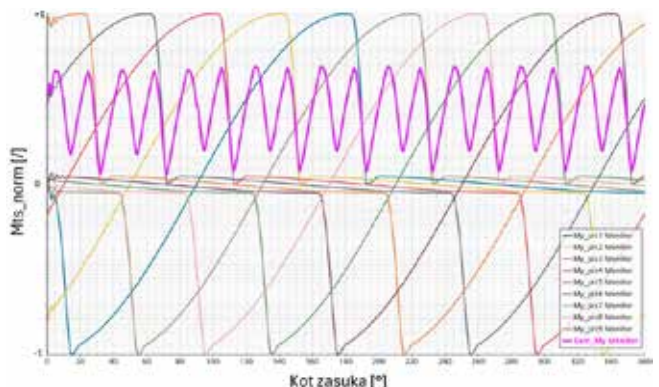
Nagibni moment bata ( $Mts$ ) je prikazan na sliki 7. Opazjuoč krivuljo za bat št. 1, je v prvem delu vrtenja  $Mts$  negativen. To je posledica dejstva, ker je batna komora št. 1 pod visokim tlakom (HP) in generirani moment teži k vrtenju nagibne plošče v negativni smeri. Nasprotno velja, ko je komora pod nizkim tlakom (LP).

Vijolična krivulja na sliki 7 prikazuje vsoto vseh nagibnih momentov (prispevki vseh batnih komor). Opaziti je mogoče dejstvo, da rezultirajoči nagibni moment ni konstanten in se med enim obratom znatno spreminja.

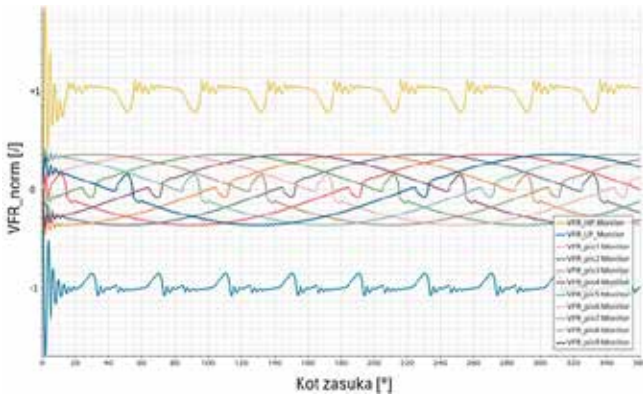
#### 3.3 Volumenski pretok

Volumenski pretok bata (VFR) je prikazan na sliki 8. Najvišja in najnižja krivulja predstavljata skupni pretok na vstopnih in izstopnih odprtinah. Skupna pretoka nista konstantna in se med obratom spreminjata.

Poleg tega se pri pretoku posameznega bata pojavita dva lokalna porasta oziroma padca pretoka (z zamikom za  $\pi$  rad), kar je posledica vzpostavitve kontakta z območjem visokega (HP) oziroma nizkega tlaka (LP) ali obratno.



7 Normirani nagibni moment bata ( $Mts$ ) (Vir: Poclairn)



8 Normirani volumenski pretok (VFR) (Vir: Poclair)

#### 4 Zaključek

Študija uporablja numerični pristop s pomočjo računske dinamike tekočin (CFD) v okolju Siemens Simcenter Star-CCM+. Kavitacija je bila vključena v programsko kodo z namenom ocene potencialnih območij kavitacije.

Rezultati analize (npr. tlak v batni komori, nagibni moment na

nagibni plošči itd.) omogočajo boljše razumevanje ključnih funkcionalnosti teh strojev ter hkrati služijo kot smernice za načrtovanje.

Razvit numerični model odpira možnosti za nadaljnje izboljšave, poglobljene raziskave aksialnih batnih črpalk ter njegovo uporabo tudi pri drugih tipih strojev s pozitivnim izpodrivom (npr. pri radialnih batnih hidravličnih motorjih), ki jih proizvaja podjetje Poclair.

#### Viri in literatura

- [1] Asme.org: Mathematical Basis and Validation of the Full Cavitation Model. Dostopano 20. 3. 2026, <https://asmedigitalcollection.asme.org/fluidsengineering/article-abstract/124/3/617/444321/Mathematical-Basis-and-Validation-of-the-Full>.
- [2] Tandfonline.com: A Numerical Approach for the Evaluation of the Effects of Air Release and Vapour Cavitation on Effective Flow Rate of Axial Piston Machines. Dostopano 16. 3. 2026, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14399776.2010.10780996>.
- [3] Siemens: Simcenter STAR-CCM+ 2506 dokumentacija. Dostopano 21. 5. 2026.

### The importance to consider advanced fluid properties in flow simulation of hydrostatic machines (Part 2)

#### Abstract:

Hydrostatic machines are devices that transfer power using pressurized hydraulic fluid within a closed circuit, relying on positive displacement pumps and motors. They convert mechanical energy into fluid pressure and back into mechanical torque.

Simulation of such machines still requires highly skilled engineers, use of advanced simulation tools and advanced simulation approach ... despite the availability of modern simulation tools with well suited graphical user interface (GUI) and numerical techniques.

In this paper, the focus is given on modelling of advanced fluid properties (e.g. compressibility, cavitation etc.). Fluid with such advanced properties is used in fluid flow simulation. Numerical approach has been performed by means of computational fluid dynamic (CFD) within the environment of Siemens Simcenter Star-CCM+. The anticipation of cavitation has been possible by implementation of existing "full cavitation model". Results for axial piston pump show good agreement with experimental investigation (e.g. for piston chamber pressure, tilting moment on a swash plate etc.).

#### Keywords:

axial piston pump, CFD simulation, cavitation, piston chamber, swash plate

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2026 - ASM '26

03. decembra 2026  
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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



SCAN ME

# Namenska ali univerzalna hidravlična olja?

Franc Majdič

V zadnjem prispevku o vzdrževanju hidravličnih naprav smo pisali o obrabi znotraj hidravličnih komponent, predvsem hidravličnih črpalk in drsniških ventilov. Vsi stroji se med delovanjem obrabljajo, izjema pri tem niso niti hidravlični. S tega vidika je namen proaktivnega vzdrževanja, da upočasnijo obrabo hidravličnih komponent in podaljšajo njihovo uporabno dobo. Da bi bili pri tem učinkoviti, je pomembno, da razumemo obrabne mehanizme in razmere, pri katerih se komponente obrabljajo. Intenzivna obraba posledično skrajšuje uporabno dobo komponent. Predstavili smo možne vrste obrab znotraj hidravličnih komponent, kako jih zmanjšati, in vrste mazanja, da dosežemo čim daljše delovanje hidravličnih strojev.

## Izvleček:

V tem prispevku o vzdrževanju hidravličnih naprav bomo pisali o razliki med namenski in univerzalni hidravlični olji. Hidravlično olje je drugačno od vseh drugih maziv, ker mora prvenstveno zagotavljati dve glavni funkciji: prenos energije in mazanje. Poleg omenjenega pa mora preprečevati penjenje, izločati zračne mehurčke, biti mora termično, oksidacijsko in hidrolitično stabilno, imeti mora dobre protiobrabne lastnosti, dobro filtrabilnost in demulzibilnost, nuditi mora dobro korozijsko zaščito in stabilno viskoznost ter zagotavljati ustrezno debelino mazalnega filma. Vse to je zelo pomembno za zagotavljanje dolge uporabne dobe hidravličnih sistemov [1].

## Ključne besede:

namenska in univerzalna hidravlična olja, prenos energije, mazanje, vzdrževanje hidravličnih sistemov

## 1 Uvod

Hidravlični prenos energije se pogosto uporablja. Prenos zagotavlja hidravlični sistem, ki ga sestavljajo štiri glavne skupine komponent: črpalke, izvršilne sestavine, ventili in pomožne sestavine. Prva in hkrati osnovna sestavina sistema je kapljevina. Če želimo biti najbolj učinkoviti pri prvi in osnovni nalogi hidravlične tekočine, tj. prenosu energije, potem mora ta imeti čim višji modul stisljivosti in čim višji indeks viskoznosti. Visoki modul stisljivosti pomeni, da mora imeti hidravlična tekočina čim višjo odpornost proti stiskanju pri visokih tlakih, visoki indeks viskoznosti, kinematična viskoznost pa se zelo malo spreminja s temperaturo [2].

Analogija za zapisano je klinasti jermen. Če bo jermen premo napet, bo zdrsal. Posledica bo, da bo veliko vstopne pogonske energije pretvorjene v toploto, kar pomeni manj prenesene energije na izhodno gred. Z drugimi besedami lahko rečemo, da je učinkovitost takega jermenskega prenosa zelo slaba. Podobna situacija se zgodi s hidravličnim oljem. Sprememba modula stisljivosti in/ali kinematične viskoznosti vpliva na izkoristek prenosa hidravlične energije.

Idealna hidravlična kapljevina za prenos energije bi bila popolnoma toga (nestisljiva) in bi imela konstantno kinematično viskoznost 25 mm<sup>2</sup>/s (temperaturno neodvisno). Žal taka hidravlična kapljevina ne obstaja [3].

Hidravlične tekočine uporabljamo pri različnih pogojih. V industriji so pogoji bolj konstantni – temperatura okolice, medtem ko se pri mobilnih hidravličnih napravah ta zelo spreminja.

## 2 Prednosti uporabe univerzalnih hidravličnih olj

Modul stisljivosti je lastnost baznega olja, zato se z dodatki ne da izboljšati. Indeks viskoznosti (VI) pa lahko izboljšamo z uporabo baznih olj z visokim VI, kot so sintetična, in/ali z dodajanjem posebnih polimerov (izboljševalci indeksa viskoznosti).

Izboljševalci indeksa viskoznosti so bili najprej uporabljeni za izdelavo univerzalnih motornih olj v letu 1940. Takrat se je ta tehnologija uporabljala za izdelavo olj z visokim VI za aplikacije, kot so ročni in avtomatski menjalniki itd. Omenjeni izboljševalci indeksa viskoznosti niso tipično strižno stabilni, ko se uporabljajo v hidravličnih sistemih. Zadnji razvojni trendi izboljševalcev indeksa viskoznosti omogočajo dobro strižno stabilnost pri visokem indeksu v območju med 150 in 200. Za primerjavo omenimo, da ima osnovno hidravlično olje indeks viskoznosti med 90 in 100. Najpomembnejši razlog za smiselnost uporabe hidravličnega olja s čim višjim indeksom viskoznosti je vzdrževanje

Izr. prof. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



© The Authors 2026. CC-BY 4.0

<https://doi.org/10.5545/Ventil-32-2026-3.27>



1

Manjši mobilni hidravlični bager moči 30 kW (slika je simbolična) [4]

priporočene kinematične viskoznosti v širokem temperaturnem območju med zimo in poletjem. To omogoča, da uporabljamo eno olje za celo leto in menjava (zima-poletje) ni potrebna.

Poznan je še en razlog za uporabo univerzalnih olj ali olj z visokim indeksom viskoznosti. Znotraj ozkega dopustnega območja kinematične viskoznosti je zagotovljena ustrezna debelina mazalnega filma, kjer so izgube moči minimalne. Vzdrževanje kinematične viskoznosti olja v tem ozkem optimalnem območju omogoča največjo produktivnost in najmanjšo porabo energije (goriva ali elektrike). Torej uporaba univerzalnih olj ali olj z visokim indeksom viskoznosti pomeni optimalno delovanje v širšem temperaturnem razponu. To je analogno uporabi avtomatskega napoljalca klinastega jermena, ki zagotavlja dober prenos energije in majhen zdrs.

Strižno stabilno univerzalno hidravlično olje je dražje od namenskega. Težko je neposredno določiti prihranek zaradi uporabe hidravličnega olja z višjim indeksom viskoznosti. Na primeru bomo skušali utemeljiti smiselnost uporabe hidravličnega olja z dodanimi izboljševalci indeksa viskoznosti. Pri mobilnem hidravličnem stroju (slika 1) moči 30 kW se uporablja univerzalno hidravlično olje z indeksom viskoznosti 142.

Po opisanem postopku je bilo primerjano delovanje stroja z višjem indeksom viskoznosti, tj. 200 [1]:

1. Na začetku testiranja so uporabili hidravlično olje z indeksom viskoznosti 142.
2. Namestili so nov zračni in naftni filter.
3. Pred začetkom testa so do vrha napolnili rezervoar z nafto.
4. Z žlico na hidravlični roki stroja so kopali normalno globino kanalov 7 ur.
5. Ponovno so napolnili rezervoar z nafto in izmerili, koliko nafte je stroj med delom porabil.
6. Izmerili so dolžino in globino izkopanega kanala v času 7 ur.
7. Z novim operaterjem stroja so ponovili točke od 3 do vključno 6.
8. Sledila je menjava hidravličnega filtra in olja z indeksom viskoznosti 200.
9. Sledilo je testiranje – kopanje jarka po postopku od 3 do vključno 7.

Rezultati opisanih testiranj so pokazali, da je hidravlično olje z višjim indeksom viskoznosti (IV 200) nudilo naslednje prednosti celotnemu hidravličnemu sistemu bagra [1]:

- ▶ 15,4 % prihranka goriva, kar pomeni 0,2 kubičnega metra izkopane zemlje več na 1 liter porabljenega goriva,
- ▶ za 14,3 % izboljšano produktivnost, kar pomeni 0,75 kubičnega metra na uro več izkopane zemlje.

Za določitev prihrankov lastnika stroja je bila izdelana preglednica, v kateri so bili upoštevani vsi pomembnejši variabilni stroški v času obratovanja 1000 delovnih ur, kar je obenem tudi priporočen čas menjave hidravličnega olja [1].

Upoštevane so bile naslednje predpostavke cen (cene veljajo za večje količine):

- ▶ celosezonsko hidravlično olje 1,5 EUR/liter,
- ▶ hidravlično olje z indeksom viskoznosti 200 3 EUR/liter,
- ▶ najem stroja in opreme 50 EUR/h,
- ▶ nafta 1,5 EUR/liter.

Z ekstrapolacijo rezultatov testa je bilo ugotovljeno, da stroj lahko z mineralnim oljem z nižjim indeksom viskoznosti (IV 146) izkoplje 18,2 km dolg jarek v 1000 delovnih urah. Enako dolžino in globino kanala lahko izkoplje z uporabo hidravličnega olja z indeksom viskoznosti 200 že v 874 delovnih urah. Torej lastnik v teh dodatnih 126 delovnih urah zasluži več zaradi uporabe hidravličnega olja z višjim indeksom viskoznosti. Na podlagi predstavljenega testiranja mobilnega stroja z novim oljem, ki ima višji indeks viskoznosti, je lastnik privarčeval 7.485,68 EUR na vsakih 1000 delovnih ur. Gre predvsem za prihranek zaradi manjše porabe goriva in večje produktivnosti stroja [1].

### 3 Sklepne misli

Na primeru manjšega hidravličnega bagra smo pokazali potencialne ekonomske prihranke pri uporabi hidravličnega olja z višjim indeksom viskoznosti (IV 200) namesto preprostega namenskega hidravličnega olja z nižjim indeksom viskoznosti (IV 142).

Olje z višjim indeksom viskoznosti zagotavlja, da je njegova kinematična viskoznost v dopustnem območju in zato ni potrebna sezonska menjava (letno/zimsko olje). Vsekakor je treba pred menjavo običajnega namenskega hidravličnega olja z oljem, ki ima višji indeks viskoznosti, pretehtati več vidikov: stroške v povezavi s prednostmi, obratovalni cikel posameznega stroja, njegovo temperaturno področje delovanja itd.

Če povzamemo, so univerzalna (multigradna) olja boljša izbira za spremenljive temperature, v kakršnih delujejo mobilni stroji. Namenska (monogradna) olja pa so boljša izbira za stabilne, konstantne obratovalne pogoje, v katerih delujejo industrijski sistemi.

### Monograde or Multigrade Hydraulic Oils?

#### Abstract:

In this article on the maintenance of hydraulic equipment, we will discuss the difference between monograde and multigrade hydraulic oils. Hydraulic oil differs from all other lubricants because it must primarily fulfil two main functions: energy transmission and lubrication. In addition, it must prevent foaming, release entrained air bubbles, be thermally, oxidatively, and hydrolytically stable, possess good anti-wear properties, provide good filterability and demulsibility, offer effective corrosion protection, maintain stable viscosity, and ensure an adequate thickness of the lubricating film. All of this is crucial for ensuring a long service life of hydraulic systems [1].

#### Keywords:

Mono and multigrade hydraulic oils, Energy transmission, Lubrication, Hydraulic system maintenance

### Viri in literatura

- [1] Casey, B.: Insider secrets to hydraulics, Brendan Casey, West Perth, 2002.
- [2] Pezdirnik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2011.
- [3] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [4] Bobcat, E40 Compact Excavator, vir: <https://www.bobcat.com/na/en/equipment/excavators/compact-excavators/e40>, zadnjič ogledano: 07. 04. 2026

# Industrijska olja in maziva



**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](mailto:order@olma.si), <http://www.olma.si>



## Dober oprijem, ko je to potrebno: elementi s povečano vpenjalno silo

Pri aplikacijah, ki zahtevajo pogosto pritrjevanje in ročno vijačenje, sta časovna učinkovitost in varna pritrditve ključnega pomena. Zato smo v podjetju Eles+Ganter naše preverjene matice s križnim ročajem in nastavljive vpenjalne ročice opremili s sistemom za povečanje vpenjalne sile. Vpenjalna površina s krogličnimi ležaji podvoji vpenjalno silo, obenem pa ščiti površino.

V industriji in obrti številne aplikacije zahtevajo, da se komponente in vpenjala večkrat premikajo vzdolž rež ali premeščajo preko navojnih izvrtin. Kadar sta varna pritrditve in hitra montaža ključnega pomena, so matice s križnim ročajem in nastavljive vpenjalne ročice podjetja Eles+Ganter s povečano vpenjalno silo idealna rešitev. Skupna lastnost vsem je utrjena, kroglično uležajena vpenjalna površina na podlagi. Medtem ko pri običajnih vijakih in maticah trenje pod glavo absorbira približno polovico navora, se v tem primeru navor prenese neposredno v navoj. To omogoča, da se velika vzdolžna vijačna sila ustvari izključno ročno in brez orodja, kar omogoča hitro in zanesljivo pritrjevanje komponent. Ker se vpenjalna površina ne vrti, na vpemem delu skoraj ni sledi, prask ali utorov.

Križni ročaj s povečano vpenjalno silo GN 6335.9 iz črne, na udarce odporne umetne mase zagotavlja ergonomski prenos sile z roke na spodaj ležeče jeklene dele z aksialnim ležajem in navojno pušo. Na voljo je v štirih premerih med 40 in 80 mm z navoji od M6 do M12.



Nastavljive vpenjalne ročice z ojačitvijo vpenjalne sile GN 300.4 so standardno na voljo z notranjim ali zunanjim navojem. Nazobčan rob na notranji strani uporabnikom omogoča izbiro najboljšega položaja za oprijem. Ročaji iz cinkove tlačne litine so kromirani ali plastificirani v petih barvnih različicah. Aksialni ležaj in ostali mehanizem pod njim sta izdelana iz nitriranega ali bruniranega jekla. Če je za aplikacijo potrebna zaščita pred korozijo, je primerna konstrukcijsko identična različica GN 300.7, pri kateri sta nastavitveni vijak in ležajna enota v celoti izdelana iz nerjavečega jekla.

### 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.at

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# LA&CO

Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



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

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



Z več kot 30-letnimi izkušnjami na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike vam zagotavljamo vrhunske in zanesljive rešitve, prilagojene vašim specifičnim potrebam. Naša tehnologija temelji na inovacijah, energetski učinkovitosti in trajnostnem pristopu, s katerim vam pomagamo optimizirati delovanje sistemov ter zmanjšati vpliv na okolje.

## HIWIN: rotacijske mize in momentni motorji za industrijsko avtomatizacijo

Rotacijske mize HIWIN predstavljajo visokozmogljivo rešitev za uporabo v industrijski avtomatizaciji, ki zahteva visoko natančnost, dinamičnost in zanesljivost. Zahvaljujoč tehnologiji neposrednega pogona (angl. direct drive) omogočajo izjemno natančne rotacijske premike, saj nimajo mehanske zračnosti in izgub, povezanih z zobniškimi prenosi.

V središču tehnologije HIWIN je neposredni pogon: motor je togo povezan z obremenitvijo brez uporabe reduktorjev, kar zagotavlja popolno odsotnost zračnosti, višjo energetsko učinkovitost in izjemno hiter dinamični odziv. Ta pristop omogoča hitro pospeševanje, natančen nadzor položaja in znatno zmanjšanje potreb po vzdrževanju.

Med glavnimi rešitvami v ponudbi HIWIN za avtomatizacijo izstopajo serije DMS, DMN in DMY, ki so posebej zasnovane za visoko dinamično zmogljivost, kompaktnost in enostavno integracijo v avtomatizirane sisteme.



Serija TRMW

Rotacijske mize serije DMS se odlikujejo po izjemno togi povezavi med motorjem in obremenitvijo ter po izredno togem križnem valjčnem ležaju, ki zagotavlja hitre pospeške in enakomerno gibanje mize. Te rešitve so namenjene zelo natančnim aplikacijam in dosegajo maksimalne momente do 450 Nm, ob tem pa ohranjajo visoko dinamiko in stabilnost. Na voljo so tudi z zaščito IP65 ter dodatnimi lastnostmi, kot so integrirana zavora in Hallovi senzorji, zaradi česar so primerne tudi za zahtevna industrijska okolja.

Votla gred predstavlja dodatno konstrukcijsko prednost, saj omogoča izredno funkcionalno rešitev za prehod kablov, teko-



Serija TRMW

čin ali mehanskih komponent. S tem se znatno olajša integracija v avtomatizirane linije in povečuje fleksibilnost zasnove.

Serija DMN ima kompaktno zasnovo z zunanjim rotorjem, kar jo naredi idealno za aplikacije, ki zahtevajo visoko zmogljivost in enostavno namestitvev. Zaradi nizkoprofilne konstrukcije in možnosti uporabe visokoločljivih inkrementalnih in absolutnih enkoderjev te rotacijske mize zagotavljajo visoko natančnost pozicioniranja tudi pri nižjih momentih – do približno 39,6 Nm, zato so še posebej primerne za elektroniko, inspekcijo in natančne aplikacije.

Rotacijske mize serije DMY so zasnovane za aplikacije, ki zahtevajo visoko dinamično zmogljivost in višje momente. Opremljene so z visoko ločljivim povratnozančnim krmiljenjem, ki omogoča gladko in natančno nadzorovano gibanje z momentih do 300 Nm. Prilagojena konstrukcija zunanjih rotirajočih delov omogoča tudi boljši nadzor inercije, zaradi česar so te rešitve idealne za premikanje težjih bremen in kompleksne industrijske aplikacije.

Za dopolnitev ponudbe na področju krmiljenja gibanja HIWIN ponuja tudi momentne motorje serije TM, zasnovane za visokonatančne aplikacije z neposrednim pogonom. Ti motorji omogočajo visoke momente in odlično dinamiko brez uporabe mehanskih prenosov, kar zagotavlja tiho in učinkovito delovanje skoraj brez potrebe po vzdrževanju.

Z vidika uporabe se rotacijske mize in momentni motorji HIWIN uporabljajo v številnih industrijskih panogah: avtomatizirane montažne linije, pick & place sistemi, robotika, obdelovalni stroji, optična inspekcija in laserska obdelava. Kombinacija visoke natančnosti pozicioniranja (do nekaj kotnih sekund), odlične ponovljivosti in hitrega odziva znatno izboljšuje produktivnost in kakovost procesov.

Zaradi popolne integracije mehanskih komponent, motorjev in krmilnih sistemov se HIWIN pozicionira kot celovit tehnološki partner za industrijsko avtomatizacijo, ki ponuja rešitve za najzahtevnejše potrebe na področju zmogljivosti, zanesljivosti in učinkovitosti.

### Vir:

HIWIN s.r.l. Via Pitagora, 4, 20861 Brugherio MB, Italy, Tel: 00386 31 365 717, [www.hiwin.si](http://www.hiwin.si), [simon.sinkovec@hiwin.si](mailto:simon.sinkovec@hiwin.si)

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

## INOTEH: miniaturna kroglična vretena THOMSON LINEAR – visoka nosilnost v kompaktni izvedbi

Eden ključnih izzivov za razvojne inženirje pri proizvajalcih originalne opreme (OEM) je načrtovanje vse bolj kompaktnih naprav, ki hkrati omogočajo prenos višjih obremenitev ter zagotavljajo gladko in natančno linearno gibanje brez zmanjšanja funkcionalnosti ali zmogljivosti stroja.

Miniaturna precizna kroglična vretena THOMSON LINEAR, zasnovana in proizvedena v Nemčiji, predstavljajo vrhunsko rešitev za aplikacije z omejenim prostorom. Odlikuje jih najvišja nosilnost v svojem razredu, ki je dosežena z edinstveno večzavojsko (multi-start) zasnovo povratnega toka kroglic. Takšna konstrukcija omogoča enakomerno porazdelitev sil vzdolž vretena ter hkrati zagotavlja izjemno natančno, gladko in tiho delovanje.

Ključne tehnične lastnosti:

- ▶ premeri vreten od 8 do 12 mm ter dolžine do 3.000 mm;
- ▶ kroglične matice z različnimi načini pritrditve: prirobnič-



Miniaturna kroglična vretena THOMSON LINEAR

- ne, cilindrične ali z navojem;
- ▶ edinstven večlinijski (multi-start) sistem povratka kroglic v matici omogoča enakomernjšo porazdelitev obremenitev, bolj gladko delovanje ter večjo nosilnost;
- ▶ na voljo različne zaščitne prevleke, razredi natančnosti hoda ter možnosti prednapetja.

Miniaturna kroglična vretena THOMSON LINEAR so zato idealna izbira za aplikacije, pri katerih so ključne visoka gostota moči, natančnost gibanja ter zanesljivo delovanje v omejenem vgradnem prostoru.

### Vir:

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



## 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.inoteh.si](http://www.inoteh.si)

Inoteh d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

## S8AS2 napajalnik

Napredni napajalnik S8AS2, zasnovan za zanesljivo delovanje, zagotavlja zanesljivo napajanje, napredno zaščito in brezhibno povezljivost v kompaktni, vse-v-enem zasnovi – poenostavi vaš koncept in maksimira učinkovitost.

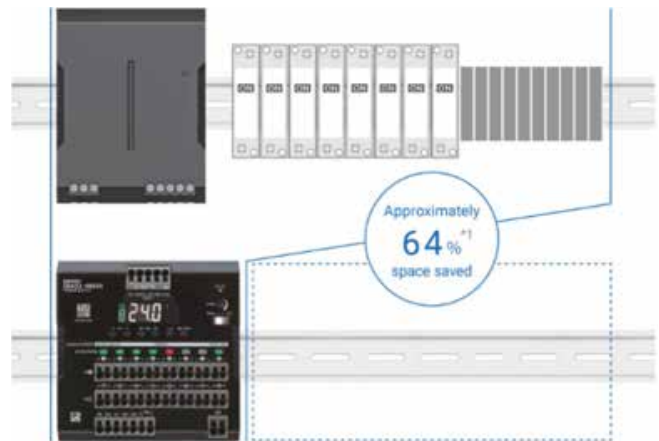


Napajalnik S8AS

### Napajalnik S8AS

- ▶ Enota vse v enem: Napajalnik + elektronski odklopnik + terminalni blok.
- ▶ Zanesljiva zaščita: Kratkostična zaščita in prenapetost, kar ohranja normalno delovanje naprav.
- ▶ ON/OFF krmiljenje zaščitnih vezij: Dostopno preko izbirnega stikala.
- ▶ Digitalni zaslon: Omogoča nadzorovanje izhodne napetosti, toka, temperature in predvidenega časa menjave.
- ▶ UL razred 2 skladen z izhodnimi standardi: Izboljšanje varnosti in skladnosti z UL za povezane naprave in ožičenje.
- ▶ Kompaktna zasnova: Prihrani prostor in poenostavi postavitve nadzorne plošče.
- ▶ Učinkoviti procesi: Lažje načrtovanje, poenostavljena nabava, ožičenje in vzdrževanje.
- ▶ Potrjeno v avtomobilski industriji: Trpežna in zaupanja vredna naprava v zahtevnih okoljih.

Poenostavljena zasnova prikazuje kompaktno industrijsko rešitev za montažo in ožičenje s ciljem zmanjšanje prostora v



64% prihranek prostora

omari ter hitrejša in enostavnejša povezava komponent. V primerjavi s klasično izvedbo omogoča manjše število elementov, bolj pregledno razporeditev ter približno 64 % prihranek prostora, kar optimizira namestitve in vzdrževanje sistema.

Priključni blok Push-in Plus omogoča bistveno hitrejšo in enostavnejšo ožičenje v primerjavi z vijaknimi terminali, saj se priključitev izvede v enem koraku. V primerjavi s klasično rešitvijo zmanjša obseg potrebnega dela pri ožičenju za približno 60 %, hkrati pa poenostavi montažo in izboljša preglednost povezav. S8AS2 omogoča enostavno spremljanje in preverjanje delovanja posameznih vej neposredno preko vgrajenega zaslona. Brez uporabe dodatnih merilnih instrumentov lahko uporabnik spremlja napetost, tok in največje obremenitve ter hitro preveri stanje posameznih izhodov. Dvobarvni LED-indikatorji jasno prikazujejo normalno delovanje ali morebitne napake, kar poenostavi diagnostiko, vzdrževanje in nadzor sistema.

S8AS2 podaljšuje življenjsko dobo sistema z neprekinjenim spremljanjem stanja in prikazom preostale življenjske dobe komponent neposredno na zaslonu. Uporabnik lahko brez dodatnih meritev hitro preveri, kdaj se približuje čas za zamenjavo, kar zmanjšuje potrebo po rednih pregledih in olajša načrtovanje vzdrževanja. Poleg tega elektronska zaščita omogoča hitro odkrivanje napak in enostavno preverjanje stanja posameznih vej, kar prispeva k večji zanesljivosti in h krajšim časom servisnih posegov.

### Vir:

MIEL d.o.o., Industrijska Avtomatizacija OMRON, Ulica svežih idej 4A, 3320 Velenje,  
t: +386 3 77 77 000 /006, e: info@miel.si, s: www.miel.si

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



Zmanjšano ožičenje



## Linija izdelkov Soft Touch: maksimalno udobje, varen oprijem in vrhunsko oblikovanje

Elesa+Ganter predstavlja linijo izdelkov Soft-Touch, ki vključuje standardne dele, kot so zvezdasti, narebričeni ali gobasti ročaji ter vrtljivi gumbi. Izdelki so namenjeni uporabi na strojih in sistemih in zasnovani tako, da zagotavljajo enostavno uporabo, varen oprijem in izboljšano ergonomijo.

Standardne dele linije izdelkov Soft-Touch prepoznamo predvsem po posebni površini iz mehke elastomerne prevleke (TPE). Takšna površina zagotavlja varen oprijem tudi v neugodnih razmerah, kot so vlaga, mast ter povišana temperatura. Ergonomična oblika in mehka površina povečata udobje pri uporabi in prispevata k blaženju vibracij, s čimer zmanjšata utrujenost rok med ponavljajočimi se ali natančnimi opravili.

Zaradi navedenih lastnosti so standardni deli linije izdelkov Soft-Touch primerni za aplikacije, pri katerih je potrebna neprekinjena interakcija med človekom in strojem, kar zahteva natančen nadzor, občutljivost na dotik in zanesljivost delovanja.

V medicini in pri preciznih instrumentih ročaji Soft-Touch omogočajo zelo natančne nastavitve, izboljššan nadzor in



zmanjšujejo obremenitev rok tudi pri dolgotrajni uporabi.

+V fitness sektorju, rehabilitacijski opremi ter uporabnikom z invalidnostjo mehka prevleka zagotavlja stabilen in udoben oprijem tudi pri potenju, s čimer prispeva k večji varnosti in boljši uporabniški ergonomiji.

Pri strojih za transport materiala in vrtni opremi, ki se pogosto uporabljajo v zahtevnih okoljih, površina TPE zagotavlja visoko raven varnosti uporabnika tudi pri umazaniji, vlagi ali temperaturnih nihanjih.

Eden izmed najpomembnejših standardnih delov v liniji izdelkov Soft-Touch je ročaj M.343-SOFT. Izdelek je prejel nagrado German Design Award 2026, mednarodno priznanje za inovacije in kakovost industrijskega oblikovanja. Ročaj je izdelan iz črnega termoplasta (polipropilen, PP) z matirano površino, trdoto 70 Shore A in mehкими TPE-vložki, ki so na voljo v oranžni, rdeči, zeleni in sivi barvi (vsi v mat izvedbi). Ročaj ponuja optimalno ravnovesje med udobjem, vzdržljivostjo in varnostjo.

Več informacij o standardnih delih podjetja Elesa+Ganter najdete na naši spletni strani: [elesa-ganter.si](http://elesa-ganter.si).

### Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH,  
Franz Schubert-Straße 7, AT-  
2345 Brunn am Gebirge, tel.: +43  
2236 379 900 23, faks: +43 2236  
379 900 20, e-pošta: [j.plesnik@elesa-ganter.at](mailto:j.plesnik@elesa-ganter.at),  
GSM: 386 41 362 859, internet: [www.elesa-ganter.at](http://www.elesa-ganter.at)

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Rešitev za morsko okolje: SUPER termoplast

Nivelirne noge, ki zagotavljajo odpornost proti koroziji, vzdržljivost in manj vzdrževanja pri zunanji uporabi.

Ker zunanje instalacije in sistemi v bližini obale postajajo vse pogostejši, je odpornost proti koroziji v industrijskem oblikovanju vse pomembnejša. Če so komponente nenehno izpostavljene vlagi, slanemu zraku in ostrim vremenskim razmeram, je to lahko izziv tudi za najkakovostnejše materiale. To močno vpliva na strukturno celovitost, življenjsko dobo, zahteve glede vzdrževanja in videz izdelka.

Podjetje Eles+Ganter je razvilo posebne produktne rešitve za ta morska okolja: z gibne noge, v celoti izdelane iz SUPER termoplasta. Material je bil razvit za zanesljivo delovanje tudi v najzahtevnejših pogojih.

SUPER termoplast, ojačan s steklenimi in aramidnimi vlakni, združuje izjemno mehansko in kemično odpornost s popolno odpornostjo proti koroziji in dolgo življenjsko dobo. Zaradi teh lastnosti je še posebej zanimiv za obalne in morske uporabe, kjer zahtevni okoljski pogoji pospešujejo obrabo materiala in s tem povečujejo pogostost vzdrževanja in zamenjav.

## Učinkovitost in stroškovne prednosti

Zaradi nizke mase, odpornosti proti koroziji, gladke, neporozne površine in enostavnega čiščenja standardni deli iz SUPER termoplasta prispevajo k izboljšani učinkovitosti in manj vzdrževanja skozi celotno življenjsko dobo. Na funkcionalnost ne



vplivajo niti močna temperaturna nihanja. Vse mehanske lastnosti se ohranijo tudi pri visokih temperaturah. Proizvodnja standardnih delov iz SUPER termoplasta zahteva manj energije, kar zmanjšuje vpliv na okolje. Vse to brez kompromisov glede zmogljivosti, zanesljivosti ali oblikovanja. To pomeni dolgo življenjsko dobo za podjetja, hkrati pa optimizira stroške.

S to inovacijo Eles+Ganter krepi svojo vlogo zanesljivega partnerja za načrtovanje in proizvodnjo na področju standardnih delov za strojništvo in strojno tehniko. Okolje postaja vedno bolj zahtevno, zato je treba odločitve o materialih sprejemati že zgodaj v razvoju izdelka.

## Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, tel.: +43 2236 379 900 23, faks: +43 2236 379 900 20, e-pošta: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: [www.elesa-ganter.at](http://www.elesa-ganter.at)

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Študentska tehniška konferenca

Na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Ljubljani bo dne 10. 09. 2026 ob 9. uri organizirana Študentska tehniška konferenca »ŠTe-Kam«, na kateri bodo študentje prve in druge stopnje ter mladi raziskovalci tehnike in drugih študijskih smeri ter dijaki zaključnih letnikov predstavili rezultate svojega raziskovalnega dela.

Gre za že tradicionalno, dvanajsto študentsko tehniško konferenco. V lanskem letu je bilo predstavljenih in v zborniku izdanih 42 prispevkov, ki so pokrivali od tehničnih do ne tehničnih področij, tako slovenskih kot tujih fakultet. Med udeleženci so bili dijaki in študenti iz Gimnazije Bežigrad, Gimnazije Jesenice ter s trinajstih fakultet Univerze v Ljubljani in Univerze v Mariboru. Med njimi so Fakulteta za strojništvo (UL in UM), Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (UM), Fakulteta za elektrotehniko (UL), Fakulteta za računalništvo in informatiko (UL), Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL), Fakulteta za matematiko in

fiziko (UL), Biotehniška fakulteta (UL), Medicinska fakulteta (UL), Pedagoška fakulteta (UL), Filozofska fakulteta (UL) ter Ekonomska fakulteta (UL). Mednarodno dimenzijo dogodku sta dodali Tehniška univerza v Münchnu in Institut "Jožef Stefan". Tematike prispevkov so bile zelo raznolike, kar je dalo konferenci poseben pridih, saj so študentje in raziskovalci videli možnosti interdisciplinarnega povezovanja različnih tem in področij med seboj.

Tudi v letu 2026, bodo vsi sprejeti prispevki objavljeni v zborniku, ki bo zaveden v COBISS-u.

Posebej bo nagrajena tudi najboljša predstavitev na konferenci. Več informacij najdete na spletni strani: <https://www.fs.uni-lj.si/studij/raziskovalna-dejavnost-studentov/studentaska-tehniska-konferenca-stekam/>

## Organizacijski odbor:

doc. dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž. str.  
Izr. prof.dr. Miha Brojan, univ. dipl. inž. str.  
as. dr. Boštjan Drobnič, univ. dipl. inž. str.

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# HMS Networks napoveduje prihod Ixxat CAN@net Basic – cenovno učinkovitega CAN-FD-v-Ethernet prehoda za razširitev industrijskega omrežja

HMS Networks predstavlja novo napravo Ixxat CAN@net Basic, poenostavljen prehod CAN-FD-v-Ethernet, zasnovan za enostavno, razširljivo in cenovno učinkovito povezljivost v proizvodnji in avtomobilski industriji.

Sodobne aplikacije vse pogosteje zahtevajo zanesljivo komunikacijo med porazdeljenimi CAN-omrežji in ostalimi sistemi, ki temeljijo na Ethernetu. Inženirji se pogosto soočajo s kompromisi med zmogljivostjo, latenco in stroški sistema. Obstoječe rešitve so pogosto kompleksne ali pa ne zadostujejo dejanskim zahtevam CAN FD. CAN@net Basic se osredotoča na bistveno: učinkovito izmenjavo podatkov, nizko latenco in dostopno ceno.

## Reševanje inženirskega izziva I: Ravnotežje med zakasnitvijo in nihanjem zakasnitve (angl. latency and jitter)

Pri mnogih sistemih CAN-v-Ethernet pošiljanje Ethernet okvirjev za vsako CAN-sporočilo povzroča veliko prekinitev, kar vodi v visoko nihanje zakasnitve (angl. jitter) in nestabilno delovanje sistema. Združevanje podatkov sicer zmanjša nihanje zakasnitve (angl. jitter), vendar poveča zakasnitev. CAN@net Basic uporablja UDP/IP-komunikacijo, ki bistveno zmanjša režijo komunikacijskega protokola in obremenitev procesorja zaradi prekinitev ter tako omogoča optimalno ravnotežje med njima.

## Reševanje inženirskega izziva II: Razširljivost porazdeljenih sistemov

Pri aplikacijah z več napravami fizične omejitve CAN-omrežja hitro postanejo ozko grlo. CAN@net Basic omogoča razširitev omrežja preko Etherneta in odpravlja omejitve klasične CAN-topologije.

## Reševanje inženirskega izziva III: Stroškovno učinkovita zasnova

CAN@net Basic je stroškovno optimizirana rešitev, ki zagota-



Ixxat CAN@net Basic

vlja ključne funkcionalnosti po konkurenčni ceni 270 €, ob tem pa izpolnjuje zahteve industrijskih standardov.

## Ključne tehnične lastnosti:

- ▶ en kanal CAN CC/CAN FD,
- ▶ hitrosti CAN do 8 Mbit/s,
- ▶ en Ethernet kanal (RJ45),
- ▶ način ASCII,
- ▶ UDP/IP preko Etherneta,
- ▶ USB tip C, USB 2.0 visokohitrostni (480 Mbit/s),
- ▶ odstranljivi konektorji,
- ▶ galvanska izolacija,
- ▶ delovna temperatura -25 °C do +85 °C,
- ▶ IP20,
- ▶ DIN-ohišje.

## Vir:

[www.hms-networks.com/ixxat](http://www.hms-networks.com/ixxat)

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Nova produktna linija linearnih tirnih vodil proizvajalca AirTAC

V ponudbi podjetja INOTEH je odslej na voljo nova produktna linija podjetja AirTAC, namenjena sistemom za linearno gibanje. AirTAC kot globalno uveljavljen proizvajalec industrijskih komponent z novo generacijo izdelkov širi svojo ponudbo na področju linearne tehnike ter poudarja tehnično zanesljive in kakovostno zasnovane rešitve.

Podjetje INOTEH kot pooblaščen distributer novo produktno linijo vključuje v svojo ponudbo ter uporabnikom zagotavlja tehnično podporo in zanesljivo dobavo.



Tirna vodila serije LSH proizvajalca AirTAC

## AirTAC linearni sistemi – ključne prednosti

### Kakovost

Linearni sistemi AirTAC so zasnovani in izdelani v skladu z najvišjimi industrijskimi standardi, kar zagotavlja visoko stopnjo zanesljivosti ter dolgo življenjsko dobo tudi v zahtevnih obratovalnih pogojih.

### Stroškovna učinkovitost

Odlično razmerje med kakovostjo, zmogljivostjo in ceno omogoča optimalno uporabo linearnih vodil AirTAC v širokem spektru industrijskih aplikacij.

### Kompatibilnost

Linearna tirna vodila AirTAC so popolnoma zamenljiva (interchangeable) z večino uveljavljenih konkurenčnih rešitev na trgu, kar omogoča enostavno integracijo v obstoječe sisteme.

### Dobavljivost

Izdelki so na voljo v le nekaj delovnih dnevih, kar omogoča hitro dobavo.

### Prilagodljivost

AirTAC omogoča razrez in prilagoditev linearnih vodil glede na

specifične zahteve kupca, kar omogoča optimalno implementacijo v najrazličnejše aplikacije.

## Produktni program AirTAC linearnih vodil

### LSH – standardno linearno vodilo

Standardna izvedba linearnega vodila z enakomerno nosilnostjo v vseh smereh obremenitve.

Na voljo v velikostih od 15 do 45.

### LSD – nizkoprofilno linearno vodilo

Kompaktna izvedba z nizkim profilom, primerna za aplikacije z omejenim vgradnim prostorom.

Nosilnost je enaka v vseh smereh. Na voljo v velikostih od 15 do 35.

### LRM – miniaturno linearno vodilo

Izvedba za natančne aplikacije z omejenim vgradnim prostorom, kjer so ključne kompaktnost, nizka masa in visoka preciznost. Na voljo v velikostih od 5 do 15.

### LGC – križno valjčno vodilo (Crossed Roller Way)

Visoko natančen linearni sistem z valjčnimi elementi za aplikacije, kjer se zahtevajo visoka togost, natančnost in gladko gibanje. Na voljo z valjčki premera od 1,5 do 6 mm ter s hodi v območju od 50 do 600 mm.



Tirna vodila serije LSD proizvajalca AirTAC

## Zaključek

Nova linija linearnih vodil AirTAC predstavlja tehnično dovršeno rešitev za sodobne industrijske aplikacije, kjer so ključni dejavniki zanesljivo delovanje, natančnost in stroškovna učinkovitost.

S podporo podjetja INOTEH, ki zagotavlja tehnično podporo, prilagoditve izdelkov in zanesljivo dobavo, so linearna vodila AirTAC optimalna izbira za integratorje, vzdrževalce in razvojne inženirje.

### Vir:

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# PIAB: UBIROS – električna mehka prijemala nove generacije za občutljive izdelke

Podjetje PIAB kot naš ekskluzivni distribucijski partner predstavlja električna mehka prijemala UBIROS, namenjena sodobnim avtomatiziranim proizvodnim in pakirnim procesom. Prijemala so zasnovana za nežno, zanesljivo in hitro rokovanje z občutljivimi izdelki različnih oblik, velikosti in mas.

Električna mehka prijemala serije Gentle delujejo na popolnoma električen pogon, kar omogoča visoko hitrost delovanja ter prilagodljivo konfiguracijo prijemanja. S pomočjo integriranega vmesnika WIFI lahko enostavno nastavljamo odpiralne in zapiralne razdalje prijemala ter druge parametre rokovanja.

## Gentle DUO – dvoprstno mehko prijemalo

Model Gentle DUO zagotavlja optimalno ravnovesje med prilagodljivostjo in zanesljivostjo prijema pri rokovanju z občutljivimi izdelki. Zaradi kompaktne zasnove in hitrega odziva je primeren za uporabo v prehranski, farmacevtski in embalažni industriji.

Ključne prednosti:

- ▶ popolnoma električen pogon brez pnevmatike,
- ▶ izredno hitro delovanje (odpiranje in zapiranje prijematnih prstov),
- ▶ pralna izvedba za uporabo v zahtevnih proizvodnih okoljih,
- ▶ majhna masa in kompaktna konstrukcija,
- ▶ možnost aktivnega nadzora sile prijema,
- ▶ zaznavanje prisotnosti izdelka oziroma potrditev uspešnega prijema.

## Gentle PRO – štiriprstno mehko prijemalo

Model Gentle PRO je zasnovan za rokovanje z večjimi in bolj voluminoznimi izdelki. Štiriprstna zasnova omogoča sferični oprijem, ki povečuje stabilnost in varnost manipulacije tudi pri zahtevnejših aplikacijah.



Električno prijemalo Ubiros

Napredne funkcije touch izvedbe:

- ▶ natančen nadzor sile prijema,
- ▶ potrditev pravilnega prijema oziroma zaznavanje prisotnosti izdelka.

## Gentle FLEX – modularni sistem mehkih prijemat

Gentle FLEX predstavlja modularni sistem, ki uporabnikom omogoča razvoj lastnih konfiguracij prijemat glede na specifične zahteve proizvodne linije. Posamezne prstne module je mogoče namestiti na nosilno ploščo v različnih postavitvah, komunikacija pa poteka preko centralne krmilne enote Flex CC, ki podpira do osem modulov.

Električna mehka prijemala UBIROS predstavljajo sodobno rešitev za avtomatizacijo procesov, kjer sta ključnega pomena nežno rokovanje in visoka zanesljivost delovanja. Zaradi modularnosti, kompaktne zasnove in naprednih funkcij so primerna za širok spekter industrijskih aplikacij.

### Vir:

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

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



# Parker ventili DFplus® D-verzija za napredne zaprtazančne aplikacije

Parker je svojo družino ventilov DFplus® Gen IV razširil z novo D-verzijo, namenjeno zahtevnim aplikacijam v fluidni tehniki. Nova različica temelji na direktno krmiljeni platformi DFplus in uvaja pomembno funkcionalno nadgradnjo: dodatno parametrizirano regulacijsko zanko, ki omogoča zaprtazančno regulacijo tlaka ali položaja glede na zahteve uporabnika.

Bistvena prednost nove serije je možnost neposredne priključitve analognih tlačnih ali pomičnih senzorjev na elektroniko ventila. Ventil pri tem zagotavlja tudi napajanje senzorjev, kar poenostavi celotno zasnovo sistema.

Ventili DFplus® D-verzije ohranjajo lastnosti, po katerih je platforma DFplus že uveljavljena:

- ▶ visoko dinamično delovanje,
- ▶ natančno regulacijo,
- ▶ zanesljivo delovanje v zahtevnih industrijskih okoljih.

Nova D-verzija dodatno vključuje:

- ▶ vmesnik za visokoločljivostni signal senzorjev,
- ▶ možnost izbire vrste analognega referenčnega signala,
- ▶ podporo za komunikacijski vmesnik IO-Link Class A,
- ▶ različico komunikacijskega vmesnika IO-Link Class B z možnostjo preklopljivega krmilnika.

Konfiguracija sistema poteka prek programske opreme Parker ProPXD ali prek povezave IO-Link, kar omogoča hitro in prilagodljivo nastavitve glede na zahteve aplikacije.

Nova izvedba je posebej primerna za aplikacije, pri kateri so odločilni hitrost, natančnost in prilagodljivost regulacije, kot na primer:



Parker ventili DFplus® D-verzija

- ▶ natančna regulacija tlaka v strojih za proizvodnjo papirja,
- ▶ hitra regulacija in razbremenitev tlaka v visokohitrostnih stiskalnicah,
- ▶ regulacija pretoka pri črpalkah hidravličnih sistemov.

Zaradi kompaktnejše zasnove in neposrednega priklopa senzorjev predstavlja D-verzija učinkovito rešitev za proizvajalce strojev in uporabnike, ki želijo povečati zmogljivost hidravličnih sistemov ob hkratni poenostavitvi sistema.

D-verzija je na voljo za velikosti:

- ▶ D1FP – NG6 (CETOP 03, direktno krmiljeni ventil),
- ▶ D3FP – NG10 (CETOP 05, direktno krmiljeni ventil),
- ▶ D30FP – NG10 (CETOP 05, pilotno krmiljeni ventil).

Z novo DFplus® Gen IV D-verzijo Parker nadaljuje razvoj inteligentnih in prilagodljivih rešitev za sodobne hidravlične sisteme. Dodatna regulacijska zanka, neposreden priklop senzorjev in podpora sodobnim komunikacijskim vmesnikom prinašajo uporabnikom več funkcionalnosti, manj kompleksnosti in boljše ekonomsko učinkovitost.

## Vir:

Parker Hannifin Sales CEE s.r.o., Češka Republika - Podružnica Novo mesto, e-mail: [parker.slovenia@parker.com](mailto:parker.slovenia@parker.com), spletna stran: [www.parker.com](http://www.parker.com), g. Miha Šteger

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

**LABORATORIJ  
ZA FLUIDNO TEHNIKO**

Raziskave • Testiranje • Prototipiranje

Numerične  
simulacije

Eksperimentalno  
testiranje

Izdelava  
prototipov

📍 Naslov: Aškerčeva ulica 6, 1000 Ljubljana, Slovenija  
 📞 Telefon: +386 1 4771 411  
 ✉ E-pošta: [franc.majdic@fs.uni-lj.si](mailto:franc.majdic@fs.uni-lj.si)

OD SIMULACIJE DO PROTOTIPA

# Generator nasičene pare SAMSON tip 7110 – zanesljiva pretvorba pregrete pare v nasičeno paro

V številnih industrijskih procesih je natančen nadzor temperature pare ključen. Kadar se mora pregreta para ohladiti na temperaturo nasičene pare, je potrebna rešitev, ki zagotavlja natančen nadzor temperature, tlaka in masnega pretoka.



Generator nasičene pare SAMSON tip 7110

Generator nasičene pare SAMSON tip 7110 združuje kompaktno zasnovano z učinkovito tehnologijo, ki omogoča stabilno in natančno generiranje nasičene pare iz pregrete pare ter predstavlja cenovno ugodnejšo alternativo v primerjavi s klasičnimi rešitvami.

## Zakaj je natančen nadzor nasičene pare pomemben?

V industrijskih aplikacijah lahko odstopanja temperature ali tlaka povzročijo:

- ▶ pregrevanje komponent,
- ▶ nadtlak,
- ▶ pojav parnega udara (steam hammer),
- ▶ poškodbe izdelkov zaradi previsokih temperatur.

Zato je ključno, da sistem deluje stabilno tudi ob:

- ▶ zelo nizkih masnih pretokih,
- ▶ hitrih in velikih spremembah obremenitve,
- ▶ nihanjih na vstopu pregrete pare.

## Tehnična zasnova sistema

Osrednji del sistema predstavlja posebej zasnovana posoda v izvedbi vodne kopeli (water bath cooler design).

Ključne komponente vključujejo:

- ▶ posodo z vodno kopeljo,
- ▶ merjenje nivoja,
- ▶ ventile za regulacijo nivoja,

- ▶ ventile za regulacijo nasičene pare.

Sistem omogoča:

- ▶ natančno regulacijo masnega pretoka nasičene pare od 0 do 100 % obremenitve,
- ▶ zanesljivo in natančno izhodno paro tudi pri zelo nizkem masnem pretoku,
- ▶ stabilen tlak in temperaturo tudi pri zelo hitrih in velikih spremembah obremenitve,
- ▶ takojšnjo kompenzacijo nihanj na vstopu pregrete pare.

## Stabilno delovanje v različnih obratovalnih pogojih

Sistem zagotavlja stabilen tlak in temperaturo nasičene pare tudi pri visokih in hitrih spremembah obremenitve. Nihanja na vstopu pregrete pare se kompenzirajo znotraj sistema.

## Industrije, kjer je rešitev že uveljavljena

Model 7110 uporabljajo industrije, kjer so natančnost, varnost in stabilnost ključnega pomena:

- ▶ tekstilna industrija,
- ▶ živilska industrija,
- ▶ kemična industrija,
- ▶ farmacevtska industrija,
- ▶ upravljanje odpadnih voda,
- ▶ zajemanje ogljika.

V vseh teh panogah je kontrola nasičene pare neposredno povezana z učinkovitostjo procesa in zaščito opreme.

Generator nasičene pare SAMSON tip 7110 je rešitev za zanesljivo generiranje nasičene pare v industrijskih procesih.



Ogledate si lahko tudi predstavitveni video, ki podrobneje prikazuje delovanje sistema in njegove prednosti v praksi. [<https://www.youtube.com/watch?v=vRUB29RxI4U>].

**Primož Živkovič, GIA-S, d. o. o., Grosuplje**

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

# Inteligentna osvetlitev procesov: Napredne rešitve z LED-svetilko Lumistar

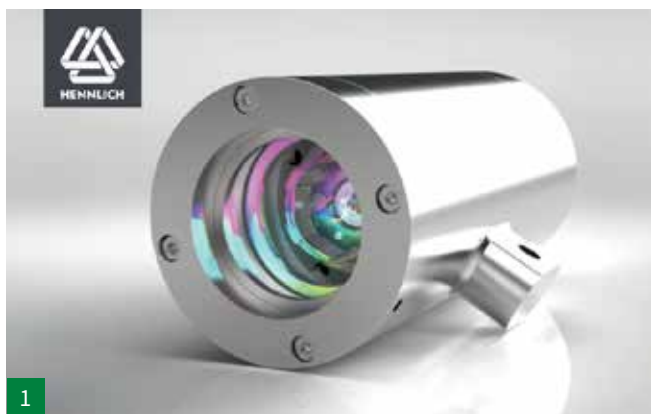
Franc Perko

V industrijskih procesih, kjer je vizualni nadzor ključen, ima ustrezna osvetlitev odločilno vlogo pri zagotavljanju kakovosti, varnosti in učinkovitosti. Svetilka Lumistar ESL 55RGBw predstavlja sodobno rešitev, ki združuje napredno LED-tehnologijo, prilagodljivo barvno osvetlitev in robustno industrijsko zasnovo. Spoznajte njene tehnične značilnosti, prednosti ter možnosti uporabe v različnih industrijskih panogah.

Z razvojem industrijskih procesov se povečujejo zahteve po natančnem nadzoru in vizualizaciji procesnih parametrov zaprtih sistemov, kot so reaktorji, rezervoarji ali cevovodi. Klasične svetlobne rešitve pogosto ne omogočajo zadostne prilagodljivosti ali pa negativno vplivajo na proces (npr. s segrevanjem). Sodobne LED-svetilke predstavljajo pomemben tehnološki napredek, saj omogočajo prilagodljivo, energetske učinkovito in varno osvetlitev.

## Tehnološko ozadje: RGBw kot osnova prilagodljive osvetlitve

Glavna prednost svetilke ESL 55RGBw je uporaba barvnega modela RGBw (rdeča, zelena, modra in bela). S kombiniranjem osnovnih barv je mogoče ustvariti širok spekter svetlobnih odtenkov, ki omogočajo optimalno vizualno spremljanje procesov. Dodatek ločene bele LED zagotavlja čisto in natančno osvetlitev, kar je ključno pri procesih, kjer so barvne razlike indikator kakovosti ali stanja opazovanega medija.



1 Svetilka Lumistar ESL 55RGBw predstavlja sodobno rešitev, ki združuje napredno LED-tehnologijo, prilagodljivo barvno osvetlitev in robustno industrijsko zasnovo.

Franc Perko, Hennlich, d. o. o., Kranj, perko@hennlich.si

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

## Uporabna vrednost v industriji

Svetilka je zasnovana za uporabo v kemični, farmacevtski in prehrabni industriji. Namenjena je osvetljevanju notranjosti zaprtih sistemov, kot so rezervoarji, kotli, mešalniki, bioreaktorji in cevovodi. Ciljno usmerjena svetloba omogoča natančno spremljanje in nadzor procesov ter produktov.

## Konstrukcija in tehnične značilnosti

Svetilka je izdelana iz nerjavnega jekla in borosilikatnega stekla, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo. Med ključnimi



2 Osvetljevanje notranjosti zaprtih sistemov, kot so rezervoarji, kotli, mešalniki, bioreaktorji in cevovodi.

lastnostmi so moč do 7 W, možnost napajanja preko PoE ali 24 V, stopnja zaščite IP65/IP67 ter delovanje v temperaturnem območju od -20 °C do +50 °C. Pomembna prednost je tudi t. i. hladna svetloba, ki ne vpliva na procese.

### Prilagodljivost in načini upravljanja

Svetilka omogoča upravljanje preko PoE ali z uporabo DIP-stikal, kar zagotavlja fleksibilno uporabo v različnih sistemih.

### Prednosti za uporabnika

Glavne prednosti vključujejo izboljšano vidljivost spremljanih procesov, večjo varnost, dolgo življenjsko dobo, energetska učinkovitost ter enostavno montažo in vzdrževanje.

Lumistar ESL 55RGBw torej predstavlja napredno rešitev na področju osvetlitve industrijskih procesov. S prilagodljivo barvno osvetlitvijo omogoča izboljšan nadzor procesov in s tem prispeva k večji učinkovitosti ter kakovosti proizvodnje.

Za več informacij in svetovanje smo vam na voljo v podjetju HENNLICH, d. o. o.



## E-VERIGE IN KABLI IGUS

- » Največja izbira energijskih verig na enem mestu.
- » Fleksibilni in torzijsko odporni kabli.
- » Zaščita kablov na robotih.
- » Do 48 mesecev garancije.
- » Program "change" - recikliraj svojo staro verigo.



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

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 04 532 06 03



# 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](mailto:info@irt3000.si)
💻 [www.irt3000.si/narocilo-revije](http://www.irt3000.si/narocilo-revije)

WWW.IRT3000.COM

# FHV7-AI – kamera za strojni vid z umetno inteligenco

Omronova kamera za strojni vid FHV7-AI je zasnovana za poenostavitev in izboljšanje avtomatiziranih procesov vizualne kontrole izdelkov in procesov. S kombiniranjem naprednih zmogljivosti umetne inteligence ter sistemom osvetlitve All-In-One in leč FHV7-AI odpravlja potrebo po specializiranem znanju pri postavitvi kompleksnih sistemov strojnega vida.



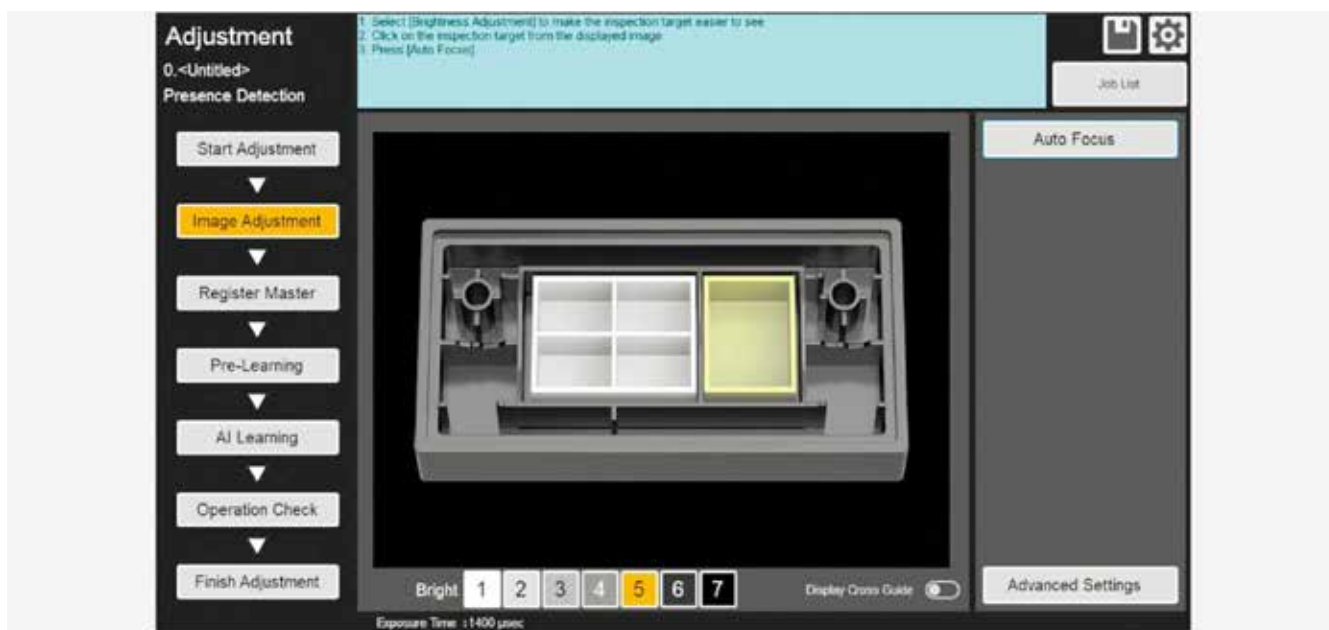
Kamera AI za strojni vid FHV7-AI

Kamera samodejno nastavlja kompleksne parametre in odločitvene pragove na podlagi preprostih vnosov uporabnika, kar omogoča hitro vzpostavitev stabilnih procesov kontrole.

- ▶ **Samostojno učenje:** samodejno učenje ter optimizacija nastavitvev.
- ▶ **Poenostavljena programska oprema:** integracija več kamer za celovito kontrolo procesov in izdelkov.
- ▶ **Robustna zasnova:** Zaščita IP67, predhodno sestavljena strojna oprema.
- ▶ **Prilagodljiva konfiguracija:** 1,6 MP barvni senzor, bela osvetlitev LED in objektiv s samodejnim fokusom omogočajo enostavno namestitvev.
- ▶ **Napredne integracijske zmogljivosti:** enostavna integracija kamere FHV7-AI z obstoječimi stroji in avtomatiziranimi sistemi za nemoteno delovanje.

## Intuitivno vodenje preko zaslona

Omronova kamera za strojni vid FHV7-AI zagotavlja jasen, uporabniku prijazen grafični vmesnik. Zasnovan je tako, da pospeši in poenostavi nastavitvev strojnega vida. Operaterji lahko konfigurirajo aplikacijo strojnega vida z vodenjem po korakih, medtem ko se kamera z umetno inteligenco samodejno prilagaja spremembam izdelkov in pogojev. Ta kombinacija zmanjša potrebo po ročnih nastavitvah, skrajša čas uvajanja in zagotavlja, da je kontrola izvedena z visoko natančnostjo in zanesljivostjo.



Konfiguracija aplikacije strojnega vida po korakih



Zaščita IP67

- ▶ *Učenje umetne inteligence:* Izboljševanje zaznavanja z minimalnim številom vzorcev.
- ▶ *Preverjanje delovanja:* Preverjanje natančnosti kontrole pred uporabo.
- ▶ *Shranjevanje nastavitvev in zaključek:* Shranite nastavitve in dokončajte postopek.

### Zasnova All-In-One za zahtevna okolja

Kamera je zasnovana z ohišjem s stopnjo zaščite IP67 in je popolnoma zaščitena pred vdorom prahu in vode, zato je primerna za uporabo v zahtevnih industrijskih okoljih.

Njena robustna konstrukcija omogoča zanesljivo delovanje tudi v okoljih, kjer je potrebno pogosto pranje ali izpostavljenost vodi, kot so proizvodne linije hrane, pakirni obrati, avtomobilska industrija in druga zahtevna okolja.

Zasnova All-In-One zmanjšuje potrebo po dodatnih zaščitnih ohišjih ter poenostavlja namestitvev in integracijo v proizvodne sisteme.

### Postopek prilagajanja po korakih

- ▶ *Začetek prilagajanja:* Start procesa konfiguracije strojnega vida z vodenjem po korakih.
- ▶ *Prilagoditev slike:* Optimizacija svetlosti in ostrine za jasen zajem slike.
- ▶ *Nastavitvev referenčne slike:* Shranjevanje referenčne slike, ki bo uporabljena kot standard za primerjavo.
- ▶ *Učenje:* Učenje strojnega vida tipičnih variacij za natančno prepoznavanje.

#### Vir:

MIEL d.o.o., Industrijska Avtomatizacija OMRON,  
Ulica svežih idej 4A, 3320 Velenje,  
t: +386 3 77 77 000 /006, e: info@miel.si, s: www.miel.si

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0



# IFAM INTRONIKA ROBOTICS MTE

## 26.-28.1.2027

### Ljubljana



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

# Alternativni filtrirni vložki za stisnjeni zrak za znižanje stroškov vzdrževanja – izdelani po tehnologiji OMEGA AIR

V industrijskih sistemih stisnjenega zraka predstavljajo stroški vzdrževanja pomemben delež skupnih obratovalnih stroškov. Eden ključnih dejavnikov so filtrirni vložki, ki morajo zagotavljati visoko učinkovitost filtracije, hkrati pa omogočati nizke padce tlaka in dolgo življenjsko dobo. V članku predstavljamo alternativne filtrirne vložke, razvite po napredni tehnologiji podjetja OMEGA AIR, ki združujejo zanesljivo stopnjo filtracije z nizkimi obratovalnimi stroški.

Filtracija stisnjenega zraka je ključna za zagotavljanje zanesljivega delovanja pnevmatskih sistemov, zaščito opreme in končnega izdelka. Kljub temu so originalni filtrirni vložki pogosto povezani z visokimi stroški, zato se številna podjetja obračajo k alternativnim rešitvam. Pomembno pa je, da alternativni vložki ne predstavljajo kompromisa glede učinkovitosti, kakovosti in varnosti.

## Tehnologija izdelave alternativnih vložkov OMEGA AIR

Podjetje OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana je razvilo lastno tehnologijo izdelave alternativnih filtrirnih vložkov, ki se lahko uporabljajo kot zamenjava za številne originalne vložke vodilnih

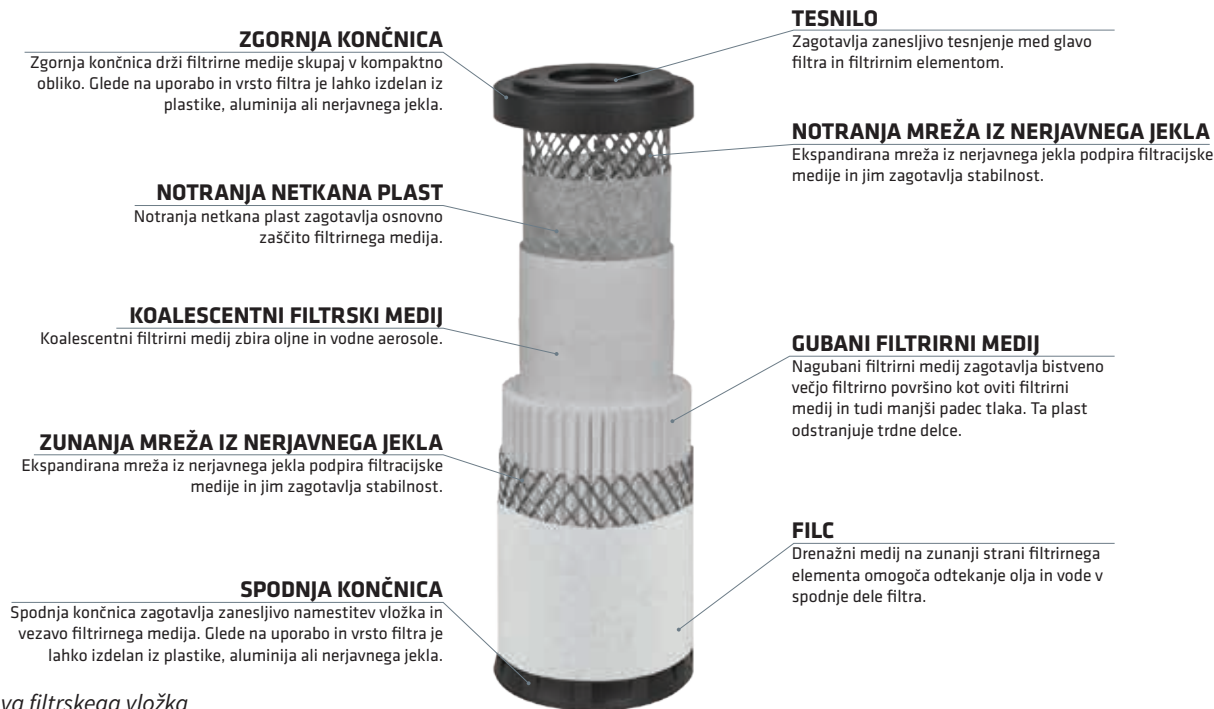
svetovnih proizvajalcev. Osnovne prednosti tehnologije vključujejo:

- ▶ večplastni filtrirni material z optimiziranim tokom zraka,
- ▶ zmanjšane tlačne padce v primerjavi s konkurenčnimi vložki,
- ▶ dolgo življenjsko dobo vložkov ob ohranjeni učinkovitosti filtracije in
- ▶ zanesljivo odstranjevanje oljnih aerosolov in trdnih delcev.

### Nizki tlačni padci – ključ za energetsko učinkovitost

Padci tlaka neposredno vplivajo na porabo električne energije kompresorja. Z vsakim dodatnim 0,1 bar padca tlaka se lahko poraba energije poveča za do 1 %. Vložki OMEGA AIR so zasno-

## Deli filterskega vložka



Sestava filterskega vložka

vani z napredno geometrijo filtrirnih materialov in optimizirano površino, kar zagotavlja:

- ▶ začetni tlačni padec znaša 80 mbar (0,08 bar),
- ▶ stabilen pretok v celotni življenjski dobi ter
- ▶ zmanjšano obremenitev kompresorskega sistema.

S tem prispevajo k nižjim stroškom električne energije in manjši potrebi po pogostih menjavah.

### Ustreznost stopnje filtracije

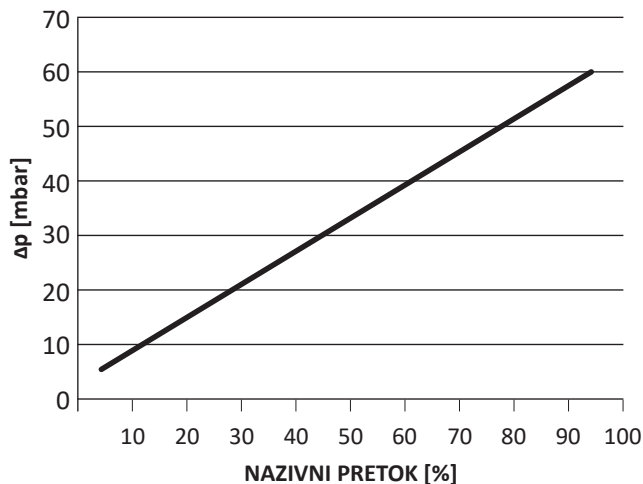
Alternativni vložki OMEGA AIR so razvrščeni po stopnjah filtracije, skladno z zahtevami standarda ISO 8573-1. S tem zagotavljajo ustrezno kakovost zraka za različne industrijske aplikacije – od splošnih pnevmatskih sistemov do zahtevnih aplikacij v živilski, farmacevtski in kemični industriji.

Primeri tipičnih razredov filtracije:

- ▶ P (grobi filter): odstranjevanje trdih delcev < 3 µm,
- ▶ XM (mikrofilter): odstranjevanje trdnih delcev < 1 µm, odstranjevanje oljnih delcev < 0,1 mg/m<sup>3</sup>,
- ▶ XS (super mikrofilter): odstranjevanje trdnih delcev < 0,01 µm, odstranjevanje oljnih delcev < 0,01 mg/m<sup>3</sup>,
- ▶ A (aktivno oglje): odstranjevanje oljnih delcev < 0,005mg/m<sup>3</sup>.

### Kompatibilnost in ponudba

OMEGA AIR ponuja širok nabor alternativnih vložkov, ki so združljivi z modeli filtrirnih ohišij različnih proizvajalcev, kot so Atlas Copco, Kaeser, Ingersoll Rand, Boge, CompAir, Abac, Donaldson, Parker, Domnink Hunter in mnogi drugi. Skladnost filtrirnih elementov s standardom ISO 8573-1 preizkuša Inštitut



Rezultat testiranja tlačnega padca v skladu z ISO12500-2 za vložek 06050 A, testirano z N-Hexane, testna koncentracija 100 mg/kg, 80 % nasičenost

tut za energijo in okoljsko tehnologijo (IUTA Nemčija) v Duisburgu-Essnu in izpolnjujejo vse tehnične zahteve, kar omogoča enostavno zamenjavo brez posegov v sistem.

Alternativni filtrirni vložki, izdelani po tehnologiji OMEGA AIR, predstavljajo zanesljivo in cenovno učinkovito rešitev za industrijske uporabnike, ki iščejo znižanje stroškov vzdrževanja brez kompromisov glede kakovosti. Z nizkimi tlačnimi padci, dolgo življenjsko dobo in potrjeno stopnjo filtracije se uvrščajo med najboljše in najširše alternative na trgu stisnjenega zraka.

[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

 <p><b>OMEGA AIR</b> <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><b>RAZPON TLAKOV</b></p> <p>1000 mbar 16 bar, 50 bar 100 bar, 250 bar 420 bar</p>
			<p><b>MEDIJI</b></p> <p>stisnjen zrak vakuum N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CNG, dihalni zrak CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He</p>
			<p><b>TOČKE ROSIŠČA</b></p> <p>+3°C -25°C -40°C -70°C</p>

# EQ električni aktuatorji podjetja SMC – sodobna alternativa pnevmatiki

V sodobni industrijski avtomatizaciji električni aktuatorji vse pogosteje dopolnjujejo klasične pnevmatske rešitve. Ne gre za neposredno nadomeščanje pnevmatike, temveč za izbiro tehnologije glede na zahteve posamezne aplikacije. Električni aktuatorji pri zahtevnejših procesih ponujajo višjo natančnost pozicioniranja, natančnejši nadzor gibanja ter lažjo integracijo v avtomatizirane sisteme.

Tem trendom sledijo tudi električni aktuatorji serije EQ podjetja SMC. Serija vključuje kompaktne linearne aktuatorje z integriranim motorjem in krmilnikom, kar poenostavi montažo, zmanjša količino ožičenja ter skrajša čas zagona sistema. Zaradi kompaktne zasnove so aktuatorji primerni tako za nove projekte kot tudi za nadgradnjo obstoječih sistemov. V določenih aplikacijah lahko serija EQ zaradi poenostavljene arhitekture in manjše potrebe po dodatnih komponentah doseže tudi stroškovno primerljivo raven s pnevmatskimi rešitvami.

## Višja natančnost in manj izpadov

Ena ključnih prednosti serije EQ je uporaba brezbaterejskega absolutnega dajalnika pozicije (angl. enkoderja). Aktuator ohrani informacijo o položaju tudi po izklopu napajanja, zato ob ponovnem zagonu ni potrebe po referenciranju oziroma homingu. To omogoča hitrejši ponovni zagon stroja ter zmanjšuje izmet, povezan s ponovnim inicializiranjem procesa.

Aktuatorji omogočajo visoko ponovljivost pozicioniranja, zato so primerni za aplikacije, kjer je zahtevana visoka natančnost gibanja. Poleg klasičnega pozicioniranja omogočajo tudi potisni (angl. force) režim delovanja, pri katerem aktuator poleg položaja regulira tudi silo pritiska. Takšen način delovanja je posebej uporaben pri aplikacijah stiskanja, vstavljanja, testiranja ali nadzorovanega pritiska na obdelovanec.

V primerjavi s klasičnimi pnevmatskimi sistemi so električni aktuatorji energetsko zelo varčni.

## Tri izvedbe za različne aplikacije

Serija EQ vključuje tri osnovne izvedbe aktuatorjev, prilagojene različnim industrijskim aplikacijam:

### EQFS – vretenski linearni aktuator

Izvedba EQFS je linearni drsni aktuator, namenjen transportu in pozicioniranju izdelkov na daljših hodih. Na voljo so hodi od 50 do 1200 mm, hitrosti pa do 1200 mm/s. Zaradi visoke dinamike je primeren za manipulacijske in transportne sisteme.



EQY – batni linearni aktuator

Model EQY deluje na podoben princip kot klasični pnevmatski cilinder in je namenjen aplikacijam potiskanja, dviganja ter pozicioniranja. Hodi znašajo od 30 do 500 mm, največja potisna sila pa do 800 N.



EQYG – batni aktuator z dodatnim vodenjem

Izvedba EQYG vključuje dodatna vodila, ki zagotavljajo večjo stabilnost in odpornost na prečne obremenitve. Primerna je za aplikacije, kjer se pojavljajo bočne sile oziroma kjer je zahtevana večja mehanska togost sistema.



## Načini delovanja po vzoru pnevmatike

Pomembna karakteristika serije EQ je možnost izbire treh različnih načinov delovanja, ki posnemajo logiko pnevmatskih ventilov:

- ▶ **Single Solenoid** – aktuator se premika proti nastavljenemu položaju, dokler je na vhodu signal, po izklopu vhodnega signala pa se vrne v začetni položaj.
- ▶ **Double Solenoid** – ločena signala omogočata premik naprej in nazaj, aktuator ostane v zadnjem zahtevanem položaju tudi po izklopu signala.
- ▶ **Closed Center** – aktuator se premika, dokler deluje eden od vhodnih signalov, po izklopu se aktuator ustavi in motor vzdržuje trenutni položaj.

Takšen način krmiljenja omogoča hitro integracijo v obstoječe avtomatizirane sisteme.

## Enostavna integracija v avtomatizirane sisteme

Za nastavitev aktuatorjev je na voljo programska oprema e-ActuatorSetupTool, ki omogoča enostavno nastavitev hitrosti,

položajev, sil, pospeškov in ostalih parametrov gibanja. Priključ se izvede preko industrijskih konektorjev M12, kar zagotavlja robustno in zanesljivo povezovanje v industrijskem okolju. Aktuatorji so na voljo tudi z IO-Link komunikacijskim vmesnikom, ki omogoča napredno diagnostiko, prenos procesnih podatkov ter enostavno integracijo v sodobne avtomatizirane sisteme in koncept industrije 4.0.

## Električni pogoni kot naslednji korak avtomatizacije

Električni aktuatorji serije EQ so učinkovita rešitev za podjetja, ki želijo povečati natančnost, zmanjšati porabo energije ter poenostaviti vzdrževanje proizvodnih sistemov. Zaradi kompaktne izvedbe, integriranega krmilnika in fleksibilnih načinov delovanja predstavljajo pomemben korak proti bolj učinkoviti, digitalizirani in energetske optimizirani industrijski avtomatizaciji.

Nenad Rađenović, SMC Industrijska avtomatika, d. o. o.

© Avtorji 2026. CC-BY 4.0

## Oglaševalci

DAX, d. o. o., Trbovlje	219	OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana	145, 213	Parker Hannifin,	
DIGITEH, d. o. o., Ljubljana	188	Češka Republika -			
GIA-S, d. o. o., Grosuplje	145	Podružnica Novo mesto			145
Goinfo, d. o. o., Nova Gorica	188	POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri			145, 146
HENNLICH, d. o. o., Kranj	209	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana			145
ICM, d. o. o., Griže	211, 216	PROFIDTP, d. o. o., Škofljica			209, 220
INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi	199	STORMIA, d. o. o., Ptuj			189
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	155	STROJNISTVO.COM, Ljubljana			169
La & Co., d. o. o., Limbuš	145, 197	UL, Fakulteta za strojništvo			152, 157, 165, 206
MIEL Elektronika, Velenje	145, 181	YASKAWA, d. o. o., Ribnica			171
OLMA, d. o. o., Ljubljana	145, 196				

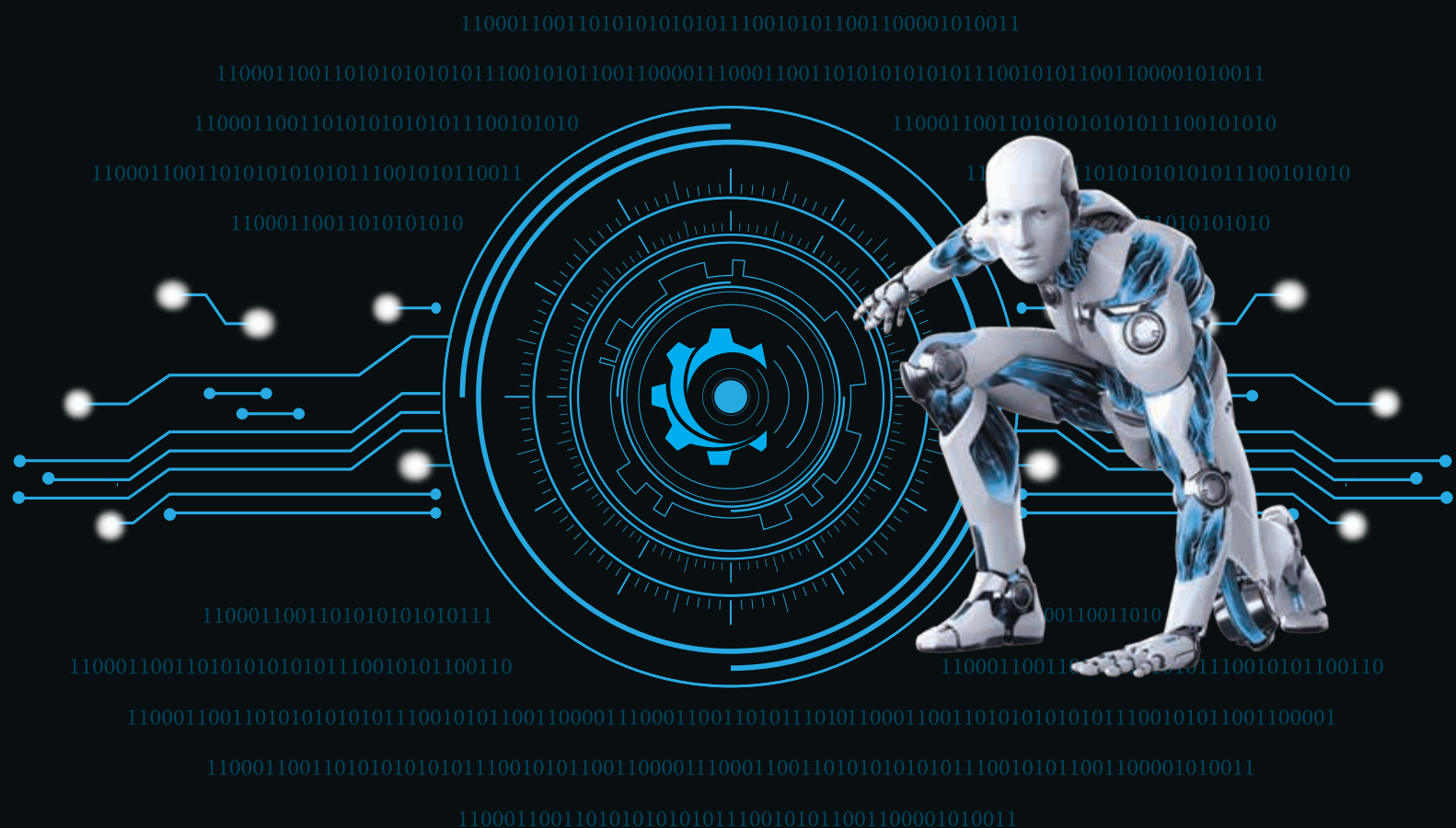




# IFAM INTRONIKA ROBOTICS MTE

26.-28. 1. 2027

Ljubljana



Revija za fluidno tehniko, napredno inženirstvo in tehnologije  
 Journal of Fluid Technics, Advanced Engineering and Technologies

#### Ustanovitelj:

Slovensko društvo za fluidno tehniko  
 Gospodarska zbornica Slovenije - Združenje kovinske industrije

#### Izdajatelj in uredništvo:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo  
 Uredništvo revije VENTIL  
 Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana  
 Telefon: +(0)1 47 71 704  
 E-mail: ventil@fs.uni-lj.si  
 Internet: <http://www.revija-ventil.si>

**Glavni in odgovorni urednik:** izr. prof. dr. Miroslav Halilovič

**Pomočnik urednika:** izr. prof. dr. Franc Majdič

**Tehnični urednik:** Roman Putrih

**Lektoriranje:** dr. Marjeta Humar, Andrea Potočnik

**Oblikovanje naslovnice:** Pavle Jovanovski, Ljubljana

**Prelom in priprava za tisk:** Grafex agencija | tiskarna, Izlake

**Tisk:** Schwarz Print d. o. o., Ljubljana

**Marketing in distribucija:** Roman Putrih, UL, Fakulteta za strojništvo

© Avtor(ji) 2026. CC-BY 4.0 / © The Authors 2026. CC-BY 4.0

REVIJA JE V ODPRTEM DOSTOPU.



Znanstveni članki v reviji Ventil so recenzirani.

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi DOAJ in EBSCO.

ISSN: 2630-4090 (on line) / 1318-7279

UDK: 62-82 + 62-85 + 62-31 / -33 + 681.523 (497.12)

Letnik / Letnica / Številka 32 / 2026 / 3

Naklada: 800 izvodov. Izhaja šestkrat letno.

Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 5-odstotni davek na dodano vrednost.

#### Uredniški odbor (Editorial Board)

- ▶ prof. dr. Marko Hočevar, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ prof. dr. Matija Jezeršek, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Jože Kutin, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Jurij Prezelj, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ prof. dr. Franci Pušavec, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ doc. dr. Lidija Slemenik Perše, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Marko Šimic, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Rok Vrabič, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Nikola Vukašinovič, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. dr. Matevž Zupančič, UL, Fakulteta za strojništvo

#### Recenzentski odbor (Editorial Review Board)

- ▶ prof. dr. Ivan Bajsič, UL, Fakulteta za strojništvo (upokojen)
- ▶ doc. dr. Tomaž Berlec, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ doc. dr. Gorazd Karer, UL, Fakulteta za elektrotehniko
- ▶ izr. prof. dr. Damjan Klobčar, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ izr. prof. Vito Tič, UM, Fakulteta za strojništvo

#### Znanstveno strokovni svet (Scientific and Technical Advisory Board)

- ▶ dr. Uroš Bohinc, Zavod za gradbeništvo Slovenije
- ▶ dr. Gregor Dolanc, Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko Herakovič, UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ prof. dr. Matjaž Hriberšek, UM, Fakulteta za strojništvo
- ▶ doc. dr. Matej Huš, Kemijski inštitut, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Roman Kamnik, UL, Fakulteta za elektrotehniko
- ▶ prof. dr. Darko Lovrec, UM, Fakulteta za strojništvo
- ▶ dr. Bojan Podgornik, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jožef Ritonja, UM, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
- ▶ Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava

#### Mednarodni znanstveni svet (International Scientific Advisory Board)

- ▶ izr. prof. dr. Sam Coppeters, KU Leuven, Belgium
- ▶ prof. dr. Alexander Czinki, Technische Hochschule Aschaffenburg, Germany
- ▶ izr. prof. dr. Tatiana Minav, Tampere University, Finland
- ▶ prof. dr. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen, Germany
- ▶ prof. dr. Katharina Schmitz, RWTH Aachen, Germany
- ▶ prof. dr. Željko Šitum, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Croatia
- ▶ prof. dr. Hironao Yamada, Gifu University, Japan

#### Industrijski svet (Industry Advisory Board)

- ▶ mag. Aleš Bizjak, Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje kovinske industrije
- ▶ mag. Anže Čelik, Poclairn Hydraulics, d. o. o., Žiri
- ▶ Sandi Grobelnik, Uniforest, d. o. o., Prebold
- ▶ Sava Ignjatovič, PPT Commerce, d. o. o., Ljubljana-Šentvid
- ▶ dr. Milan Kambič, OLMA, d. o. o., Ljubljana
- ▶ Aleksandra Klemenc, Inotech, d. o. o., Bistrica ob Dravi
- ▶ Darko Koritnik, DAX, d. o. o., Trbovlje
- ▶ dr. Hubert Kosler, Yaskawa, d. o. o., Ribnica
- ▶ Andrej Lešnjak, Q Techna, d. o. o., Ljubljana
- ▶ Andrej Rotovnik, MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje
- ▶ Enej Saksida, OPL, d. o. o., Trzin
- ▶ Edvard Sojer, Omega Air, d. o. o., Ljubljana
- ▶ Matej Tomšič, Hennlich, d. o. o., Kranj

#### Častni odbor (Honorary Board)

- ▶ prof. dr. Jože Duhovnik, UL, Fakulteta za strojništvo (upokojen)
- ▶ mag. Milan Kopač, Poclairn Hydraulics, d. o. o., Žiri (upokojen)
- ▶ izr. prof. dr. Dragica Noe, UL, Fakulteta za strojništvo (upokojena)
- ▶ Bogdan Opaškar (upokojen)
- ▶ dr. Jože Pezdarnik, UL, Fakulteta za strojništvo (upokojen)
- ▶ Valter Saksida, OPL, d.o.o., Trzin
- ▶ mag. Anton Stušek (in memoriam), UL, Fakulteta za strojništvo
- ▶ prof. dr. Janez Tušek, TKC, d. o. o., Ljubljana

#### Nekdanji uredniki

- ▶ mag. Anton Stušek
- ▶ prof. dr. Niko Herakovič
- ▶ doc. dr. Tomaž Perme
- ▶ izr. prof. dr. Dragica Noe
- ▶ prof. dr. Janez Tušek

#### Nekdanji pomočniki urednika

- ▶ mag. Anton Stušek
- ▶ izr. prof. dr. Miroslav Halilovič

# V naslednji številki 4/2026 - avgust

## Ventilov utrip

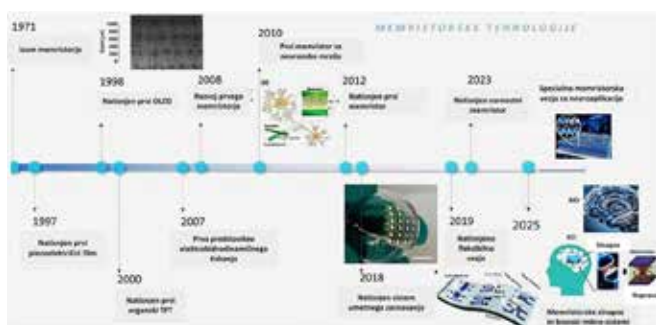
### Intervju

**Dr. Igor Petrovič – mentor, ki stoji za zmagami**

Višji predavatelj dr. Igor Petrovič s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani že vrsto let stoji ob strani študentski ekipi Edvard Rusjan, eni najuspešnejših evropskih ekip na prestižnem letalskem tekmovanju Design/Build/Fly. Kot mentor ne usmerja le razvoja naprednih letalskih rešitev, temveč pomaga oblikovati tudi generacije mladih inženirjev, ki znajo razmišljati širše, sodelovati in prevzemati odgovornost. Njegova vloga presega klasično mentorstvo – je vezni člen med znanjem, izkušnjami in strastjo, ki ekipo znova in znova popelje na sam vrh svetovne konkurence.



### Memristorji za revolucionarno tehnološko prihodnost



## Znanstveni in strokovni članki

**Marko Šimic, Niko Herakovič**

Novi pristopi, tehnologije in trendi v proizvodnih pnevmatskih sistemih in procesih

**Jan Bartolj, Aljaž Žafran, Nikola Vukašinić, Franc Majdič**  
Razvoj metodologije za načrtovanje aditivno izdelanih hidravličnih ventilov na primeru spreminjanja položaja izvrtine drsniškega bata

**Franc Majdič**

Tribološke in funkcionalne omejitve univerzalnih motornih olj v hidravličnih sistemih

**Milan Kambič**

Preprečevanje težav in napak pri mazanju

## Iz industrije

**Aktualno v industriji**

**Novosti na trgu**

**Podjetja predstavljajo**

**Hennlich, d. o. o.**

Hallite OptiSeal® – napredna rešitev tesnjenja za najzahtevnejše industrijske aplikacije



**GIA-S**

ELAFLEX H2+ rešitve za vodikove aplikacije



**INGVAR**

Vrhunska tehnologija v vaših rokah: ročno varjenje MIG/MAG s sistemoma Fortis in TPS/i podjetja Fronius



www.dax.si

**EPSON**  
EXCEED YOUR VISION

**VSE V DOSEGU.  
TUDI CENA.**



**T3 SCARA**

**400 mm 3 kg**

**KONTROLER V BAZI ROBOTA RAZVOJNO OKOLJE RC+7**

# INDUSTRIJSKI FORUM IRTADRIA26



## Strokovni dogodek za industrijo

Industrijski forum IRT ADRIA je dvodnevni strokovni dogodek, ki ustvarja prostor za izmenjavo informacij, znanj, idej in pogledov na dosežke industrijske panoge. Industrijski forum ima v Sloveniji več kot 15 letno tradicijo, medtem ko se je dogodek na Hrvaškem uveljavil z letom 2025 in pokriva širše področje zahodnega Balkana.

Industrijski forum IRT ADRIA povezuje soustvarjalce industrijske panoge: industrijska podjetja z najrazličnejših področij, razvojno-raziskovalne organizacije in predstavnike akademske sfere.

Dogodek bogati razstava visokotehnoloških podjetij, ki obiskovalcem foruma predstavljajo svoje najnovejše dosežke, napredne tehnologije, razvojne rešitve in inovacije.

### Program

Prvi dan dogodka je namenjen poslovnim vsebinam. Udeležence kot promotorka inženirskega poklica nagovori aktualna inženirka leta.

Drugi forumski dan potekajo strokovna predavanja v več tematskih sklopih, ki so tesno povezani z vsebinami, o katerih piše revija IRT3000 ADRIA. Osrednja pozornost je namenjena primerom uspešno rešenih konkretnih izzivov iz prakse.

### KAJ?

- strokovni dogodek – 2 dni!
- predavanja, mreženje in izmenjava izkušenj
- več kot 20 strokovnih predavanj

### ZA KOGA?

- strokovnjake iz proizvodnih podjetij
- predstavnike razvojnih in raziskovalnih institucij
- akademike
- odločevalce iz industrije
- predstavnike branžnih združenj
- vodje proizvodnje
- raziskovalce in razvojnike
- študente in dijake
- vse, ki hočete biti v stiku z napredkom v svoji branži



RAZSTAVA



POSLOVNI DEL



STROKOVNA  
PREDAVANJA



RAZISKOVALCI

14. in 15. 9. 2026

Zadar • Hotel KOLOVARE

Glavna pokroviteljica



Pokroviteljica



Medijski partner



Partnerji



Industrijski forum IRT ADRIA | Ulica Ivica Sudnika 7, 10430 Samobor, Hrvaška  
tel.: +385 98 409 690 | info@forum-irtadria.com

Prihodnost je tukaj.