

ZVEZA INŽENIRSKIH DRUŠTEV

GLASILO

SPLETNI IZVOD ŠT. 7



1946



2017



MARIBOR, DECEMBER 2022



GLASILO
ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR

Glasilo Zveze inženirskih društev Maribor, št. 7
Maribor, december 2022

Izdajatelj	<i>Zveza inženirskih društev Maribor in Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo</i>
Urednica	<i>Katja Hanžič</i>
Uredniški odbor	<i>Peter Planinšič, Boris Tovornik, Ani Hanžič, Marija Sraka, Karl Gotlih, Stanislav Brodnjak, Gerhard Angleitner in Mihael Drevenšek</i>
Kontakt	<u>glasilo.zidmb@gmail.com</u>
Lektoriranje	<i>Marija Sraka</i>
Oblikovanje naslovnice	<i>Gerhard Angleitner</i>
Naklada	<i>digitalna objava na spletu</i>
ISSN	2536-1856



V Glasilu ZID objavljeni avtorski članki in prispevki izražajo mnenja in stališča avtorjev in ne izražajo nujno tudi mnenja uredniškega odbora. Uredništvo ne prevzema odgovornosti za upoštevanje avtorskih in drugih pravic tretjih oseb – odgovornost v zvezi z avtorskimi in drugimi pravicami ter za dosledno upoštevanje uveljavljene metodologije glede citiranja in navajanja virov lastnikov avtorskih pravic je na strani avtorjev prispevkov.



Zveza inženirskih društev Maribor združuje:

Društvo geodetov severovzhodne Slovenije

Elektrotehniško društvo Maribor

Podravsko gozdarsko društvo Maribor

Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev SV Slovenije

Veterinarsko društvo Maribor

Društvo tekstilcev Maribor

Društvo za varilno tehniko

Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode

Društvo seniorjev Podravja

Društvo cenilcev in izvedencev Maribor

Hortikulturno društvo Maribor

NCSI FEANI

UVODNA BESEDA UREDNICE



Spoštovani bralci in bralke,

Vsebina preteklih števil GLASILA Zveze inženirskih društev Maribor je bila v tem delu Slovenije lepo sprejeta in naša spletna stran je kar pogosto obiskana. Ustvarjanje zaposlenih in študentov na tehniških fakultetah je plodno in zajema mnogo različnih znanstvenih področij, kar je razvidno tudi v prispevkih, ki v večini izvirajo prav iz tehniških fakultet Univerze v Mariboru. Posebej nas veseli, da je naše delo prepoznal tudi rektor in nam izrekel priznanje za bogato in zanimivo vsebino, ki vidno izkazuje vpetost Zveze inženirjev Maribor in našega Glasila v življenje Univerze v Mariboru. Pri tem je tudi Uredniški odbor še naprej naklonjen objavam dosežkov študentov in podiplomskih študentov.

Upamo, da nam bo, tudi s pomočjo Univerze v Mariboru pri promociji, v naslednjem letu uspelo izdati dve številki Glasila ter v delovanje Zveze in vanjo včlanjenih društev, pritegniti nove člane mlajših generacij, kot je v svoji uvodni besedi zapisal predsednik ZID Maribor. To je še posebej pomembno saj brez novih članov društva ne bodo zmogla delovati. Tako je bilo letos junija ukinjeno Društvo strojnih inženirjev Maribor, ki je neprekinjeno delovalo od leta 1947, najprej v sklopu inženirskih društev, nato pa samostojno. Vse do zadnjih dveh let svojega obstoja je bilo to društvo eno izmed bolj aktivnih v ZID. Promocija dela društev, ZID in Glasila je tako še velikega pomena, s tem v zvezi nas veseli, da so naše delo opazili tudi v Večerovi prilogi Štajerc, kjer so junija letos, izpostavili šesto številko Glasila.

Ne glede na izzive je pred vami tako sedma številka Glasila ZID, ki ima zelo pestro vsebino. V strokovnem delu vam ponujamo v branje prispevke na temo zasnove Industrije 4.0, anaerobne razgradnje do prispevkov na temo odzivnega javnega potniškega prometa, elektrifikacije letalstva in hibridno-električnih letalskih pogonov ter predstavitev najmlajšega laboratorija na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru.

V poljudnem delu Glasila vam predstavljamo FEANI ter spremembo postopka za pridobitev naziva EUR ING, izveste lahko več o gozdovih na obrobju mest ter spoznate Srednjo elektro-računalniško šolo Maribor. Prav tako svoje aktivnosti predstavljajo društva, ki so kljub ukrepom, povezanim z omejevanjem epidemije COVID-19, izvedla izobraževalne dejavnosti oziroma izlete po Sloveniji. Žal se je letos poslovil zaslužni profesor dr. Adolf Šostar. Članek v njegov spomin najdete v zaključku Glasila.

S fotografijami svojih kreacij je tokratno številko Glasila popestrila Sanja Veličković, ki je kot nekdanja študentka, danes pa tehniška sodelavka na Fakulteti za strojništvo, našla pogum, voljo za uresničitev svojih sanj in lastne blagovne znamke Sanja V Design. Opis njene ustvarjalne poti je objavljen v šesti številki našega Glasila, tokrat objavljamo nekaj fotografij njenih kreacij.

Ob tej priložnosti vas tudi vabim, da nam pošljete vaše prispevke ali predlagate vsebine, ki vas zanimajo.

Katja Hanžič
urednica Glasila ZID

KAZALO

NAGOVOR PREDSEDNIKA ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR.....	6
--	---

STROKOVNI ČLANKI

INDUSTRIJA 4.0 V TEORII IN V PRAKSI	7
<i>asist. Rok Belšak, doc. dr. Timi Karner</i>	
ODZIVNI JAVNI PREVOZ - STORITEV, KI SE PRILAGAJA POTREBAM POTNIKOV	20
<i>asist. Katja Hanžič, asist. Maršenka Marksel, viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič,</i> <i>doc. dr. Tomislav Letnik</i>	
MODELIRANJE IN OPTIMIZACIJA PROCESA ANAEROBNE RAZGRADNJE	30
<i>asist. dr. Tina Kegl, doc. dr. Anita Kovač Kralj</i>	
IZZIVI NA PODROČJU ELEKTRIFIKACIJE LETALSTVA - KAKŠEN POGONSKI SISTEM BO PREVLADAL V PRIHODNOSTI? ..	51
<i>asist. Maršenka Marksel, viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič, asist. Katja Hanžič,</i> <i>doc. dr. Anita Prapotnik Brdnik</i>	
HIBRIDNO-ELEKTRIČNI LETALSKI POGONI RAZVITI V PROJEKTU MAHEPA	60
<i>viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič, asist. Katja Hanžič, asist. Maršenka Marksel</i>	
NAJMLAJŠI LABORATORIJ NA UM FERI – LABORATORIJ ZA INTELIGENTNE SISTEME	67
<i>asist. Lucija Brezočnik, prof. dr. Vili Podgorelec</i>	

ZANIMALO VAS BO

ENGINEERS EUROPE – FEANI – EUR ING – EUR ING 2.....	76
<i>dr. Karl Gotlih</i>	
»GOZDOVI NA ROBU MESTA« – NEGA GOZDOV JE NALOŽBA V PRIHODNOST	80
<i>Matjaž Vrecl, Ani Hanžič</i>	
RAČUNALNIŠKO IZOBRAŽEVANJE STAREJŠIH ČLANOV ZID MB.....	85
<i>Ani Hanžič</i>	
60 LET NEPREKINJENEGA DELOVANJA DRUŠTVA	87
<i>dr. Blanka Vombergar</i>	
SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR – ŠOLA SEDANJOSTI IN PRIHODNOSTI	93
<i>Irena Srša Žnidarič, spec</i>	
ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO NA IZLETIH.....	96
<i>Gero Angleitner</i>	
DRUŠTVO SENIORJEV PODRAVJA	99
<i>Majda Sevshek, Dragan Grgić</i>	

V SPOMIN

ZASLUŽNI PROFESOR DR. ADOLF ŠOSTAR	103
--	-----

NAGOVOR PREDSEDNIKA ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR

Spoštovane bralke/bralci, članice/člani društev ZID Maribor,



Letos spomladi so se razmere glede virusa COVID 19 toliko izboljšale in normalizirale, da smo se ponovno pričeli družiti v živo na sestankih, strokovnih izletih in izobraževanjih, tako v okviru društev kot v okviru zveze.

V začetku junija smo izvedli volilni občni zbor, kjer smo pregledali preteklo delovanje in načrte za naprej. Obnovili in dopolnili smo sestavo organov zveze, meni pa je bilo zaupano ponovno vodenje zveze za dve leti.

Podrobnosti o naših dogodkih in aktivnostih lahko najdete na naši prenovljeni spletni strani, ki jo uspešno oblikuje in ureja urednica tega glasila Katja Hanžič. Vabimo vas, da spletno stran redno spremljate in jo čim več koristite za vabila in obvestila o prihajajočih dogodkih, izobraževanjih ter za poročila o njih in objavo drugih zanimivih in aktualnih vsebin.

Ena od odmevnejših aktivnosti v tem letu je bila organizacija in izvedba delavnice o osnovah računalništva, ki smo jo izvedli za seniorje ZID Maribor, v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerze v Mariboru. Delavnica je potekala v dveh delih, 28. 6. 2022 in 30. 8. 2022.

V tem letu nam je uspelo izdati kar dve številki našega glasila, maja št. 6, sedaj pa še št. 7. Ob izdaji glasila št. 6 smo po en izvod poslali vsem dekanom tehniških fakultet, rektorju Univerze v Mariboru in županu MO Maribor, z dopisom o želji po seznaitvi in poglobitvi sodelovanja. Od večine smo dobili pozitivne odzive in priznanja, največ od rektorja, preko njegovega kabineta. S tehničnimi fakultetami že poteka sodelovanje na različne načine, ga bomo pa skušali v bližnji prihodnosti še bolj udejanjiti. V kratkem času bomo neposredno obiskali rektorja in župana MOM in njihove predstavnike povabili na ZID Maribor. Ena od glavnih težav delovanja društev v zvezi in posledično zveze je upad števila članov društev, zlasti priliva mladih. S številom članov je povezana finančna vzdržnost delovanja društev in zveze, saj je članarina glavni finančni vir. Tukaj pričakujemo podporo fakultet, predvsem tehniških, za seznanjanje in motivacijo študentov za včlanitev. Za zvezo pa je finančno zelo pomembno tudi razpolaganje s funkcionalno in cenovno ugodnim prostorom sedeža zveze, kar bi morda lažje uresničili s pomočjo MOM.

Prizadevali si bomo, da nam bo uspelo ohraniti in še okrepiti tradicijo dolgoletnega, tudi več kot sedemdeset let, in uspešnega delovanja nekaterih društev ter zveze in nam bo v bližnji prihodnosti tudi formalno uspelo pridobiti status društva posebnega pomena na državnem nivoju.

dr. Peter Planinšič
Predsednik ZID Maribor

STROKOVNI ČLANKI

Industrija 4.0 v teoriji in v praksi

asist. Rok Belšak, doc. dr. Timi Karner

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

rok.belsak@um.si

Povzetek

Pojem industrija ima v današnjem času zelo širok pomen, saj se ne osredotoča le na proizvodne procese v tovarni, ampak zajema celoten sistem podjetja od poslovnih in ekonomskih funkcij, kadrovskih funkcij do virtualnih računalniških procesov v oblaku in nazadnje fizične proizvodnje dobrin. V prispevku bo podan kratek opis razvoja industrije od začetnih obrtniških proizvodenj pred skoraj 300 leti, do kompleksnih sodobnih procesov tako imenovane Industrije 4.0 in nakazane bodo smernice bodočega razvoja. Razloženo in razčlenjeno bo kaj je digitalna transformacija in zakaj je potrebna, kar bo predstavljeno na enostavnem primeru.

Ključne besede: razvoj industrije, Industrija 4.0, digitizacija, digitalizacija

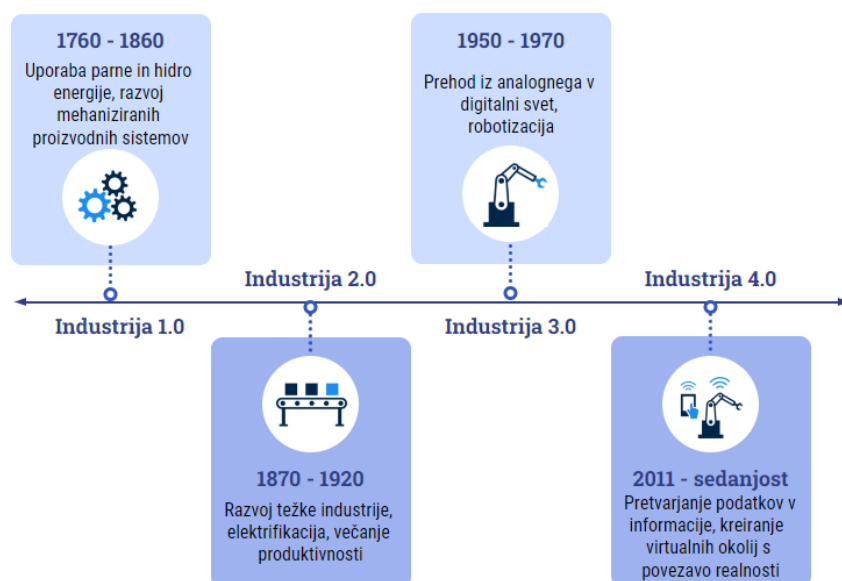
Uvod

Ko posameznik v današnjem času sliši besedo »industrija«, si verjetno predstavlja ogromne čiste tovarne polne robotov, avtonomnih vozil in ostalih naprednih strojev, ki delajo svoje naloge hitro, brezpogojno in natančno. Ta ogromna množica naprav deluje v simbiozi brez kakršnih koli kolizij, zastojev ali kakršne druge zaustavitve cikla. Vse to nadzoruje in vodi peščica izobraženih ljudi.

Tako nekako si je mogoče laično predstaviti trenutno stanje tako imenovane Industrije 4.0, ki z ideologijo avtomatizacije, kiber-realnim povezovanjem procesov in višanjem proizvodne produktivnosti skrbi za velike materialne potrebe današnjih potrošnikov po dobrinah.

Predhodniki današnje industrijske dobe

Trenutna razvojna stopnja industrije je v večini proizvodnih podjetij v našem okolju nekoliko drugačna, kar je najlažje predstaviti s pregledom razvoja industrije od začetkov (Industrija 1.0) do današnjih »futurističnih« idej o delovanju industrijskih procesov. Razvoj na časovni osi je grafično prikazan na sliki spodaj.



Slika 1: Industrijske revolucije

Industrijske revolucije od začetka - Industrija 0.0

Kot se razvija vsak posameznik skozi svoj življenjski cikel je tudi razvoj industrije nekje začela svojo pot. Da jo sploh lahko začnemo tako imenovati se je morala ekonomija ročnega oz. obrtniškega dela na neki točki preleviti v industrijsko naravnano proizvodnjo. To se je zgodilo s pomočjo iznajdb najrazličnejših virov energije in strojegradije.

Začetke razvoja izboljšanja proizvodnih procesov se lahko opredeli nekje v pozno 14. stoletje z iznajdbo tiska s premičnimi kovinskimi črkami nemškega kovača in izumitelja Johanna Gutenberga. Ta iznajdba je začela revolucijo tiskanja in se šteje za mejnik drugega tisočletja [1]. Tako se je človek s pomočjo strojev začel nagibati k razvoju procesov, ki omogočajo enostavnejšo, hitrejšo in natančnejšo proizvodnjo končnega produkta.

Industrija 1.0

Prva prepoznana industrijska revolucija seže približno v konec 18. stoletja v Veliki Britaniji [2]. Z novimi pionirskimi metodami uporabe parne in hidro energije so razvoji mehaničnih proizvodnih procesov, kemijske proizvodnje in proizvodnje jekla znatno vplivali na življenjski standard človeka. Kot primer se lahko izpostavi, da je to obdobje omogočilo tridesetkrat večjo proizvodnjo železa kot v času do tega obdobja [3].

Razvijalo se je vedno več naprav, ki so omogočale manj fizične človeške interakcije v proizvodnji in večje količine končnih produktov na vse več področjih.

Industrija 2.0

Ob koncu 19. stoletja se z 2. industrijsko revolucijo postavlja ločnica za razvoj trenutno znane industrije [4]. To obdobje je zaznamovala masovna proizvodnja s še intenzivnejšo uporabo parnih in naftnih energentov, kar se je preslikalo na vsa področja od izgradenj železniških prog, obsežnih proizvodenj železa in jekla, razširjeno uporabo strojev v proizvodnji itd. Zanimariti ni moč tudi začetkov uporabe električne energije oziroma tako imenovane elektrifikacije, ki je hitrost razvoja le še povečala. Obdobje je, kot primer, omogočilo osemkrat večjo proizvodnjo avtomobilov [3].

Industrija 3.0

S širitvijo uporabe električne energije in razvojem programirljivih logičnih elementov se je v 20. stoletju začelo prvo obdobje računalnikov in bi jo lahko poimenovali tudi digitalna revolucija [3]. Če so bili prvi računalniki ogromne kot sobe velike naprave, ki so bile zmožne le osnovnih logičnih operacij, je nadaljnji razvoj računalniških in informacijskih tehnologij omogočil ogromen napredek k avtomatiziranim proizvodnim procesom. Prvi PLK (programirljivi logični krmilnik) se je pojavil nekje leta 1968 [5]. Od takrat naprej se je razvoj stopnjeval in je omogočil široko uporabo avtomatizacije in digitizacije (pretvorba informacije v digitalno obliko). Pomemben vpliv tega obdobja je tudi izum interneta, odkritje nuklearne energije in robotizacije procesov.

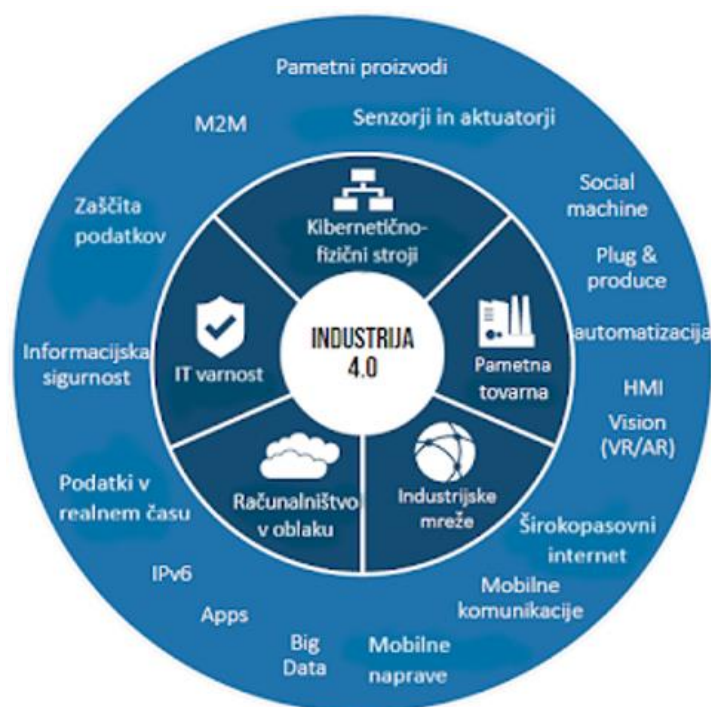
Industrijski robot, kot nova tehnologija, omogoča avtomatizirano večnamensko posluževanje stroja v proizvodnem procesu. Omogoča hitro, natančno in zanesljivo izvajanje programiranih nalog v industrijskem okolju. Uporabljajo se v širokem naboru procesov, kjer so delovne naloge dolgoročno neprimerne ali suhoparne za človeka, predvsem v aplikacijah kot so komisioniranje, sestavljanje (vijačenje), varjenje, preizkušanje itd. Tako so se začeli razvijati avtomatizirani proizvodni procesi, kjer interakcija človeka v proces ni več nujno potrebna in kjer operater proces le nadzoruje in posreduje v primeru defekta.

V začetkih avtomatizacije je robotizacija precej vplivala na stopnjo zaposlenosti, kar iz socialnega in sociološkega vidika ni spodbudno za razvoj. Po drugi strani pa v realnosti omogočijo manjšo obremenitev v rutinskih procesih, ki dolgoročno fizično in psihično slabo vplivajo na človeka. Avtomatizacija seveda omogoča tudi nova kreativna delovna mesta, ki so nastala z razvojem novih tehnologij in omogočajo večji fokus na razvojnem področju novih tehnologij.

Avtomatizacija industrijskih procesov z vsemi sistemi vodenja naprav ob tem tvori veliko količino podatkov, ki so potrebni za delovanje sistemov. To so predvsem podatki senzorskih sistemov, ki so v prvi vrsti namenjeni varnosti človeka, podatki za nadzorovano in varno delovanje stroja samega, itd. Vsi ti podatki se združujejo in procesirajo v strojih samih ali v napravah namenjenih za nadzor lokalnega procesa.

Industrija 4.0

Četrta industrijska revolucija oziroma Industrija 4.0 je trenutna raven razvoja industrije. Platforma Industrija 4.0 je v sklopu projekta za razvoj računalniško podprte proizvodnje v Nemčiji postala globalni sinonim za razvoj tako imenovanih pametnih proizvodnih sistemov [6].



Slika 2: Skupek področij Industrije 4.0. [7]

Industrija 4.0 seveda ni edina pobuda za razvoj industrije saj so lastno pobudo izpostavili tudi na Kitajskem (angl. "Made in China 2025") in Japonskem (angl. "Industrial Value Chain Initiative") [8].

V prejšnji generaciji digitalne industrije (Industrija 3.0) je bila dosežena avtomatizacija proizvodnih procesov, kjer stroj v svojem delovnem režimu deluje po determiniranem algoritmu vodenja in ob tem za zagotavljanje delovanja proizvodnih procesov ustvarjajo veliko količino podatkov. V četrti generaciji industrije se ti podatki zberejo, predelajo in spremenijo v informacije za lažje in učinkovitejše vodenje industrijskega procesa.

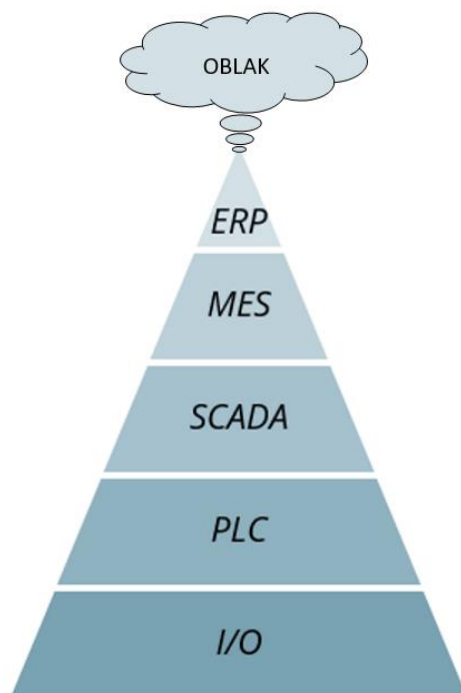
Kot je razvidno iz slike 2 je spekter področij v Industriji 4.0 zelo širok, vendar se podjetja oz. »pametne tovarne« ukvarjajo predvsem s kiber-realnimi sistemi, industrijskim internetom stvari (IIoT) oziroma kar internetom stvari (IoT), računalništvom v oblaku, kognitivnim računalništvom in IT varnostjo [9].

Vsi ti "futuristični" izrazi v splošnem ne predstavljajo drugega kot nek virtualno - realni informacijski center. Ta zagotavlja transparentnost sistema in učinkovito omrežno komunikacijo med vsemi elementi industrijskih procesov kar omogoča, da ljudje, stroji, informacijske naprave itd. med seboj komunicirajo tako interno kot tudi preko celotne organizacijske strukture v vrednostni verigi¹. Po nekih vizijah bi takšni sistemi omogočali, da izdelki sami nadzorujejo svoj proizvodni proces [10], kar bi pomenilo individualno obravnavo vsakega izdelka v verigi - kupec bi lahko svoj izdelek poljubno konfiguriral po lastni želji. S tem bi se proizvodna industrija spet približala ideologiji ročne izdelave končnih produktov, kar je mogoče izvesti predvsem z uporabo IoT tehnologij. Vsaka naprava (od senzorja do celotne naprave, od polizdelkov do končnih izdelkov) se poveže v internetno omrežje, kjer nato komunicira in vzajemno deluje z okoljem.

¹ Zaporedje operacij, ki jih ponuja podjetje, v katerih se dobrinam in storitvam dodaja uporabnost z namenom povečanja odkupne vrednosti za kupca.

Eden večjih korakov k posebitvi te ideologije je digitalna preobrazba podjetij, kar na nekem proizvodnem nivoju pomeni brezpapirno poslovanje, vendar na višjem nivoju predstavlja fuzijo fizičnega in realnega sveta z namenom optimalnega poslovanja podjetja. Nekoliko podrobneje bo pomen digitalne preobrazbe z njenimi koraki realizacije prikazan v naslednjem poglavju praktičnega prikaza Industrije 4.0.

Slika 3 prikazuje trenutno arhitekturno strukturo, ki se predstavlja kot poenostavljena prezentacija kompleksnih avtomatiziranih sistemov v tipični tovarni 4.0.



Slika 3: Poenostavljena arhitekturna ureditev Industrije 4.0. [11]

Najnižji, proizvodni nivo – I/O

Proizvodni nivo vključuje vhodne merilne naprave (merilniki pretoka, senzorji prisotnosti itd.), izhodne naprave oziroma aktuatorje (elektromotorji, pnevmatski cilindri, hidravlični sistemi itd.) in komunikacijske protokole, ki preoblikujejo podatek v obliko primerno za medsebojno izmenjavo med napravami višjega nivoja. Vsi ti moduli se lahko, na najnižjem nivoju, opišejo kot vhodno/izhodne naprave (angl. Input/Output).

Najnižji nivo predstavlja preslikavo digitalnega podatka iz višjega digitalnega nivoja v fizični svet za obdelavo in manipulacijo industrijskega procesa. Za nadzorovano manipulacijo procesa se priporoča uporaba zaprto-zančnih potekov informacij, kar se izvede s pomočjo tako imenovanega monitoringa.

Krmilni nivo – PLC

Je naslednji nivo v vertikalni hierarhiji, kjer se dogaja vsa logika odločanja in vodenja izvajanja procesa nižjega nivoja. Brez uporabe programirljivih logičnih krmilnikov oziroma PLC naprav (angl. PLC) industrija ne bi dobila današnje podobe, saj le-ti skrbijo za pravilen odvzem merilne veličine iz vseh vhodnih naprav (senzorji, mrežne naprave itd.), ki jih nato predelajo in na osnovi algoritma vodenja izvedejo manipulacijo naprav na izhodnih moduli. Praviloma PLC krmili nižje-nivojske naprave, ki izvajajo fizično delo. Ob večjih kompleksnejših sistemih uporaba enega PLC ni dovolj, saj lahko pride do omejitve strojne opreme (npr. prevelika

obremenitev centralno procesne enote) in je potrebno uporabiti več distributivnih krmilnih sistemov, ki proces razdelijo na več podsklopov.

Nadzorni nivo - SCADA

Krmilni sistemi v realnosti zelo hitro preidejo v kompleksne sisteme z več PLC napravami, kar za človeka hitro postane nepregledno. Kot rešitev se uporabljajo SCADA (angl. Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi, ki se uporabljajo za dostop do podatkov in nadzornih sistemov iz enega mesta in HMI (angl. Human - Machine Interface) oziroma vmesnik stroj - človek za grafični prikaz in nadzor sistema. V SCADA nadzorni sistem je tipično vključenih več strojev s kompleksnimi procesi.

Za razliko od krmilnega nivoja je možno preko nadzornega nivoja na proces tudi vplivati. Primer je parametrisiranje PID regulatorja preko HMI vmesnika.

Nivo načrtovanja - MES

Slednji nivo na sistem več ne vpliva lokalno ampak globalno na celotno organizacijo. MES (angl. Management Execution System) oz. sistem za izvajanje upravljanja proizvodnje je računalniški sistem za nadzor in optimizacijo elementov proizvodnega procesa v realnem času [12]. Spremlja celotno vrednostno verigo od surovega materiala do končnega produkta v nekem obratu oz. tovarni.

Tako lahko procesni tehnolog zelo natančno spremlja dogajanje v proizvodnem procesu in na osnovi teh podatkov sprejema odločitve.

Odločitveni nivo - ERP

Najvišji nivo, kjer se sprejemajo odločitve na nivoju celotnega podjetja, bazira na tako imenovanih ERP (angl. Enterprise Resource Planning) procesih oziroma procesi za načrtovanje virov podjetja, ki so najpomembnejši vir informacij za vodenje. ERP sprejema informacije vseh predhodnih nivojev posameznega obrata in spremlja, podaja poročila in izvaja nadzor na nivoju celotne korporacije. Ti procesi zajemajo podatke od nabave, prodaje, marketinga, logistike, proizvodnje, kakovosti in še od mnogih drugih.

Vendar je njihova uspešnost odvisna od kakovostnih in realnih podatkov, ki morajo biti dostopni vsak trenutek. Tukaj pride v ospredje predvsem pomen digitalne transformacije, ki se uvaja z Industrijo 4.0, saj nerealni in zakasneni podatki močno vplivajo na efekt odločitve.

ERP na proizvodnem nivoju pomeni poslovanje brez papirja. Če mora delavec dokumentacijo v sistem vpisovati ročno so verjetnost napak, zakasnitev, izgub dokumentacije zelo mogoči in je uporaba digitalnih sistemov zato logična rešitev. Še lažje je, če so v sklopu odločanja na voljo tudi podatki naprav in njihova produktivnost, kar v končni fazi teorija Industrije 4.0 omogoča.

Oblak z uporabo umetne inteligence

Nad odločitvenim nivojem se uvaja nalaganje in procesiranje podatkov v t. i. oblak (angl. cloud). Računalništvo v oblaku predstavlja razpoložljivost računalniških sistemskih virov na zahtevo, zlasti shranjevanje podatkov (shranjevanje v oblaku) in uporaba računalniške moči brez neposrednega aktivnega upravljanja s strani uporabnika [13]. Kot lahko procesi podatke shranjujejo v oblak, jih lahko na zahtevo tudi pridobijo.

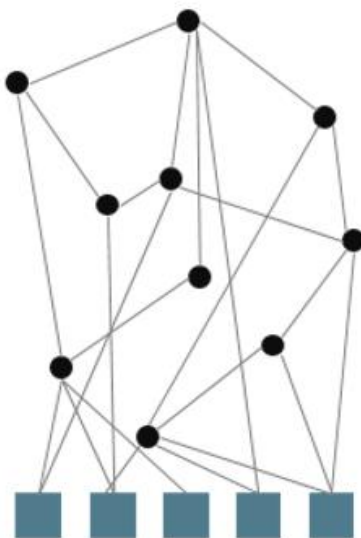
Trenutni industrijski procesi rastejo z vso svojo kompleksnostjo in vsi podatki, generirani v večplastni strukturi zahtevajo zapletene algoritme, ki so sposobni filtrirati koristne informacije in iz njih sprejemati odločitve. Ti samo-učljivi sistemi so t. i. sistemi strojnega učenja ali umetna

inteligenca (angl. "Artificial Intelligence") z zelo razširjeno vejo globokega učenja (angl. "Deep Learning"). Računalniki rešujejo vsesplošne probleme, kot tudi vizualne s pomočjo slikovne zaznave, morda celo z večjo natančnostjo kot so to sposobni ljudje [14].

Prihajajoči trendi

Iz vsakodnevnih izkušenj je znano, da večplastne ureditve, kjer je komunikacija omogočena le med posameznimi sosednjimi plastmi niso vedno najboljše, saj se lahko zgodi, da ni prave povezave med nižje nivojskimi in višje nivojskimi plastmi. Tako lahko v realnosti na primer kakšna informacija iz proizvodnje ne pride do vodje, ki bi lahko glede na podano težavo tudi ustrezno ukrepal.

Vizija razvoja temelji na nadgradnji predstavljene ureditve, kjer se uporaba računalništva v oblaku nadgradi z povezovanjem vseh nivojev v oblaku. Po tem teoretičnem izhodišču lahko senzor svoje vrednosti neposredno pošilja v oblak kjer se ti podatki nato procesirajo v realnem času. To je vizija tako imenovanega mrežnega kibernetско-fizičnega modela.

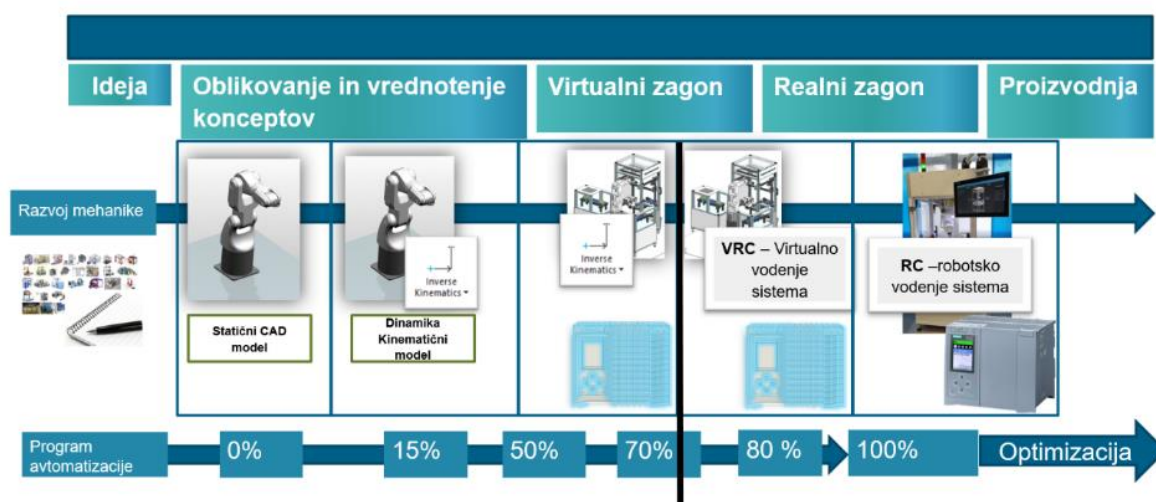


Slika 4: : Nivojska ureditev I4.0 prihodnosti. [11]

V kompleksnih kiber-realnih sistemih so v pametnih tovarnah vedno bolj uporabljeni tako imenovani **digitalni dvojčki** (angl. Digital Tween). Digitalni dvojček je virtualna reprezentacija fizičnega produkta, sredstva, procesa ali storitve, katere namen je razumevanje, prikazovanje in napovedovanje karakteristik obnašanja kompleksnih sistemov [15]. Pogost primer uporabe digitalnega dvojčka je kreiranje digitalnega subjekta, ki zrcali strukturo realnega že obstoječega proizvodnega procesa ali procesa, ki je še v fazi razvoja.

Kot primer se lahko z uporabo programske opreme v zanki oz. angl. »hardware in the loop«² dosega natančne virtualne predstavitve procesov v realnem času, kar je razvidno na sliki 5. Podjetje že v fazi digitalnega načrtovanja popolnoma pripravi projekt, preveri lastno zmožnost izgradnje in predvidi ter odpravi vse faktorje, ki bi lahko pri realizaciji povzročali težave.

² Gre za integracijo programske opreme istih, kot tudi različnih, proizvajalcev za razvoj in testiranje kompleksnih vgrajenih sistemov v realnem času.



Slika 5: Metodologija razvoja stroja s pomočjo virtualnih pripomočkov. [15]

V strojegradnji to pomeni razvoj stroja do stopnje virtualnega zagona (Slika 5), kar omogoča bistveno lažji razvoj, lažjo implementacijo v realni svet ter manjše stroške testiranja ob razvoju sistemov.

Industrija v realnosti

Glede na teoretičen opis industrijskih obdobj ugotovimo, da je velik del industrij še vedno na nivoju Industrije 3.0 ali na prehodu na nove metode in bo potrebno še nekaj let za doseg idejnega koncepta Industrije 4.0 oz. digitalizacija proizvodnih procesov na globalnem nivoju. Ta podjetja so priča težkim časom na trgu, predvsem zaradi proizvodne krize, pomanjkanja surovin in čakalnim dobam za ključne komponente. Sistemi z avtomatizacijo postajajo kompleksnejši s potrebo upoštevanja več faktorjev za učinkovito in ekonomično delovanje. Podjetja so potisnjena v iskanje rešitev digitalizacij procesov, kar jim bo na trgu omogočilo hitro odzivnost in konkurenčnost.

Glede na zapisano je eden večjih korakov k Industriji 4.0 digitalizacija. Z digitalizacijo se dvigne konkurenčnost – »razumeti trg, razumeti svoje partnerje, skupaj z njimi razvijati stvari, agilno poslovati in biti inovativen. Na drugi strani pa je osnovna korist digitalizacije dvig produktivnosti. Digitalizacija dviguje tudi kvaliteto poslovnih procesov, izboljšuje dostop do informacij tako za zaposlene kot kupce ter izboljšuje odzivni čas za posluževanje stranke« [16].

V industrijskem okolju je digitalizacija iz teoretičnega vidika dokaj logična pot k izboljšanju dolgoročne stabilnosti podjetja. Vendar vzpostavitev digitalnega oz. kibernetskega okolja v manjših podjetjih in v že obstoječih obratih ni tako enostavna. Eden izmed korakov je seveda digitalizacija "papirnatih" dokumentov kjer je, kot smo izpostavili že predhodno, kakovost odvisna predvsem od človeškega faktorja. Pomemben korak je tudi digitalizacija proizvodnje.

»Izkušnje s terena so pokazale, da so podjetja z digitalizacijo skrajšala odzivni čas (tudi do 99 %), znižala število reklamacij zaradi napačne dokumentacije (do 67 %), skrajšala zamude dobavnih rokov (do 62 %) in povečala izkoriščenost strojev (do 13 %).« [17]

Začnimo na začetku verige digitalne transformacije proizvodnega procesa. Kot primer podjetje, ki na trgu ponuja splošno obdelavo kovin, v svojem času delovanja vzpostavi širok strojni park obdelovalnih naprav. Nabor zajema od starih konvencionalnih strojev do novih obdelovalnih naprav z možnostjo povezovanja preko različnih komunikacijskih protokolov. Glede na predstavljene rezultate iz "terena", bi si podjetje želelo digitalne transformacije proizvodnih procesov.

Za celovit nadzor nad procesom je torej potrebna implementacija starejših konvencionalnih obdelovalnih strojev v digitalni svet saj le-ti stroji, kljub zastarelosti, delujejo in nakup novih ni potreben. Posledično je podjetje primorano nekako pretvoriti analogne signale/veličine s strojev v digitalne "ničle in enke" bitne vrednosti, ki jih lahko nato v realnem času uporabijo za optimizacijo in nadzor procesa. Temu koraku pravimo **digitizacija** in je potrebna za pridobivanje podatkov iz strojev. Po drugi strani novejši stroji to že omogočajo. Za oboje je nato potrebno paziti le na pravilno izbiro komunikacijskega protokola in obliko podatkov, da so skladni in pripravljeni za napredno obdelavo.

Naslednji korak je **digitalizacija**, ki uporablja digitalne tehnologije in podatke (digitiziranih in/ali izvirno digitalnih), da bi ustvarili prihodke, izboljšali poslovanje, zamenjali/preoblikovali poslovne procese ter predvsem ustvarili okolje za digitalno poslovanje katerega jedro predstavljajo digitalne informacije [17].

Na tem mestu mora podjetje izvesti fuzijo podatkov, ki vsebujejo podatke iz proizvodnih strojev, senzorjev, krmilnikov, aktuatorjev, itd. in splošnih podatkov podjetja iz projektnega managementa, kontrole kakovosti, razvoja, nabave, prodaje ter kadrovanja.

»Digitizacija« samega procesa je nemogoča. Lahko pa poskrbite za avtomatizacijo procesa z digitalizacijo informacij in implementiranjem tehnologije za namene avtomatizacije [17].

Skupni imenovalac procesov je že omenjena digitalna preobrazba ali transformacija. Splošna **definicija digitalne transformacije** bi lahko bila:

»Digitalna transformacija je globoka in pospešena preobrazba poslovnih dejavnosti, procesov, kompetenc in modelov s katerimi lahko v celoti izkoristite spremembe in priložnosti digitalnih tehnologij ter njihov vpliv na družbo za doseganje strateških in konkurenčnih prednosti« [17].

Pri digitalni transformaciji v podjetju je potrebno kljub vsemu vedeti, da se ne uvede kar čez noč ampak je za to potrebno precej časa, znanja, pravih metod in predvsem je potrebno, s pomočjo uvajanja digitalne pismenosti, začeti živeti z dobo digitalizacije.

Z ozirom na prej omenjeno izmišljeno podjetje so vsi podatki sedaj shranjeni nekje v virtualni shrambi in so dosegljivi v realnem času, kjer je dostop do spleta mogoč. Vendar se tukaj porodita dve vprašanji:

- Kako manipulirati s tako veliko količino podatkov?
- Kako je z varnostjo takšnih sistemov?

Prvemu vprašanju se vsekakor nagiba predvsem odgovor z globokim učenjem. Ob izvajanju implementacije vizije Industrije 4.0 je relativno težko, da podjetje ne bi izvedlo implementacije vsaj nekega inteligentnega sistema za filtriranje in uporabo informacij z namenom sprejemanja odločitev [14].

Vsem informacijam (angl. Big Data) in inteligentnim odločitvenim sistemom sledi vprašanje varnosti, sledljivosti in zaupanja takšnim inteligentnim procesom. V industriji se uvajajo tehnologije veriženja blokov (angl. "Blockchain"), ki so v uporabi v svetu kriptovalut (Bitcoin), pametnih pogodb in drugih aplikacijah.

Veriga blokov je rastoči seznam zapisov, imenovanih bloki, ki so med seboj varno povezani s pomočjo kriptografije. Vsak blok vsebuje kriptografsko zapis prejšnjega bloka, časovni žig in podatke o transakciji. Časovni žig dokazuje, da so podatki o transakciji obstajali, ko je bil blok objavljen. Ker vsak blok vsebuje podatke o prejšnjem bloku ti tvorijo verigo, pri čemer vsak dodatni blok okrepi prejšnjega. Zato so verige blokov odporne proti spreminjanju svojih podatkov saj podatkov v posameznem bloku, ko so enkrat zapisani, ni mogoče spremeniti za nazaj ne da bi spremenili vse naslednje bloke [18].

Ta metoda je uporabna tudi pri izbranem podjetju za varno in transparentno hranjenje podatkov, ki so vedno dostopni. S tem lahko podjetje spremlja proces delovanja samega sebe, kot tudi kupec, ki si želi sledljivost in relevantnost podatkov svojega izdelka, predvsem pri kupcih polizdelkov za kasnejše implementacije v svoje končne produkte. Uporaba opisane metode je le ena iz med mnogih rešitev realizacije pametne tovarne na nivoju Industrije 4.0.

Industrija 5.0

Dobro desetletje po predstavitvi Nemške ideje o Industriji 4.0 je Evropska komisija že napovedala novo različico z imenom Industrija 5.0 [19]. Če Industrija 4.0 temelji predvsem na pretvorbi podatkov v informacije za namene boljše avtomatizacije procesov predvsem s pomočjo informacijskih tehnologij in večjih dobičkov, se v nasprotju nova vizija industrije opira na poudarek pomena splošnega človeka. Z vlaganjem v zaposlene, delničarje, družbo itd. si želijo ponovno utrditev položaja srednjega delovnega razreda in socialno stabilnost. Dobiček pri tem je posledica oz. je pristranski in ne več osrednji cilj.

Filozofija temelji na sodelovanju robota in človeka pri čem se išče zlata sredina medsebojnega sodelovanja za izboljšanje učinkovitosti in produktivnosti. Človek dela kreativna dela in robot monotona ter težka dela. Ob tem sloni na tehnologiji nivoja Industrije 4.0 z uporabo funkcij "blockchain", virtualnih okolij (primer je novo virtualno okolje Metaverse, kjer se lahko pričakuje ustvarjanje novih virtualnih ekonomij, delovnih mest, itd.). Torej prihodnja vizija Industrije 5.0 ni posledica nove tehnologije, ki bi postavila prelomnico, vendar temelji na vpeljavi novih navad in kultur v podjetjih.

Zaključek

Od zgodnjih začetkov do sedanje stopnje industrijskega razvoja je preteklo le nekaj generacij, vendar se je fizična interakcija v proizvodnem procesu za človeka močno spremenila. Od težkih garaških proizvodenj, človek v sedanji avtomatizirani tovarni izvaja le lažja dela, kot so nadzor in preverjanje kakovosti oziroma dela v procesih, kjer trenutna tehnologija še ni dovolj zrela. Človek je in v prihodnosti tudi bo, po predvidevanjih in vizijah Industrije 5.0, ostal ključen del v vrednostni verigi proizvodnih procesov.

Hiter napredek v tehnologijah lahko v naslednjih nekaj letih pripelje do novih odkritij in novih industrijskih revolucij, katerih glavni izziv bo sprememba navad človeka.

Viri in literatura

- [1] "1000+ People of the Millenium and Beyond." Dostopno na: <https://www.erih.net/how-it-started/industrial-history-of-european-countries> (07. 2022).
- [2] S. Evrope, "Industrial History of European Countries." [Online]. Dostopno na: <https://www.erih.net/how-it-started/industrial-history-of-european-countries>
- [3] Desouttertools. "Industrijska revolucija – od industrije 1.0 do industrije 4.0." Dostopno na: <https://www.desouttertools.si/industrija-4-0/novice/654/industrijska-revolucija-od-industrije-1-0-do-industrije-4-0> (07. 2022).
- [4] S. Muntone, "Second Industrial Revolution." [Online]. Dostopno na: <https://web.archive.org/web/2013102224325/http://www.education.com/study-help/article/us-history-glided-age-technological-revolution/>
- [5] "Wikipedia.org, Programmable logic controller." Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller (07. 2022).
- [6] vdi-nachrichten.com, "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industrial Revolution." [Online]. Dostopno na: <https://web.archive.org/web/20130304101009/http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Industrie-4-0-Mit-dem-Internet-der-Dinge-auf-dem-Weg-zur-4-industriellen-Revolution/52570/1>
- [7] I.-T. 04, "NOVA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA." [Online]. Dostopno na: <https://tim4-industrija40.blogspot.com/2019/04/nova-industrijska-revolucija.html>
- [8] T. Perme, "Industrija 4.0 in priložnost za energetska učinkovitost," presented at the Posvet sekcije za okolje in prostor, Otočec, 2017. [Online]. Available: https://www.gzdbk.si/media/pdf/sekcije/SOE/2017/01_Perme.pdf.
- [9] P. F. Heiner Lasi, Hans-Georg Kemper, Thomas Feld & Michael Hoffmann "Industry 4.0," vol. 6, DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- [10] H. Kagermann, "Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik," Chancen von Industrie 4.0 nutzen, Str. 603-614 DOI: 10.1007/978-3-658-04682-8_31.
- [11] K. L. Lueth, "Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future?." [Online]. Dostopno na: <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/>
- [12] M. Michael, Applying Manufacturing Execution Systems. 1997.
- [13] A. Y. Montazerolghaem, Mohammad Hossein, "Green Cloud Multimedia Networking: NFV/SDN Based Energy-Efficient Resource Allocation," DOI: 10.1109/TGCN.2020.2982821.
- [14] M. F. Jernej Hernavs, Lucijano Berus, Rebeka Rudolf, Simon Klančnik "Deep Learning in Industry 4.0 – Brief Overview," presented at the COMETa2018, Jahorina, B&H, 2018.
- [15] R. Belšak, "ZASNOVA DIGITALNEGA DVOJČKA ROBOTSKE CELICE ZA KONTROLO KAKOVOSTI IZDELKOV," UM, 2021. [Online]. Dostopno na: <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=80443&lang=slv>
- [16] B. Perko. (2019) Izkoristite, kar ponuja digitalizacija. DIGITALIZACIJA glas gospodarstva. 6-7. Dostopno na: <https://www.gzs.si/Portals/SN-informacije-Pomoc/Vsebine/GG/2019/2019-november/GG-DIG%2011%202019%20low%20rez.pdf>
- [17] D. Švetak. (2019) Digitalizacija in digitalna preobrazba? Drama? IRT3000. Dostopno na: <https://www.irt3000.si/mma/Uvodnik93-IRT3000.pdf/2019092611115040/?m=1569489110>
- [18] "Blockchain." Dostopno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain> (07. 2022).

- [19] Y. L. Xun Xu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang, "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception," vol. 61, Str. 530-535. [Online]. Dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>



Kreacije Sanje Veličković

Odzivni javni prevoz - storitev, ki se prilagaja potrebam potnikov

**asist. Katja Hanžič, asist. Maršenka Marksel,
viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič, doc. dr. Tomislav Letnik**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

katja.hanzic@um.si

Povzetek

Sodoben življenjski slog od ljudi zahteva večjo mobilnost in uskladitev teh zahtev z okoljskimi vidiki prometa predstavlja precejšen izziv. Zmanjšanje osebne motorne prometa ter povečanje uporabe javnega prevoza, kolesarjenja in drugih alternativnih oblik trajnostne mobilnosti je eden izmed ciljev prometne politike. Vendar pa osebni motorni promet ponuja prilagodljivost in udobje, ki je pogosto privlačnejši kakor tog javni prevoz. Vzel med obema zapolnjuje javni prevoz, ki se odziva na povpraševanje¹ ter ponuja določeno prilagodljivost uporabniku. Odziven javni prevoz se uporabnikom lahko prilagaja časovno, lahko se prilagaja prostorsko (potek linije), lahko pa se izvaja kot kombinacija časovnega in prostorskega prilagajanja uporabnikom.

Odziven oziroma prožen javni prevoz se v različnih oblikah uporablja že od konca šestdesetih oziroma začetka sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Vendar je šele v zadnjem desetletju napredek tehnologije vezane na uporabo pametnih telefonov omogočil boljšo odzivnost in enostavnost uporabe. Dosedanje izkušnje kažejo, da se uspešnost modernih sistemov odzivnega prevoza z uporabo najnovejših tehnologij ni pomembno izboljšala. Različni avtorji ugotavljajo, da so uspešnejši bolj enostavni sistemi ter sistemi z nižjimi stroški. Najnovejše raziskave pa ugotavljajo povezavo med stališči in odnosom potencialnih uporabnikov do tehnologije in odzivnega prevoza, kar se lahko izkaže kot zelo uporabno za ocenjevanje potreb po odzivnem prevozu in načrtovanjem le-tega.

Ključne besede: javni prevoz, odziven prevoz, IKT tehnologija, razvoj, omejitve

Kaj je odziven javni prevoz

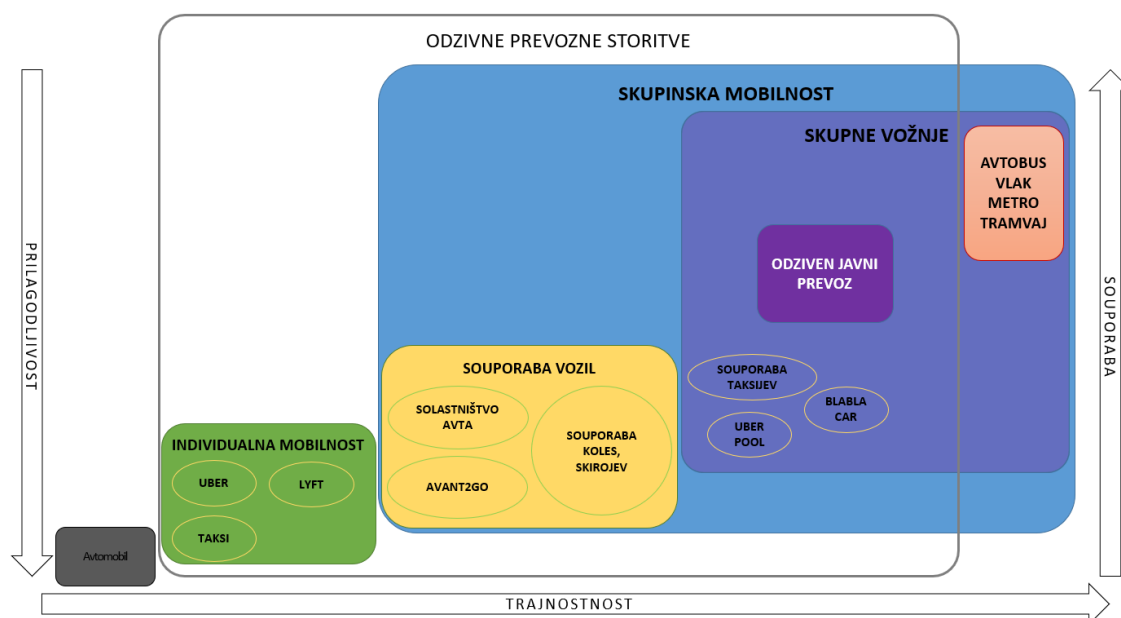
Organizacijo javnega prevoza lahko v grobem razdelimo na dve skupini – redni linijski prevoz in na prevoz, ki se izvaja glede na izraženo povpraševanje (prevoz, ki se odziva na potrebe uporabnikov). Redni javni linijski prevoz ima vnaprej določen urnik in linijo, ki sta neodvisna od števila potnikov, ki potujejo v izbranem dnevu na izbrani liniji [1]. Prevoz se torej izvaja tudi, če ni nobenega potnika, ki bi prevoz uporabil. Na daljše časovno obdobje se redni linijski prevoz potrebam uporabnikov prilagaja s spremembami voznih redov in/ali linij.

Odziven javni prevoz se odziva na potrebe svojih uporabnikov in se jim prilagaja – vsakodnevne operacije so določene z izraženimi zahtevami uporabnikov [2]. Večinoma se za odziven javni prevoz uporabljajo manjša vozila, zanj so značilni prilagodljivi urniki in/ali poti, predvsem pa gre za skupne vožnje med vstopnimi in izstopnimi lokacijami določenimi glede na potrebe

¹ V angleščini »Demand Responsive Transport – DRT«

potnikov [2]. Odziven javni prevoz se uporabnikom lahko prilagaja časovno, lahko se prilagaja prostorsko (potek linije), lahko pa se izvaja kot kombinacija časovnega in prostorskega prilagajanja uporabnikom.

Odziven javni prevoz se rednemu linijskemu prometu približuje z vidika trajnosti in souporabe², hkrati pa omogoča večjo stopnjo prilagajanja kakor redni linijski promet kot je prikazano na Sliki 1 spodaj.



Slika 1: Značilnosti različnih prevoznih storitev glede na trajnost, souporabo in prilagodljivost [3]

Odziven javni prevoz ni v enoznačnem odnosu z rednim linijskim prevozom temveč lahko le-tega dopolnjuje, nadomešča ali pa deluje neodvisno. Za opis različnih oblik odnosa oziroma povezovanja je bilo razvitih več tipologij. Enoch je s soavtorji odnos med odzivnim in rednim javnim prevozom opredelil na podlagi funkcije, ki jo odzivni promet opravlja [4]:

- dopolnilna funkcija: zagotavlja dovajalne povezave za redni linijski prevoz, uporabniki odzivnega prevoza prestopajo na redni linijski prevoz;
- funkcija omrežnega servisa: dopolnjuje redni linijski prevoz z zagotavljanjem dodatnih storitev ali z nadomeščanjem rednega linijskega prevoza v določenem časovnem obdobju in/ali na določenem prostoru;
- funkcija povezovanja destinacije: v ospredju je zagotavljanje prevoza do določene destinacije (npr. letališča, turističnega središča ipd.), prvenstveno se prevoz prilagaja potrebam destinacije in se ne usklajuje z drugim javnim prevozom;
- funkcija nadomestitve: odzivni prevoz v celoti nadomesti redni linijski prevoz in prevzame njegovo funkcijo.

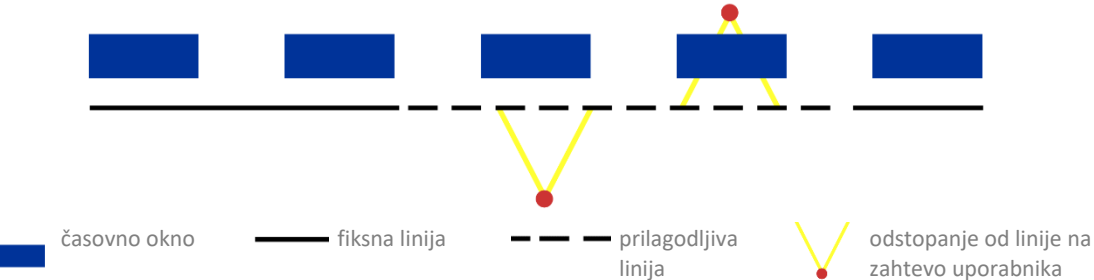
² V angleščini »shareability«

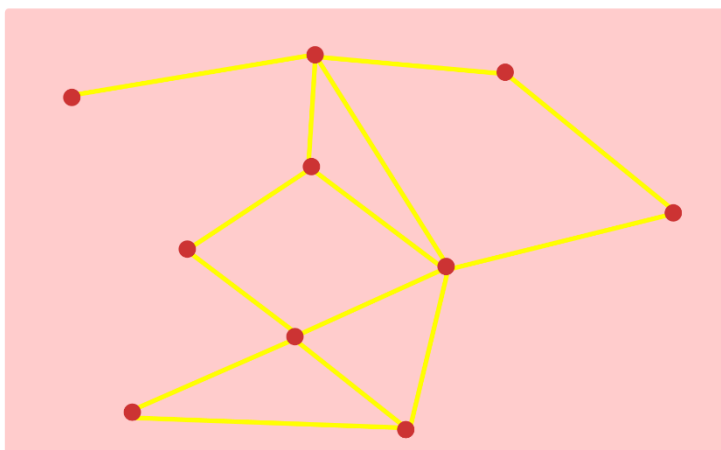
Redni linijski promet se torej od odzivnega prometa razlikuj v zmožnosti prilagajanja potrebam uporabnika oziroma v personalizaciji opravljene storitve. Glede na način prilagajanja uporabnikom ga lahko v splošnem delimo na štiri tipe [5]:

- fiksna linija s prilagodljivim voznim redom (urnikom),
- fiksna linija z vnaprej možnimi odstopanji na zahtevo uporabnika,
- fleksibilna linija s fiksnim naborem postaj,
- fleksibilna linija s prilagodljivimi postanki (storitev »od vrat do vrat«, zelo podobna storitvam taksija).

Značilnosti posamičnega tipa prožnega/odzivnega potniškega prometa so prikazane v Tabeli 1 spodaj.

Tabela 1: Tipi in značilnosti prožnega/odzivnega potniškega prometa [5]

Fiksna linija s prilagodljivim voznim redom (urnikom)   časovno okno  fiksna linija Linija, po kateri poteka prevoz, je fiksno določena skupaj s postajami. Prevoz se izvaja znotraj vnaprej določenih časovnih oken glede na izražene potrebe uporabnikov, če le-teh ni, se prevoz ne izvaja. Lahko pa se prevoz izvaja samo na zahtevo uporabnikov brez vnaprej določenih časovnih oken.	Fiksna linija z vnaprej možnimi odstopanji na zahtevo uporabnika   časovno okno  fiksna linija  prilagodljiva linija  odstopanje od linije na zahtevo uporabnika Linija, po kateri poteka prevoz, je določena, na liniji so tudi določeni odseki, kjer je možno prilagajanje oziroma odstopanje od fiksne linije. Določene so postaje, kamor se prevoz izvede le v primeru, da so uporabniki izrazili potrebo (najava vstopa ali izstopa). Brez najave vstopa ali izstopa, prevoznik prevoza do takšne postaje ne izvede. Prevoz se izvaja znotraj vnaprej določenih časovnih okenih.
---	--

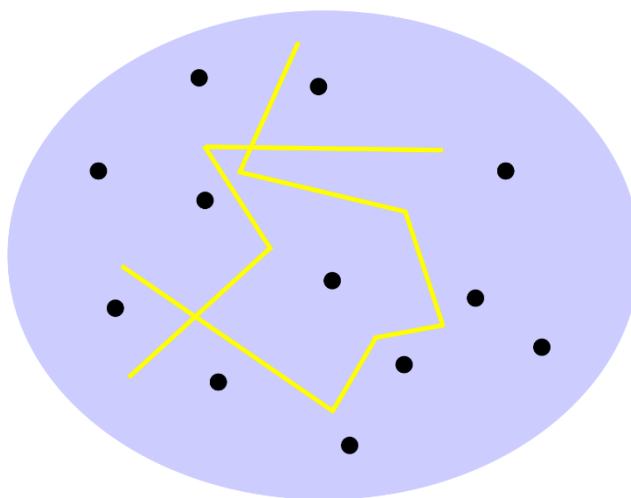
Fleksibilna linija s fiksnim naborom postaj

 območje delovanja

 postaje na območju delovanja

 možen potek linije

Določeno je območje delovanja prevoza skupaj s fiksnim naborom postaj. Potek linije se vsakokrat prilagaja potrebam uporabnikov, obišče pa zgolj postaje iz svojega nabora. Prevoz se opravlja brez vnaprej določenega urnika, časovno se prevoz prilagaja potrebam uporabnikov. Le-ti ob rezervaciji prevoza izberejo časovna okna, ki jim ustrezajo.

Fleksibilna linija s prilagodljivimi postanki (storitev »od vrat do vrat«)

 območje delovanja

 postaje na območju delovanja

 možen potek linije

V tem primeru je določeno zgolj območje delovanja prevoza, postaje in časovna izvedba se prilagaja uporabnikom. Ta tip prevoza je podoben storitvam souporabe taksija. Takšne vrste storitev so največkrat v uporabi za prevoze ljudi s posebnimi potrebami (gibalno ovirane osebe, slepi in slabovidni) ter marginaliziranih skupin (npr. prostovoljci, ki prevažajo starostnike).

Za izvajanje odzivnega potniškega prometa je nujno potrebno, da uporabniki svoje potrebe po prevozu najavijo prevozniku. Običajno je uporabnikom na voljo več možnosti za najavo potrebe oziroma rezervacijo storitve – od telefonskega klica, rezervacije na spletu ali rezervacije preko aplikacije. Na podlagi izvedenih rezervacij (pogosto so rezervacije do določenega časovnega obdobja pred izvedbo storitve prevoza) prevoznik nato načrtuje izvedbo prevoza za določen dan [2].

Koncept odzivnega potniškega prometa ni nekaj novega, saj se takšne storitve izvajajo že mnogo let in igrajo vse večjo vlogo pri načrtovanju omrežja javnega potniškega prometa [6]. Začetki odzivnega potniškega prometa segajo v šestdeseta leta prejšnjega stoletja, ko se je takšen način prevoza pričel izvajati za potrebe oseb z omejeno mobilnostjo oziroma socialno izključenih oseb (starejši) – kot takšen se mnogokje izvaja še danes [2]. Vendar je šele v zadnjih letih napredek tehnologije vezane na uporabo pametnih telefonov omogočil hitrejši razmah. Še do pred kratkim je bila uporabnost odzivnega potniškega prometa omejena predvsem zaradi potrebe po rezervaciji prevoza precej vnaprej (tudi več kot en dan), kar je pomenilo, da so morali uporabniki svoje poti načrtovati mnogo prej, opraviti rezervacijo ter pridobiti povratne informacije od prevoznika – vse to je večinoma potekalo preko telefona. Dandanes so te omejitve s sodobno tehnologijo in tehnološkimi rešitvami v veliki meri odpravljene, saj je podprto tako povpraševanje (rezervacije) s strani uporabnikov kakor tudi načrtovanje izvedbe prevozov na strani ponudnikov. Z omogočanjem načrtovanja prevoza v relativno kratkem času je tudi prilagodljivost potrebam uporabnikov večja.

Informacijsko-komunikacijska tehnologija in odzivni prevoz

Prilagodljiv prevoz se skozi zgodovino pojavlja v različnih oblikah, z razmahom avtomobilizma in kulture osebnega avtomobila, koncem naftne krize v 70-ih letih prejšnjega stoletja ter favoriziranjem železniških prevozov in linijskega avtobusnega prometa, so bile skupne vožnje, souporaba taksijev, mini-busi in podobno, potisnjeni na obrobje. Prilagodljiv prevoz se je v Evropi tako razvijal predvsem v obliki prevozov na klic od vrat do vrat za gibalno ovirane, invalide in ostarele največkrat na podeželskih, redko naseljenih območjih [7]. Takšni prevozi na zahtevo so se v svojih začetkih izvajali brez podpore IKT, rezervacije so potekale preko telefona ali z osebno rezervacijo v rezervacijskem centru. To je uporabnikom sicer omogočalo določeno stopnjo prilagodljivosti svojim potrebam ob predpogoju, da so rezervacijo storitve rezervirali/naročili nekaj dni pred samo izvedbo. Načrtovanje izvedbe prevozov je najprej namreč potekalo ročno, šele kasneje pa tudi z uporabo preglednic. Brez možnosti hitre obdelave zahtev po prevozu in načrtovanja izvedbe je storitev odzivnega prevoza ostala omejena na ozek krog uporabnikov. Ob tem je bila tudi deležna precejšnjih kritik zaradi visokih stroškov, pomanjkanja prilagodljivosti in nezmožnosti prilagoditve povečanemu povpraševanju [8]. Šele z razvojem informacijskih tehnologij ter transportne telematike je bilo omogočeno razporejanje velikega števila povpraševanj po prevozu v relativno kratkem času pred samo izvedbo prevoza ter obdelava ponavljajočih se zahtev [9]. Odzivni javni promet se je z uvajanjem informacijskih storitev in telematike končno lahko približal fleksibilnosti, ki jo omogoča osebni motoriziran promet, ter hkrati ponudil cene na ravni vozovnic rednega javnega prometa (v nasprotju s storitvami taksijev, ki omogočajo popolno fleksibilnost ob visokih cenah).

S pojavom informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) in inteligentnih transportnih sistemov (ITS) je omogočena odzivnost v realnem času in prilagajanje potrebam uporabnikom. Nekateri izmed pomembnih razvojnih mejniki IKT in ITS, ki so omogočili resnično odzivnost, so [7]:

- računalniško podprte rezervacije,
- računalniško podprto načrtovanje poti in razporejanje rezervacijskih zahtev,
- upravljanje operacij vozil z uporabo samodejnega lociranja vozil ter vstopnih in izstopnih lokacij med izvrševanjem samih operacij,
- načrtovanje, rezerviranje in upravljanje operacij z uporabo GIS in drugih storitev,
- naprave v vozilu, ki omogočajo prikaz poti, rezervacij in vrstnega reda vstopov in izstopov ter spremembe v realnem času,
- upravljanje in delo z velikimi bazami podatkov,
- sistemi spremljanja in prikazovanja informacij v realnem času,
- sistemi plačil storitev.

Razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije in telematike ter njun učinek na odzivni javni promet lahko razdelimo na tri stopnje, ki temeljijo bolj na pojavnih oblikah te vrste prevozov in ne toliko na uvajanju informacijsko-komunikacijske tehnologije [10]:

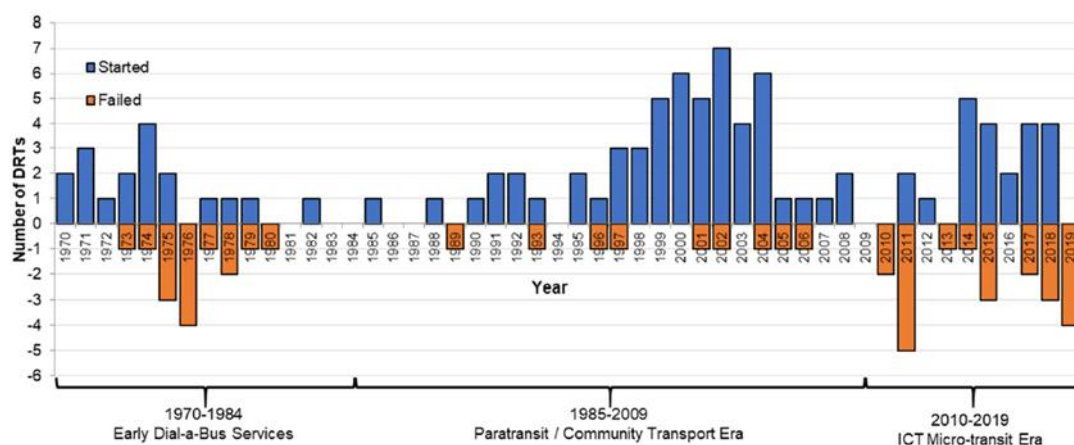
- Zgodnji sistemi tipa 'avtobusni prevoz na klic' (1970-1984): prvi sistemi prevozov na klic.
- Paraprevoz³/ Obdobje prevozov skupnosti (1985-2009): v ZDA gre za razvoj prevozov na klic namenjenim ranljivim skupinam (invalidi), v Združenem kraljestvu gre za razvoj avtobusnih prevozov na zahtevo v redkeje poseljenih območjih, kjer so bile ukinjene redne povezave. Storitve so bile namenjene predvsem socialno šibkejšim prebivalcem ali ogroženim skupinam, zaradi tega s bili prevozi močno subvencionirani ob veliki vpetosti prostovoljcev (voznikov).
- IKT mikro odzivni prevozi (2010-2019): delovanje temelji na modernih IKT tehnologijah.

Analiza obstoja in življenjske dobe 120 različnih servisov, ki so ponujali storitve odzivnega prevoza od začetkov v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja do vključno leta 2019 je pokazala (11):

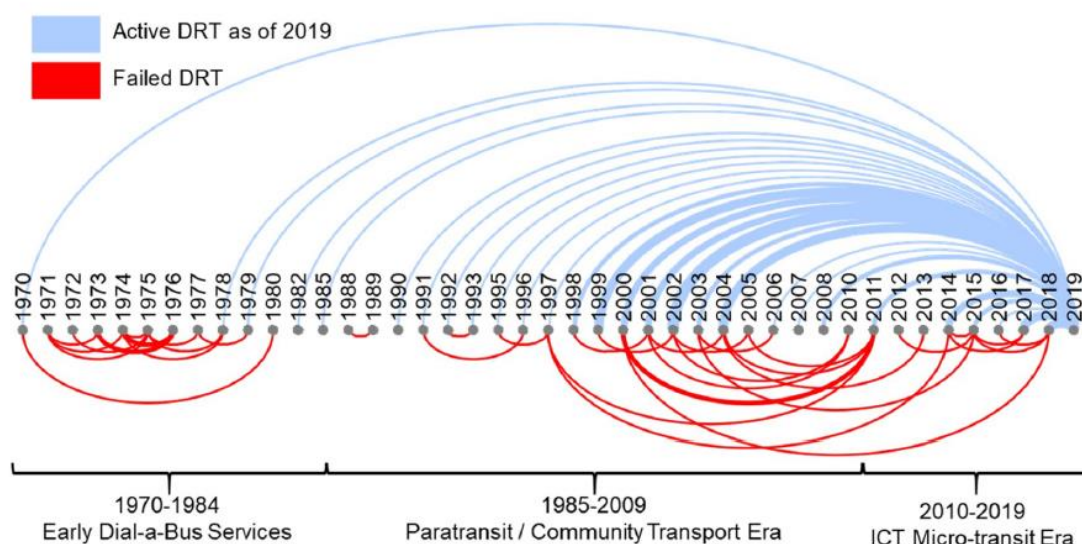
- 81 % prvotnih storitev odzivnega prevoza iz obdobja 1970-1984 je propadlo,
- do leta 2019 je propadlo tudi 45 % storitev odzivnega prevoza iz obdobja 2009-2019.

Obstoj in življenjska doba analiziranih storitev odzivnega prevoza sta prikazani na Sliki 2 in Sliki 3.

³ V angleščini »Paratransit«, izraz je uveljavljen predvsem v ZDA za prevoze na zahtevo, v slovenščino se prevaja kot paraprevoz in pomeni '.....obliko javnega prevoza, ki se prilagaja potrebam uporabnika.'



Slika 2: Frekvenčna porazdelitev zagonov in propadov storitev odzivnega prevoza [10]



Slika 3: Življenjska doba analiziranih storitev odzivnega prevoza [10]

Zanimivo je, da se stroški odzivnega prevoza zaradi uvajanja IKT tehnologije niso pomembno znižali. Obstaja celo nekaj dokazov, da stroški na potnika od leta 2000 naprej celo naraščajo, kar kaže na to, da so novejšie storitve dražje oziroma pa prepeljejo manj potnikov [10]. Sama uvedba tehnologije torej ne vpliva na uspešnost odzivnega prevoza.

Kateri so torej dejavniki, ki vplivajo na to ali bo odzivni prevoz preživel v daljšem časovnem obdobju? Več avtorjev je raziskovalo razloge za neuspešnost storitev odzivnih prevozov. Enoch s soavtorji ugotavlja, da je za uspešnost odzivnega prevoza pomembnih več dejavnikov [11]:

- stroški odzivnega prevoza morajo biti realistično ocenjeni,
- storitve morajo biti načrtovane skladno s potrebami območja izvajanja (storitve ne smejo biti predimenzionirane ter ponujati večje prilagodljivosti kot je nujno potrebno),
- uporabljena mora biti minimalno potrebna tehnologija in ne več kot to.

Brake s soavtorji [12] navaja:

- jasno opredelitev povezave med nujnimi stroški in sposobnostjo preživetja storitve ter izogibanje ne nujnim stroškom,
- prilagoditev tehnologije potrebam uporabnikov (razumevanje s kakšno tehnologijo je možno izpolnjevati potrebe uporabnikov),
- načrtovanje sistema in storitev tako, da bodo skladne s potrebami uporabnikov v okviru obstoječih omejitev (stroški, območje, zakonodaja ipd.)
- zagotoviti je potrebno vidnost storitev (marketinške in promocijske kampanje).

Currie in Fournier [10] pa poudarjata, da so na splošno uspešnejše storitve odzivnega prevoza z nižjimi stroški, specialne storitve (npr. prevozi na klic za invalide) in enostavnejši sistemi odzivnih prevozov oziroma takšni, ki ponujajo omejene možnosti prilagajanja.

Vsem zgornjim avtorjem je skupno zagovarjanje teze, da je potrebno uporabiti zgolj nujno potrebno tehnologijo in ne več kot to. Predvsem je to pomembno z vidika stroškov kakor tudi z vidika uporabnika.

Zaključek

Uspešnost odzivnega prevoza se od začetkov pa do danes, ko je z uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije dosežena neprimerljivo boljša odzivnost in enostavnost uporabe, ni pomembno izboljšala. Različni avtorji ugotavljajo, da uporaba tehnologije lahko tudi negativno vpliva na uspešnost odzivnega prometa, saj lahko povzroči previsoke stroške ali preveliko kompleksnost, ki ne ustreza dejanskim potrebam uporabnikom.

Za uspešnost odzivnega prevoza je najprej potrebna torej ustrezna zasnova učinkovitega sistema odzivnega prevoza, ki ustreza potrebam uporabnikov. Pri uporabi IKT-ja in ITS-a je potrebno zadeve čim bolj poenostaviti ter narediti uporabo preprosto za uporabnika in ne uporabljati vsega, kar tehnologija dandanes omogoča. Večina sistemov namreč deluje najbolje, če so preprosti in ne preveč zapleteni.

Viri in literatura

- [1] The key factors for providing successful public transport in low-density areas in the Netherlands. De Jong, Wouter, in drugi. 2011, Research in Transportation Business & Management, str. 65-73.
- [2] Interreg Europe. Demand Responsive Transport. A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy. Junij 2018.
- [3] Multi-agent simulation for planning and designing new shared mobility services. Inturri, Giuseppe, in drugi. s.l.: Elsevier, 2019, Research in Transportation Economics, Izv. 73, str. 34-44.
- [4] Enoch, Marcus, in drugi. INTERMODE: Innovations in Demand Responsive Transport. Manchester: Department for Transport and the Greater Manchester Passenger Transport Executive, 2004.
- [5] Klemenčič, Mitja in Jurič, Branko. Joint Best Practice Report. Maribor: University of Maribor, Faculty of Civil Engineering, 2013.

- [6] Best practice demand responsive transport (DRT) policy. Logan, Paul. 2, s.l.: ARRB Group Ltd, June 2007, Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice, Izv. 16, str. 50-59.
- [7] Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of paratransit. Finn, Brendan. 2012, Research in Transportation Business & Management, str. 39-49.
- [8] Barriers to implementing flexible transport services: An international comparison of the experiences in Australia, Europe and USA. Mulley, Corinne, in drugi. s.l.: Elsevier, 2012, Research in Transportation Business & Management, Izv. 3, str. 3-11.
- [9] Demand responsive transport: towards the emergence of a new market segment. Brake, Jenny, Nelson, John D. in Wright, Steve. 2004, Journal of Transport Geography, Izv. 12, str. 323-337.
- [10] Why most DRT/Micro-Transits fail – What the survivors tell us about progress. Currie, Graham in Fournier, Nicholas. v tisku, Research in Transportation Economics.
- [11] Why do demand responsive transport systems fail? Enoch, Marcus, in drugi. Washington: Transportation Research Board, 2006. TRB 85th Annual Meeting Compendium of Papers.
- [12] Key lessons learned from recent experience with Flexible Transport Services. Brake, Jenny, in drugi. 2007, Transport Policy, str. 458-466.



Kreacije Sanje Veličković

Modeliranje in optimizacija procesa anaerobne razgradnje

asist. dr. Tina Kegl, doc. dr. Anita Kovač Kralj

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

tina.kegl@um.si

Povzetek

Tehnologija anaerobne razgradnje s pretvorbo organskih odpadkov v energijo in ostale koristne produkte omogoča učinkovito zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, količine organskih odpadkov na odlagališčih in odvisnosti od fosilnih goriv ter prispeva k izboljšanju energetske varnosti v svetu. K izboljšanju razumevanja in vodenja procesa anaerobne razgradnje veliko prispevajo fizikalno matematični modeli za numerično simulacijo procesa. V tem prispevku so predstavljene novosti, ki so vpeljane na področje modeliranja in optimizacije procesa anaerobne razgradnje. Poseben poudarek je namenjen razvoju novega kompleksnega BioModela, novega postopka za določanje parametrov BioModela in vpeljavi aproksimacijskega gradientnega algoritma v postopek optimizacije parametrov BioModela in optimizacije procesa anaerobne razgradnje. Dobljeni rezultati numerične simulacije z novo razvitim BioModelom se zadovoljivo ujemajo z eksperimentalnimi rezultati tako v šaržnem bioreaktorju laboratorijske velikosti kakor tudi v kontinuirnem bioreaktorju realne bioplinarne. Prav tako pa lahko z dobljenimi optimiranimi vrednostmi obratovalnih pogojev ob optimirani sestavi vhodnega substrata učinkovito izboljšamo kvaliteto in kvantiteto nastalega bioplina.

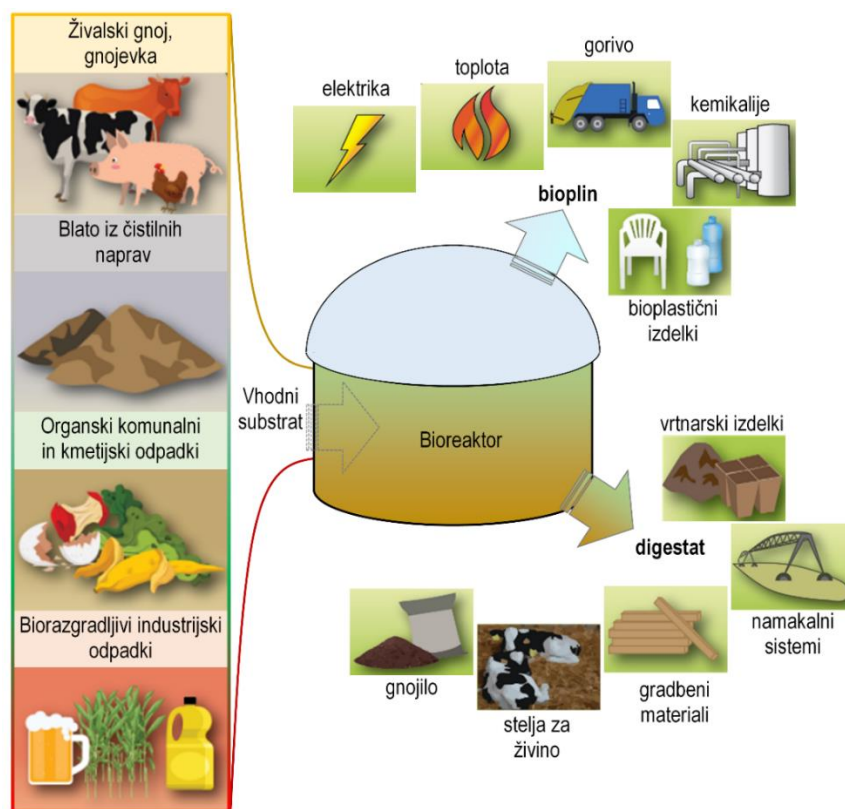
Ključne besede: *organski odpadki, proizvodnja bioplina, numerična simulacija, postopek ASO, aproksimacijski gradientni optimizacijski algoritem*

Uvod

Omejene zaloge fosilnih goriv, izpusti toplogrednih plinov, onesnaževanje okolja, vedno naraščajoči odpadki in pomanjkanje energije predstavljajo pereče probleme v svetovnem merilu. Statistični podatki za leto 2020 kažejo, da je bilo v svetovnem merilu porabljeno približno 550 EJ energije. Od tega je bilo 6 % energije pridobljene iz obnovljivih virov, kar znaša približno 33 EJ. Ocenjuje se, da se bo svetovna poraba energije v letu 2050 povečala na 725 EJ, kjer bi energija iz obnovljivih virov predstavljala 22 % delež [1]. Pomembnejši obnovljivi viri energije so vsekakor sonce, voda, termalni izviri, biomasa in različni odpadki. Za pretvorbo odpadkov v energijo in koristne produkte obstajajo različne tehnologije, kot so sežig, uplinjanje, piroliza in anaerobna razgradnja (AD) [2].

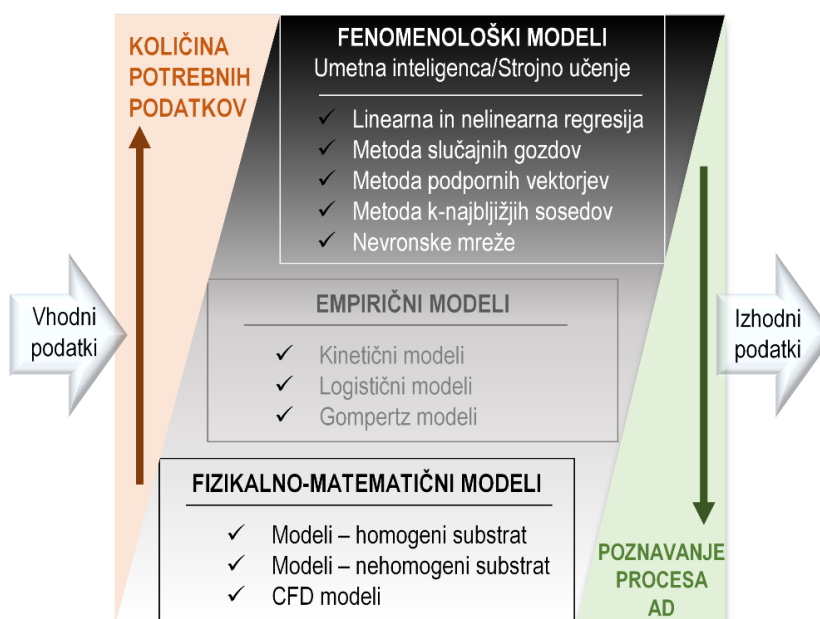
Proces AD poteka v bioreaktorjih, kjer brez prisotnosti kisika mikroorganizmi pretvorijo velike količine organskih odpadkov v bioplin in trdni ter tekoči digestat. S tehnologijo AD se lahko učinkovito zmanjša količina organskih odpadkov na odlagališčih, kar pripomore k zmanjšanju smradu in onesnaževanju okolja s težkimi kovinami. Prav tako se lahko izpusti toplogrednih plinov, izraženih v ekvivalentih CO₂, zmanjšajo za približno 4000 Mt, kar predstavlja 10-13 % svetovnih izpustov. AD pa prinaša dragocene koristi tudi na energetskem področju, saj naj bi se energija iz bioplina povečala iz 1,55 EJ na 14,4 EJ do leta 2050, kar bi pripomoglo k zmanjšanju odvisnosti od fosilnih goriv in k izboljšanju energetske varnosti v svetu. Produkti procesa AD so vsestransko uporabni za proizvodnjo elektrike in toplote [3], e-goriv [4],

kemikalij [5], uporabljajo pa se tudi kot gnojila [6] ter kot goriva v plinskih motorjih [7] in dvogorivnih dizelskih motorjih [8], slika 1. Omenjene prednosti so razlog, da je veliko raziskovalnega dela usmerjenega v razvoj tehnologije AD in povečanje implementacije bioplinarn.



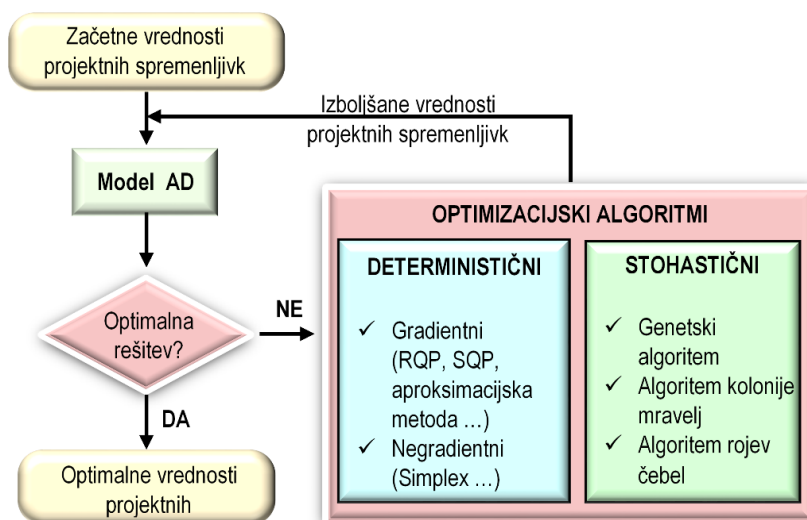
Slika 1: Produkti procesa anaerobne razgradnje (AD)

Ker je proces AD zapleten, eksperimenti pa so dolgotrajni in dragi, so numerične simulacije (NS) zelo pomembne. NS, ki imajo pomembno vlogo pri razumevanju in optimizaciji procesa AD, so lahko izvedene ob uporabi različnih modelov [9-16]. V splošnem ločimo 3 kategorije matematičnih modelov procesa AD: (i) fenomenološki, (ii) empirični in (iii) fizikalno-matematični modeli, slika 2 [17]. Količina potrebnih podatkov narašča od fizikalno-matematičnih modelov do fenomenoloških, medtem ko je potrebno poznavanje procesa najvišje pri fizikalno-matematičnih modelih. Poudariti je treba, da se s kompleksnostjo fizikalno-matematičnega modela procesa AD povečuje število modelnih parametrov, ki so neznani ali težko določljivi. V tem primeru je lahko zanesljivost NS vprašljiva kljub korektnemu zapisu modela. Zato je treba te parametre kalibrirati. Zanesljiv kalibriran in validiran matematični model, ni potreben samo za zanesljivo napovedovanje karakteristik AD, temveč tudi za njegovo vključitev v optimizacijski postopek procesa AD.



Slika 2: Matematični modeli za numerično simulacijo procesa AD

V cilju izboljšanja karakteristik procesa AD, se lahko z numerično optimizacijo procesa določijo vrednosti procesnih parametrov, optimalna sestava vhodnega substrata itd. Med različnimi determinističnimi in stohastičnimi optimizacijskimi algoritmi, ki so lahko gradientni in ne gradientni, slika 3 [18], se za optimizacijo procesa AD največkrat uporabljajo stohastični algoritmi.



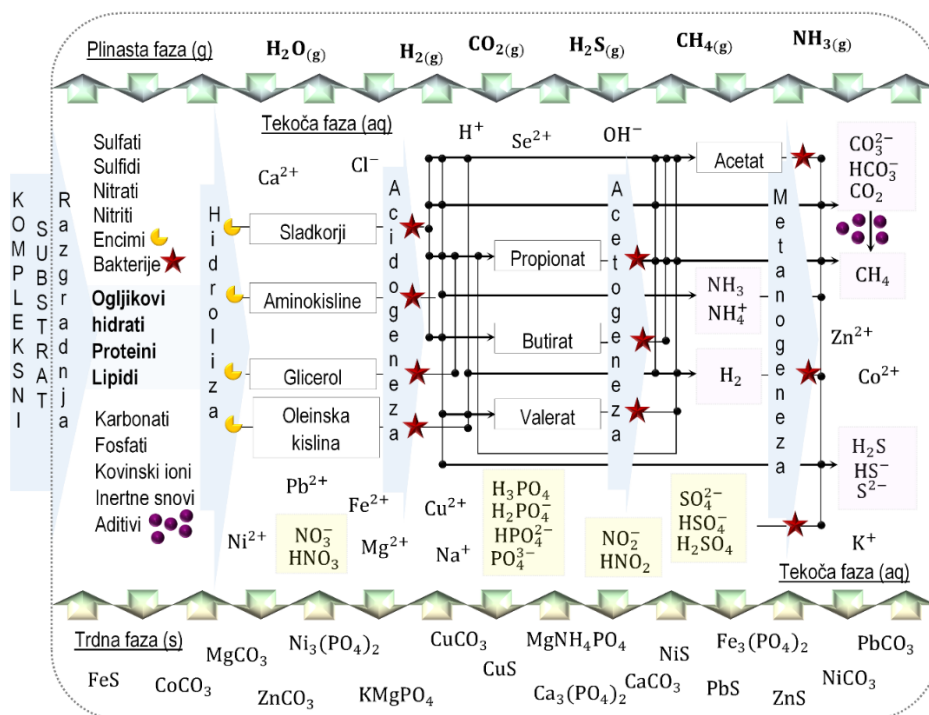
Slika 3: Algoritmi za optimizacijo procesa AD

Po temeljitem pregledu literature na področju modeliranja in optimizacije procesa AD lahko izpostavimo naslednje vrzeli: (i) obstoječi fizikalno matematični modeli pomanjkljivo upoštevajo temperaturno in pH odvisnost posameznih parametrov, (ii) določanje pH temelji na iterativnem postopku, (iii) aktivnosti bioloških in anorganskih aditivov niso upoštevane, (iv) ni učinkovite metode za določitev velikega števila modelnih parametrov, mnoge vrednosti so predpostavljene, (v) optimizacija procesa AD v šaržnem bioreaktorju ne omogoča možnosti, da se vrednosti procesnih parametrov v času trajanja procesa AD spreminjajo, (vi) možnost uporabe determinističnih gradientnih optimizacijskih metod ni raziskana niti v primeru kalibracije modelnih parametrov niti v primeru optimizacije procesa AD.

V cilju zapolnitve omenjenih vrzeli smo posebno pozornost namenili raziskavam na področju modeliranja in optimizacije procesa AD. V tem prispevku so predstavljene zlasti novosti, ki zajemajo razvoj novega kompleksnega fizikalno-matematičnega BioModela za NS procesa AD, razvoj novega postopka ASO za določanje vrednosti velikega števila modelnih parametrov ter vpeljavo aproksimacijskega gradientnega algoritma v postopek optimizacije modelnih parametrov in v postopek optimizacije procesa AD. Predstavljeni in analizirani so rezultati NS in optimizacije procesa AD z uporabo različnih vhodnih substratov v različnih bioreaktorjih.

Modeliranje procesa anaerobne razgradnje

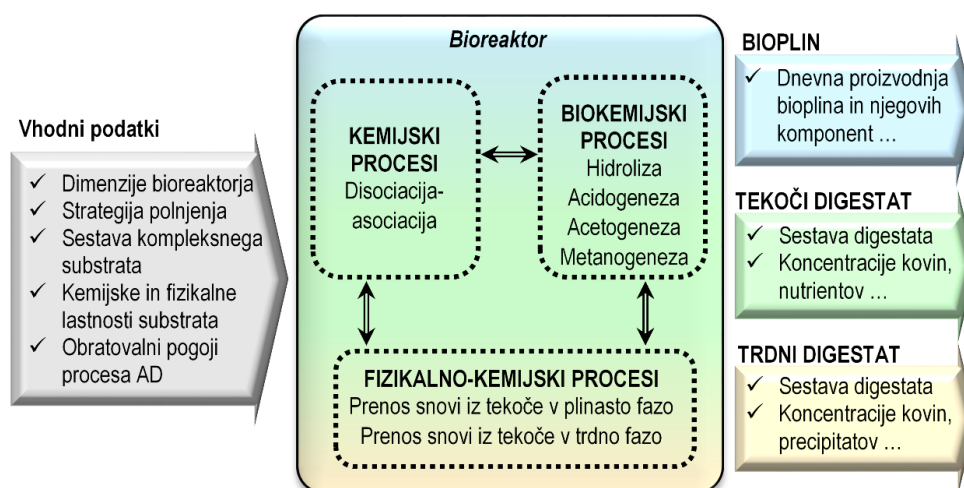
Razgradnja vhodnega substrata v procesu AD je prikazana na sliki 4 [13-16]. Pri začetni razgradnji vhodnega substrata dobimo iz organske snovi biorazgradljive makro komponente: ogljikove hidrate, proteine, ki jih predstavlja kolagen in lipide, kot tudi inertne snovi. Nadaljnja razgradnja teh komponent v monomere poteka med hidrolizo. Ogljikovi hidrati se razgradijo v sladkor. Proteini se razgradijo v želatino, ki jo sestavljajo aminokisline, kot so alanin, cistein, glicin, levcin, serin ... Lipidi pa razpadejo na glicerol in oleinsko kislino. Produkti hidrolize se pod vplivom delovanja ustreznih acidogenih bakterij nadalje pretvorijo v CO_2 , NH_3 , H_2S in kratko veržne maščobne kisline, kot so etanojska, propanojska, butanojska in pentanojska kislina, ki v vodi disociirajo v ustrezne ione (acetat, propionat, butirat in valerat). Nadaljnje reakcije se izvajajo z aktivnostjo acetogenih bakterij. Čeprav se v teh reakcijah že proizvede majhna količina CH_4 , so najpomembnejši mehanizmi za tvorbo CH_4 predstavljeni v koraku metanogeneze, kjer acetotrofne metanogene bakterije fermentirajo ocetno kislino v CH_4 in CO_2 , medtem ko hidrogenotrofne metanogene bakterije uporabljajo H_2 kot redukcijsko sredstvo za pretvorbo CO_2 v CH_4 . Prav tako različne anorganske snovi, kot so: sulfati, sulfidi, nitrati, nitriti, karbonati, fosfati in kovinski ioni, kakor tudi različne biološke snovi, zlasti encimi in bakterije, pomembno sodelujejo v reakcijah procesa AD. V realnih bioplinarnah pa so različni aditivi dodani za preprečevanje nastanka pene v bioreaktorju in izboljšanje kvalitete in kvantitete nastalega bioplina.



Slika 4: Razgradnja vhodnega substrata v procesu AD.

BioModel

Pri razvoju kompleksnega BioModela smo upoštevali naslednje procese, ki potekajo v bioreaktorju: disociacijo-asociacijo kot kemijska procesa, prenos snovi iz tekoče v plinasto fazo in iz tekoče v trdno fazo kot fizikalno-kemijska procesa ter hidrolizo, acidogenezo, acetogenezo in metanogenezo kot biokemijske procese, slika 5. Pri modeliranju procesa AD smo upoštevali dimenzije bioreaktorja, strategijo polnjenja, sestavo kompleksnega substrata z njegovimi kemijskimi in fizikalnimi lastnostmi, ter obratovalne pogoje procesa. Izhodni podatki BioModela, ki predstavljajo najpomembnejše karakteristike procesa AD, se nanašajo na dnevno proizvodnjo bioplina in njegovih komponent ter na sestavo trdnega in tekočega digestata.



Slika 5: Modeliranje procesa AD v BioModelu

Nadaljnje odlike novo razvitega BioModela [11-14] so: (i) upoštevanje kompleksnega substrata z dnevno spremenljivo sestavo, dnevno spremenljivim vtokom substrata in z dnevno spremenljivimi pogoji v bioreaktorju, (ii) upoštevanje delovanja 13 različnih vrst bakterij v biokemijskih procesih z upoštevanjem različnih omejitev in inhibicij rasti teh bakterij, (iii) upoštevanje temperaturne in pH odvisnosti parametrov za izračun konstant ravnotežja (disociacija, topnostni produkt), hitrosti rasti različnih vrst bakterij, koeficientov prenosa mase iz tekoče v plinasto fazo, koeficientov Henryjevega zakona, (iv) dinamično določanje pH, ki je odvisna od kislinsko-baznih reakcij v tekoči fazi in od reakcij obarjanja pri faznem prehodu tekoče-trdno, ki tvorijo karbonate, sulfide in fosfate, (v) sestavo bioplina iz šestih komponent: CO₂, CH₄, H₂, H₂S, NH₃ in vodne pare ter (vi) aktivnosti različnih anorganskih in bioloških aditivov. Aktivnosti biološkega aditiva »SensoPower Flex«, ki vsebuje encime (celulaza, ksilanaza...) za izboljšanje hidrolize v procesu AD, smo modelirali z modificirano Michaelis-Menten kinetiko. Aktivnosti anorganskega aditiva »SensoPower Liquid«, ki vsebuje esencialne elemente (Co, Cu, Na, Ni in Se) za zdrav razvoj mikroorganizmov, učinkovito fermentacijo ter preprečevanje nastanka pene, in aditiva »Kemira BDP 840«, ki vsebuje FeCl₂ za zmanjšanje proizvodnje H₂S med procesom AD, pa smo upoštevali z ustreznim modeliranjem procesov precipitacije in disociacije.

Omenjene biokemijske, kemijske in fizikalno-kemijske procese smo v BioModelu opisali s kontinuitetnimi enačbami in z enačbami kemijskih ravnotežij med reaktanti in produkti. Kontinuitetne enačbe lahko zapišemo za vsako komponento v bioreaktorju za posamezno fazo, in sicer za tekočo, plinasto in trdno fazo, kot sistem enačb (1)-(3).

$$\frac{dc_{liq,i}}{dt} = \frac{q_{in}}{V_{liq}} c_{liq,i,in} - \frac{q_{out}}{V_{liq}} c_{liq,i} + \rho_{bc,i} + \rho_{c,i} - \rho_{pc,i}, i \in I_{liq} \quad (1)$$

$$\frac{dc_{gas,i}}{dt} = \frac{V_{liq}}{V_{gas}} \rho_{l-g,i} - \frac{Q_{biogas}}{V_{gas}} c_{gas,i}, i \in I_{gas} \quad (2)$$

$$\frac{dc_{s,i}}{dt} = \frac{q_{in}}{V_{liq}} c_{s,i,in} - \frac{q_{out}}{V_{liq}} c_{s,i} + \rho_{s,i}, i \in I_s \quad (3)$$

kjer je

q_{in} in q_{out}	vtok in iztok substrata ($L \text{ dan}^{-1}$)
V_{liq} in V_{gas}	prostornina bioreaktorja in plinohrama (L)
$c_{liq,i}$ in $c_{liq,i,in}$	koncentracija komponente i v tekoči fazi in na vtoku v bioreaktor (gL^{-1})
I_{liq} , I_{gas} in I_s	nabor komponent v tekoči, plinasti in trdni fazi
$\rho_{bc,i}$, $\rho_{c,i}$ in $\rho_{pc,i}$	hitrost biokemijskega, kemijskega in fizikalno-kemijskega procesa za komponento i v tekoči fazi ($\text{gL}^{-1} \text{ dan}^{-1}$)
$\rho_{l-g,i}$ in $\rho_{s,i}$	hitrost procesa prenosa mase iz tekoče v plinasto fazo in procesa precipitacije v trdni fazi za komponento i ($\text{gL}^{-1} \text{ dan}^{-1}$)
$c_{gas,i}$, $c_{s,i}$ in $c_{s,i,in}$	koncentracija komponente i v plinasti fazi, v trdni fazi in v trdni fazi na vtoku v bioreaktor (gL^{-1})
$Q_{bioplin}$	dnevna proizvodnja bioplina ($L \text{ dan}^{-1}$).

Izpostaviti je treba, da istočasno upoštevanje biokemijskih, kemijskih in fizikalno-kemijskih procesov predstavlja težavo pri numerični rešitvi sistema navadnih diferencialnih enačb (ODE). Nekatere numerične metode (Euler, Runge Kutta) za reševanje tega sistema bi bile namreč lahko numerično nestabilne, razen če je velikost koraka izjemno majhna. To je posledica togosti sistema ODE, ki se pojavlja pri obravnavanju reakcij z zelo različnimi hitrostmi pretvorbe, torej ko je razpon časovnih konstant velik.

Za rešitev problema togosti sistema ODE smo za počasnejše, biokemijske in fizikalno-kemijske reakcije uporabili ODE, za izredno hitre kemijske reakcije disociacije asociacije pa smo uporabili algebrske enačbe (AE). Na osnovi enačbe ravnotežja pozitivnih in negativnih ionov, pri čemer smo koncentracije posameznih ionov izračunali z AE, smo določili naboj C_h , enačba (4). Z vpeljavo ODE za določitev trenutne koncentracije vodikovih ionov $[H^+]$, enačba (5), smo se tako izognili iterativnemu dolgotrajnemu določanju $[H^+]$ in posledično tudi vrednosti pH; $pH = -\log_{10}[H^+]$. Na ta način je lahko numerična simulacija procesa AD stabilna in učinkovita.

$$C_h = [H^+] - [OH^-] = \sum_{i=1}^{n_{cat}} z[A_i^{z-}] - \sum_{i=1}^{n_{an}} s[K_i^{s+}] \quad (4)$$

$$\frac{d[H^+]}{dt} = \frac{d[H^+]}{dC_h} \frac{dC_h}{dt} \quad (5)$$

kjer je:

$[A_i^{z-}]$ in $[K_i^{s+}]$ koncentracija anionov in kationov (molL^{-1})

z in s naboj aniona in kationa

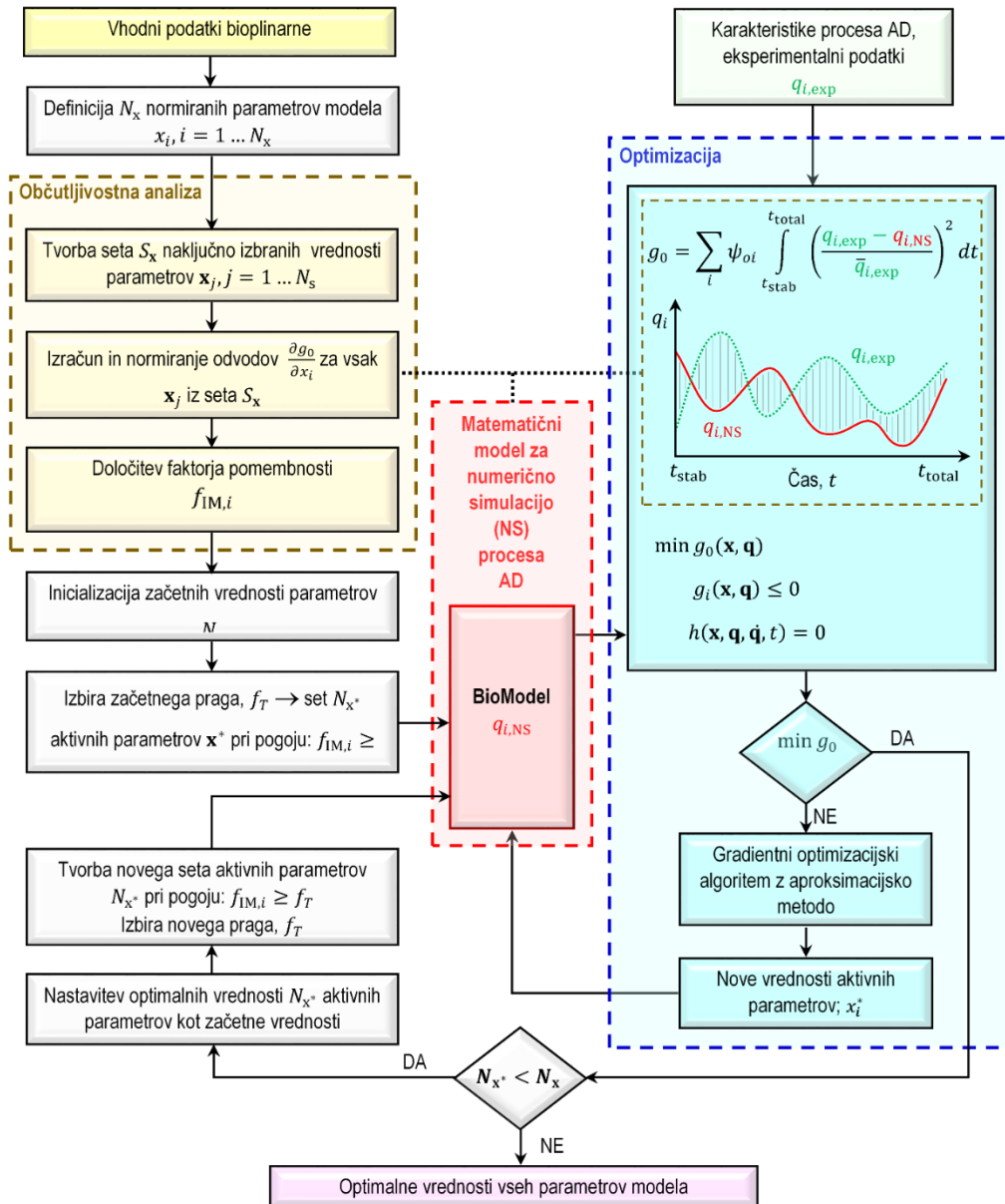
n_{an} in n_{cat} število anionov in kationov.

BioModel smo torej razvili z upoštevanjem številnih novosti, kar je zahtevalo razvoj in izpeljave novih ODE, kakor tudi AE. Celoten izpopolnjen model vsebuje sistem 80 ODE in 54 AE ter 184 modelnih parametrov, ki smo jih kalibrirali z novo razvitim postopkom ASO.

Postopek ASO

Postopek ASO, ki je prikazan na sliki 6, je optimizacijski postopek s setom aktivnih spremenljivk [13-14]. Postopek ASO vključuje občutljivostno analizo (SA), BioModel in optimizacijo parametrov BioModela z gradientnim algoritmom. V okviru SA se za vsak parameter x_i BioModela določi faktor pomembnosti $f_{IM,i}$, $i \in N_x$ glede na normirane vrednosti odvodov namenske funkcije g_0 po posameznih parametrih x_i iz seta vseh parametrov N_x , $\frac{\partial g_0}{\partial x_i}$, $i \in N_x$.

Parametri BioModela so tako razvrščeni glede na faktor pomembnosti. V postopku ASO so vsi parametri vključeni v set projektnih spremenljivk N_x , ne pa tudi v set aktivnih projektnih spremenljivk N_{x^*} . S kombinacijo SA in postopka optimizacije se aktivne projektne spremenljivke določajo glede na izbrani prag f_T ; če je faktor pomembnosti $f_{IM,i}$ za parameter i večji od izbranega praga f_T , $f_{IM,i} \geq f_T$, je ta parameter i vključen v set aktivnih projektnih spremenljivk N_{x^*} . Dobljene optimirane vrednosti aktivnih parametrov se uporabijo kot njihove začetne vrednosti za nadaljnjo optimizacijo z večjim številom aktivnih projektnih spremenljivk. Zmanjševanja praga f_T in s tem večanje števila aktivnih spremenljivk se nadaljuje, dokler niso vsi parametri iz seta parametrov N_x aktivni in vključeni v postopek optimizacije. Pri optimizaciji parametrov BioModela se rešuje problem optimalnega projektiranja, kjer se minimizira vrednost namenske funkcije g_0 ob upoštevanju pogojev g_i in enačbe stanja, ki predstavlja BioModel. Namenska funkcija upošteva razlike med izračunanimi $q_{i,NS}(t)$ in izmerjenimi $q_{i,exp}(t)$ karakteristikami procesa AD, slika 6.



Slika 6: Postopek ASO

Optimizacija procesa AD

Optimizacijski problem, ki smo ga reševali pri kalibraciji parametrov BioModela kakor tudi pri izboljšanju procesa AD, lahko zapišemo v splošni matematični obliki z minimiziranjem vrednosti namenske funkcije, enačba (6), ob upoštevanju omejitvenih pogojev, enačba (7), in enačba stanja, enačba (8).

$$\min g_0(\mathbf{x}, \mathbf{q}) \quad \mathbf{x} \in R^{n^*}, \mathbf{q} \in R^{m^*} \quad (6)$$

$$g_i(\mathbf{x}, \mathbf{q}) \leq 0 \quad i = 1 \dots k^* \quad (7)$$

$$h(\mathbf{x}, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t) = 0 \quad \dot{\mathbf{q}} \in R^{m^*} \quad (8)$$

kjer je:

g_0 in g_i	namenska in omejitvene funkcije
n^* in m^*, k^*	število projektnih in odzivnih spremenljivk, število omejitvenih pogojev
$\mathbf{x}, \mathbf{q}$ in $\dot{\mathbf{q}}$	vektor projektnih, odzivnih spremenljivk in njihovih odvodov
h	enačba stanja
t	čas.

Zapisan optimizacijski problem, enačbe (6)-(8), dejansko pomeni, da moramo poiskati takšne vrednosti projektnih spremenljivk, da je ob izpolnjevanju omejitvenih pogojev vrednost namenske funkcije minimalna. Seveda se definicije projektnih spremenljivk, namenske funkcije in omejitvenih pogojev razlikujejo v primeru optimizacije parametrov BioModela (postopek ASO) in v primeru optimizacije procesa AD. V obeh primerih enačba stanja, enačba (8), predstavlja BioModel.

V primeru uporabe optimizacije v postopku ASO za kalibracijo parametrov BioModela [13-14] smo parametre BioModela vključili v vektor projektnih spremenljivk. Ustrezno smo definirali omejitvene pogoje, ki se nanašajo na maksimalno koncentracijo vseh bakterij v vhodnem substratu in na dovoljena odstopanja med eksperimentalno določenimi in z BioModelom izračunanimi vrednostmi posameznih karakteristik procesa AD. Pomembnejše karakteristike se nanašajo na pH, dnevno proizvodnjo bioplina in njegovih komponent. Namensko funkcijo pa smo definirali na osnovi razlik med eksperimentalno določenimi in z BioModelom izračunanimi vrednostmi posameznih karakteristik procesa AD, enačba (9).

$$g_0 = \sum_i \psi_{0,i} \int_{t_{\text{stab}}}^{t_{\text{total}}} \left(\frac{q_{i,\text{NS}}(t) - q_{i,\text{exp}}(t)}{\bar{q}_{i,\text{exp}}} \right)^2 dt \quad (9)$$

kjer je:

t_{total} in t_{stab}	celotni čas trajanja procesa AD in čas, potreben za stabilizacijo (dan)
$q_{i,\text{NS}}$ in $q_{i,\text{exp}}$	izračunana in izmerjena vrednost karakteristike i procesa AD v času t (L dan^{-1})
$\bar{q}_{i,\text{exp}}$	povprečna vrednost izmerjene karakteristike i v času trajanja procesa AD (L).

V primeru uporabe optimizacije za izboljšanje procesa AD [11-12] smo kot projektne spremenljivke uporabili parametre, ki se nanašajo na sestavo vhodnega substrata in na obratovalne pogoje procesa AD. Obratovalne pogoje, kot sta temperatura in pH, smo upoštevali kot spremenljive veličine v času trajanja procesa AD. Tako smo temperaturo in pH definirali z dvema vrstama časovno odvisnih funkcij; odsekoma linearna zvezna funkcija in Bezierjeva funkcija. Koeficienti v teh funkcijah so dodani k vektorju projektnih spremenljivk. Ustrezno smo definirali omejitvene pogoje, ki se v tem primeru nanašajo na maksimalno koncentracijo vseh bakterij v vhodnem substratu in na želene oziroma dovoljene vsebnosti posameznih komponent v proizvedenem bioplenu. Namensko funkcijo pa smo definirali na različne načine, od najenostavnejše, in sicer le z maksimiranjem proizvedenega bioplina, do kompleksnejše, in sicer z istočasnim maksimiranjem proizvedenega bioplina in minimiziranjem energije, potrebne za gretje bioreaktorja, enačba (10).

$$g_0 = -\psi_1 \int_0^{t_{\text{total}}} V_{\text{biogas}}(t) dt + \psi_2 V_{\text{liq}} \int_0^{t_{\text{total}}} (T - T_{\text{ref}}) dt \quad (10)$$

kjer je:

ψ_1, ψ_2 utežni faktor

t_{total} celotni čas trajanja procesa (dan)

V_{biogas} in V_{liq} volumen proizvedenega bioplina in volumen bioreaktorja (L)

T in T_{ref} temperatura v bioreaktorju in referenčna temperatura (°C).

V vseh primerih optimizacije smo uporabili gradientni algoritem, ki temelji na aproksimacijski metodi [19-20]. Ta metoda generira zaporedje aproksimacijskih podproblemov, katerih rešitve konvergirajo k rešitvi osnovnega problema. Algoritem upošteva zgodovino izračunanih odvodov namenske in omejitvenih funkcij in tako postopno izboljšuje kvaliteto aproksimacije. Posledično je konvergenca algoritma relativno hitra in stabilna. V našem primeru bi bila izpeljava analitičnih odvodov težko izvedljiva, zato smo za izračun teh uporabili numerični izračun z uporabo končnih diferenc [11-14].

Rezultati in diskusija

Celotno kodo BGP za modeliranje in optimizacijo procesa AD smo samostojno razvili v računalniškem jeziku objektnega programiranja C#. Ker C# nima že vnaprej vgrajenih posameznih metod za reševanje sistemov ODE in AE, kakor tudi ne optimizacijskih algoritmov, smo vse metode in algoritme sprogramirali sami. Ker je število projektnih spremenljivk v optimizacijskem postopku veliko, računanje odvodov namenske in omejitvenih funkcij po projektnih spremenljivkah zahteva veliko CPU časa. Za rešitev tega problema smo izvedli paralelizacijo – torej vzporedno računanje odvodov. Na tak način smo potreben CPU čas zmanjšali za faktor števila jeder procesorja računalnika; en celoten cikel optimizacije (z aktivnimi 184 projektnimi spremenljivkami) traja približno 1 minuto procesorskega časa na osebнем računalniku z 8-jedrnim procesorjem.

Modeliranje procesa AD

Numerično simulacijo procesa AD z uporabo novo razvitega BioModela smo izvedli za primer AD enostavnega substrata v šaržnem bioreaktorju laboratorijske velikosti [11-12], kakor tudi za primer AD kompleksnega substrata v kontinuirnem bioreaktorju realne bioplinarne v Dražencih [13-14].

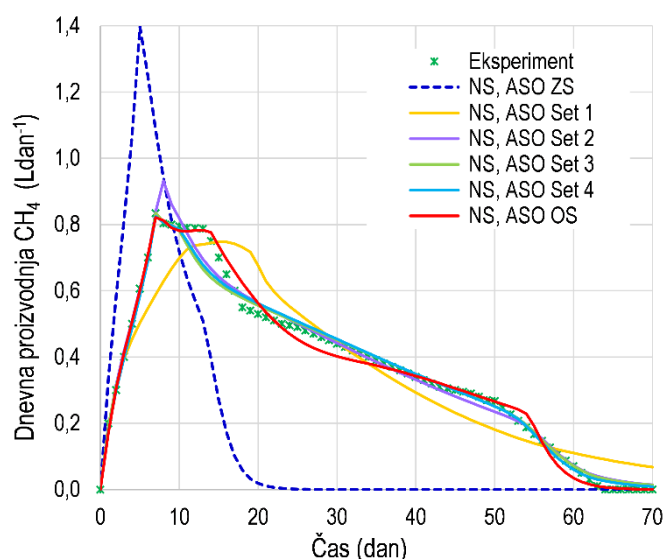
Šaržni bioreaktor laboratorijske velikosti

Vhodne podatke za NS procesa AD živalskega gnoja v šaržnem bioreaktorju laboratorijske velikosti kakor tudi eksperimentalne podatke smo povzeli iz literature [11-12]. Razpoložljivi podatki so omogočali simulacijo procesa AD le z razgradnjo ogljikovih hidratov in sestavo bioplina iz CO_2 , CH_4 in vodne pare; tako poenostavljen BioModel vsebuje 48 neznanih parametrov. Te parametre BioModela smo določili s postopkom ASO v primeru simulacijo procesa AD govejega gnoja. V tabeli **Error! Reference source not found.** je podano število potrebnih iteracij optimizacije posameznega seta aktivnih spremenljivk in vrednosti namenske funkcije pri izbranem pragu; glede na izbran prag v petih setih se je število aktivnih parametrov postopoma večalo, medtem ko se je vrednost namenske funkcije zmanjševala. Na sliki **Error! Reference source not found.** je prikazana primerjava eksperimentalno dobljene dnevne

proizvodnje CH_4 z rezultati NS. Razvidno je zelo veliko odstopanje začetnega stanja (ZS) od eksperimenta, medtem ko je ujemanje rezultatov kalibriranega BioModela (torej optimalnega stanja (OS), doseženega v postopku ASO) z eksperimentom zelo dobro; odstopanje je manjše od 1 %.

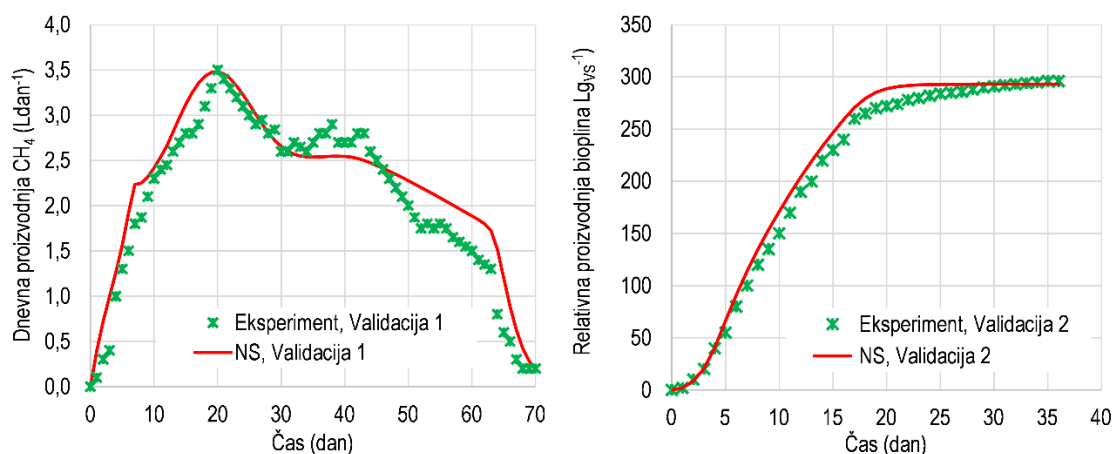
Tabela 1: 1 Parametri pri kalibraciji poenostavljenega BioModela

Set	Prag, f_T	Št. aktivnih parametrov	Št. iteracij	g_0
1	0,200	8	9	0,04668
2	0,100	12	57	0,00653
3	0,005	16	74	0,00619
4	0,001	33	89	0,00519
5-OS	0,000	48	224	0,00445



Slika 7: Dnevna proizvodnja CH_4 ; kalibracija BioModela

Za validacijo kalibriranega BioModela so bili uporabljeni podatki dveh šaržnih laboratorijskih bioreaktorjev s procesom AD gnoja bizonov (Validacija 1) in kravjega gnoja (Validacija 2), slika 8. Pri Validaciji 1 je prikazano ujemanje med izračunano in izmerjeno dnevno proizvodnjo CH_4 , pri Validaciji 2 pa se primerjava nanaša na celotno relativno proizvodnjo bioplina. Odstopanja povprečnih vrednosti so manjša od 10 %. To razliko je mogoče pojasniti z odsotnostjo podatkov o realni sestavi bizonovega in kravjega gnoja; za bizonov in kravji gnoj smo predpostavili enako sestavo kot za goveji gnoj.



Slika 8: Dnevna proizvodnja CH₄ in relativna proizvodnja bioplina; validacija BioModela.

V tabeli **Error! Reference source not found.** so podani statistični indikatorji ob upoštevanju z ačetnega stanja, optimiranih vrednosti parametrov BioModela določenega seta in končnega optimalnega stanja pri kalibraciji BioModela, kakor tudi pri validacijah BioModela. Pri kalibraciji BioModela se statistična indikatorja napake (povprečna absolutna napaka ε_{MAE} in koren povprečne kvadratne napake ε_{RMSE}) od ZS do OS znatno zmanjšujeta, medtem ko se vrednosti statističnih indikatorjev učinkovitosti (determinacijski koeficient R^2 in relativni indeks ujemanja $I_{A,rel}$) približujeta enici. Prav tako se vrednosti indikatorjev pri validaciji dokaj dobro ujemajo z vrednostmi OS pri kalibraciji.

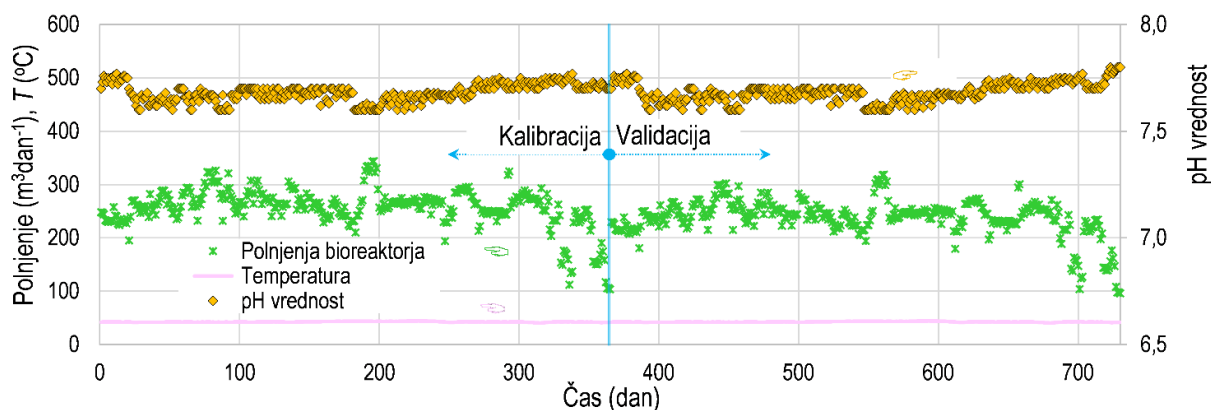
Tabela 2: Statistični indikatorji pri kalibraciji in validaciji poenostavljenega BioModela

Statistični indikator	Kalibracija parametrov, BioModela, postopek ASO						Validacija BioModela	
	ZS	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	OS	1	2
ε_{MAE}	0,2875	0,0632	0,0196	0,0176	0,0174	0,0180	0,0002	0,0452
ε_{RMSE}	0,3411	0,0794	0,0297	0,0289	0,0265	0,0245	0,0016	0,0404
R^2	0,5218	0,8915	0,9848	0,9879	0,9889	0,9901	0,9406	0,9948
$I_{A,rel}$	0,6771	0,9705	0,9961	0,9962	0,9962	0,9974	0,9727	0,9968

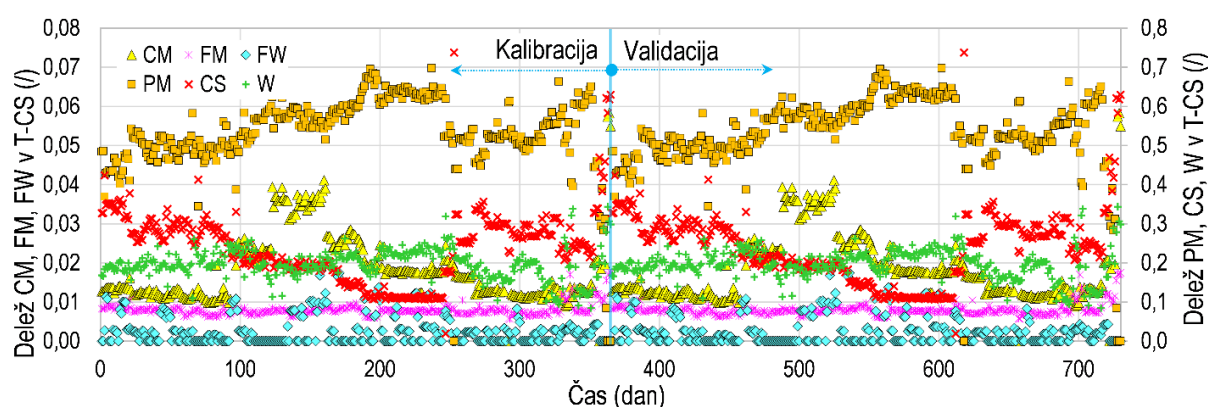
Dobljeni rezultati kalibracije in validacije BioModela potrjujejo zanesljivost poenostavljenega BioModela in učinkovitost postopka ASO v primeru AD enostavnega substrata v šaržnem bioreaktorju laboratorijske velikosti.

Kontinuirni bioreaktor industrijske velikosti

Za numerično simulacijo procesa AD v kontinuirnem bioreaktorju industrijske velikosti smo uporabili realne podatke iz Bioplinarne Draženci [13-14]. Proces smo spremljali v času dveh let, podatke prvih 365 dni smo uporabili za kalibracijo, drugih 365 dni pa za validacijo BioModela. Vidimo, da vrednosti polnjenja bioreaktorja, temperature in pH dnevno nihajo, slika 9. Prav tako pa so jasno razvidna tudi nihanja v sestavi kompleksnega substrata, torej deleži piščančjega gnoja (PM), koruzne silaže (CS), koruznega šrota (CM), maščobe iz klavnice (FM), odpadne živalske hrane (FW) in vode (W), slika 10.

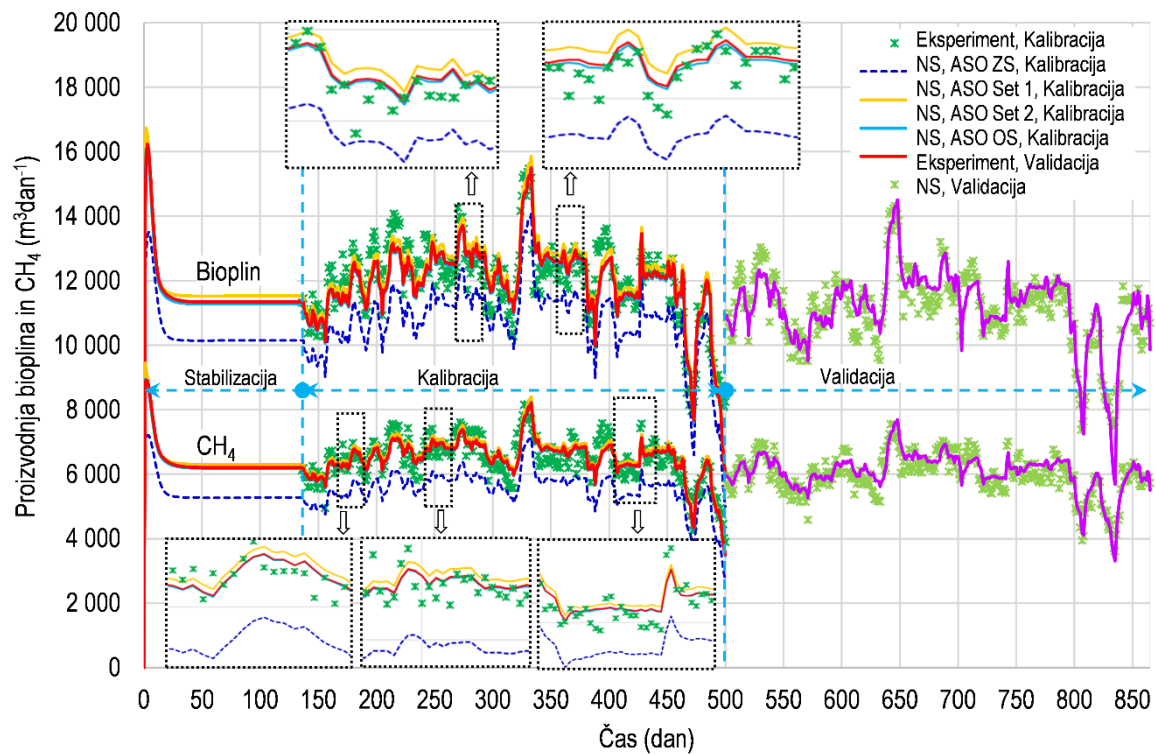


Slika 9: Polnjenje bioreaktorja, temperatura in pH vrednost v Bioplinarni Draženci; kalibracija in validacija BioModela.

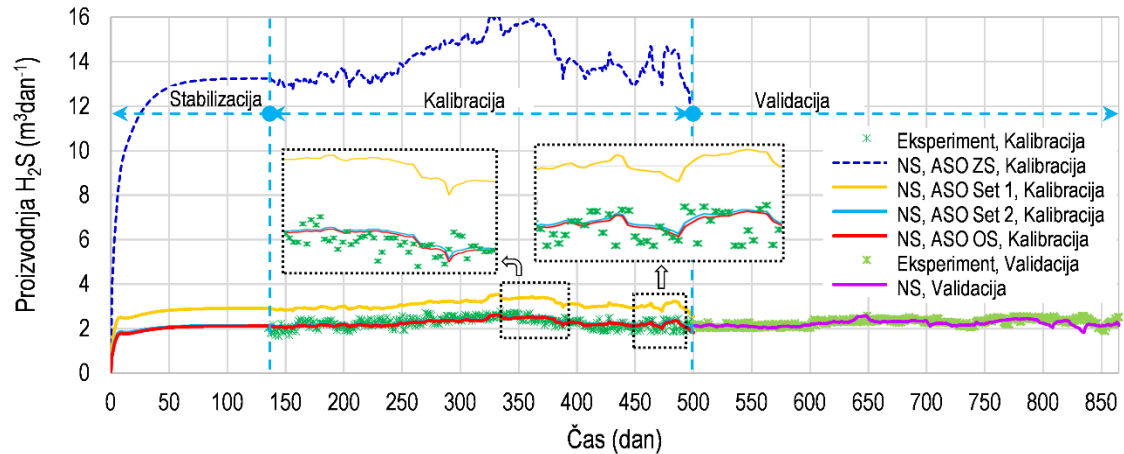


Slika 10: Sestava kompleksnega substrata v Bioplinarni Draženci; kalibracija in validacija BioModela.

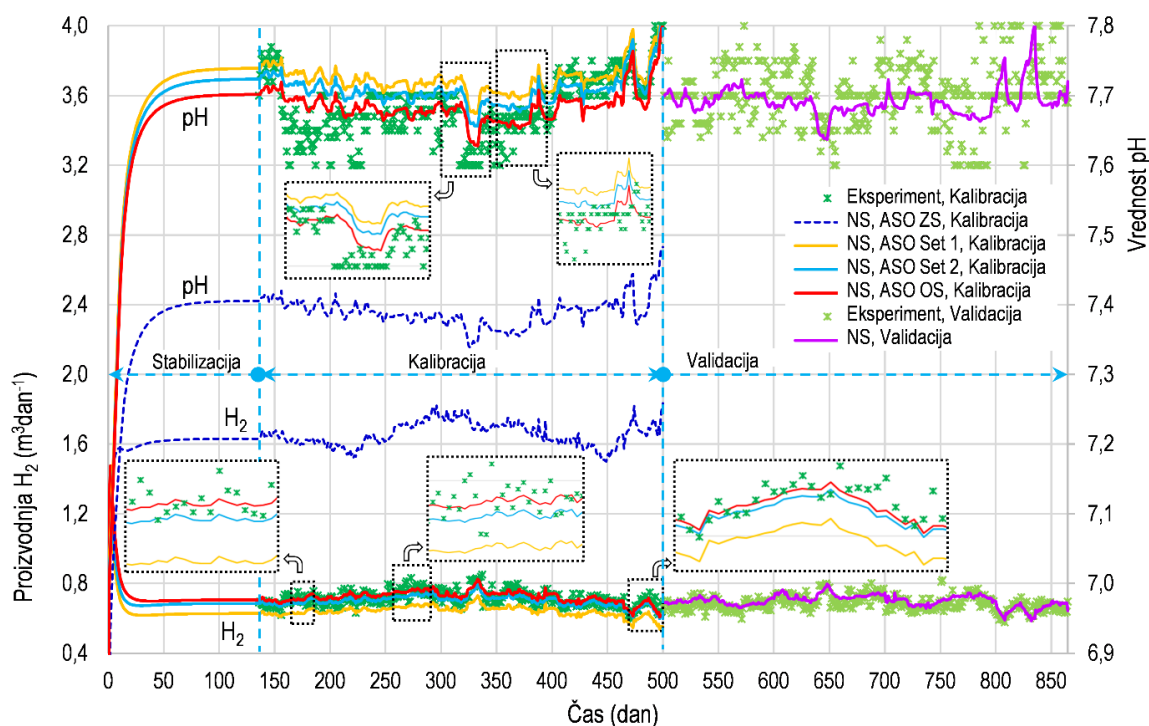
Primerjava med eksperimentom in NS z BioModelom s 184 modelnimi parametri z upoštevanjem aktivnosti bioloških in anorganskih aditivov za proces AD kompleksnega substrata v realni Bioplinarni Draženci je prikazana na slikah 11-13 [13-14]. V času kalibracije se rezultati NS od ZS do OS približujejo eksperimentalno dobljenim, tako vrednosti proizvodnje bioplina in CH₄, slika 11, proizvodnje H₂S, slika 12, kakor tudi proizvodnja H₂ in vrednosti pH, slika 13.



Slika 11: Dnevna proizvodnja CH_4 in bioplina v Bioplinarni Draženci; kalibracija in validacija BioModela.



Slika 12: Dnevna proizvodnja H_2S v Bioplinarni Draženci; kalibracija in validacija BioModela.



Slika 13: Dnevna proizvodnja H_2 in vrednosti pH v Bioplinarni Draženci; kalibracija in validacija BioModela.

V času kalibracije so odstopanja med eksperimentom in izračunanimi vrednostmi pH ter dnevno proizvedenega bioplina, CH_4 , $H_2 S$, in H_2 manjša od 2,5 %. Ti rezultati kažejo, da modeliranje aktivnosti bioloških in anorganskih aditivov izboljša zanesljivost BioModela. Ujemanje med eksperimentalnimi in z BioModelom izračunanimi karakteristikami procesa AD je bilo zadovoljivo ne samo v primeru kalibracije BioModela, temveč tudi v primeru validacije BioModela. Poleg tega so v obeh primerih, kalibracije in validacije kompleksnega BioModela, vse izračunane vrednosti statističnih indikatorjev sprejemljive, tabela 3. Poudariti pa je tudi treba, da se vrednosti teh indikatorjev med primerom kalibracije in primerom validacije razlikujejo za manj kot 5 %.

Tabela 3: Statistični indikatorji pri kalibraciji in validaciji kompleksnega BioModela

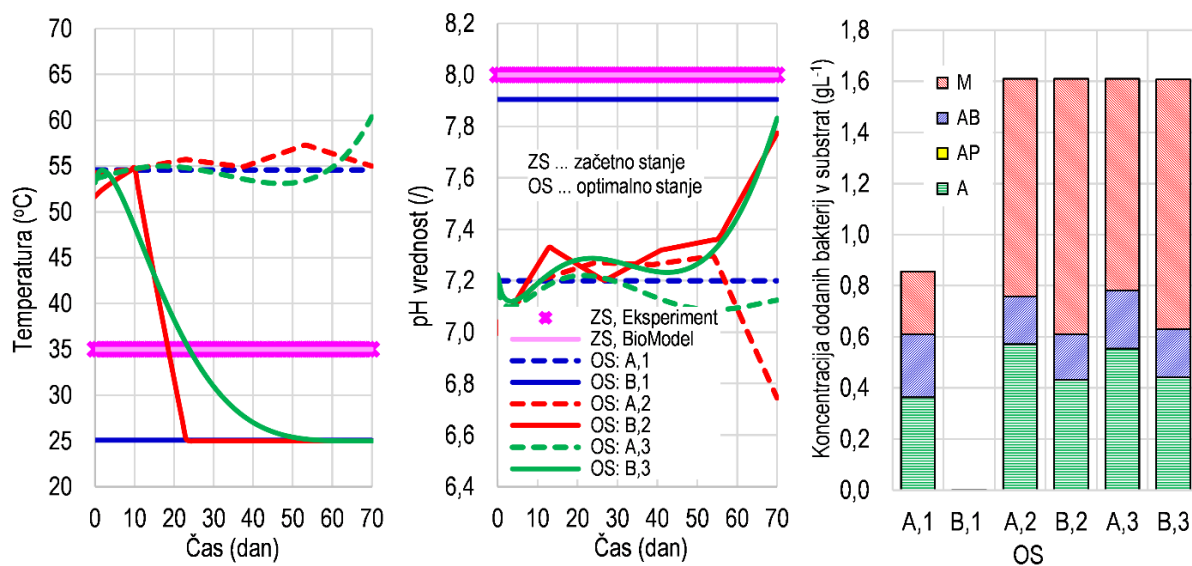
Statistični indikator	Postopek	Stanje	Dnevna proizvodnja				pH
			CH ₄	H ₂	H ₂ S	bioplin	
ϵ_{MAE}	Kalibracija	ZS	934.58	0.9460	11.7985	1281.94	0.2937
		Set 1	284.84	0.0712	0.8226	494.26	0.0432
		Set 2	258.90	0.0259	0.1382	478.09	0.0325
		OS	259.31	0.0275	0.1394	471.65	0.0276
	Validacija	OS	256.61	0.0295	0.0992	411.62	0.0348
ϵ_{RMSE}	Kalibracija	ZS	989.75	0.9473	11.8100	1404.29	0.2956
		Set 1	348.02	0.0777	0.8399	641.72	0.0541
		Set 2	324.72	0.0336	0.1709	617.28	0.0429
		OS	324.49	0.0334	0.1704	609.24	0.0349
	Validacija	OS	312.09	0.0356	0.1397	513.13	0.0440
R^2	Kalibracija	ZS	0.8198	0.4019	0.6101	0.8261	0.6014
		Set 1	0.8282	0.6307	0.6024	0.8240	0.5721
		Set 2	0.8291	0.6407	0.6030	0.8247	0.5771
		OS	0.8293	0.6321	0.5984	0.8254	0.5799
	Validacija	OS	0.8275	0.5980	0.6168	0.8598	0.5669
$I_{A,rel}$	Kalibracija	ZS	0.6506	0.0685	0.0328	0.7615	0.2015
		Set 1	0.9255	0.5143	0.3430	0.9333	0.6126
		Set 2	0.9324	0.7695	0.7601	0.9362	0.6656
		OS	0.9419	0.7957	0.7663	0.9376	0.7073
	Validacija	OS	0.9312	0.7663	0.7381	0.9500	0.6697

Dobljeni rezultati kalibracije in validacije BioModela potrjujejo zanesljivost kompleksnega BioModela in učinkovitost postopka ASO v primeru AD kompleksnega substrata dnevno spremenljive sestave v kontinuirnem bioreaktorju realne bioplinarne.

Optimizacija procesa AD

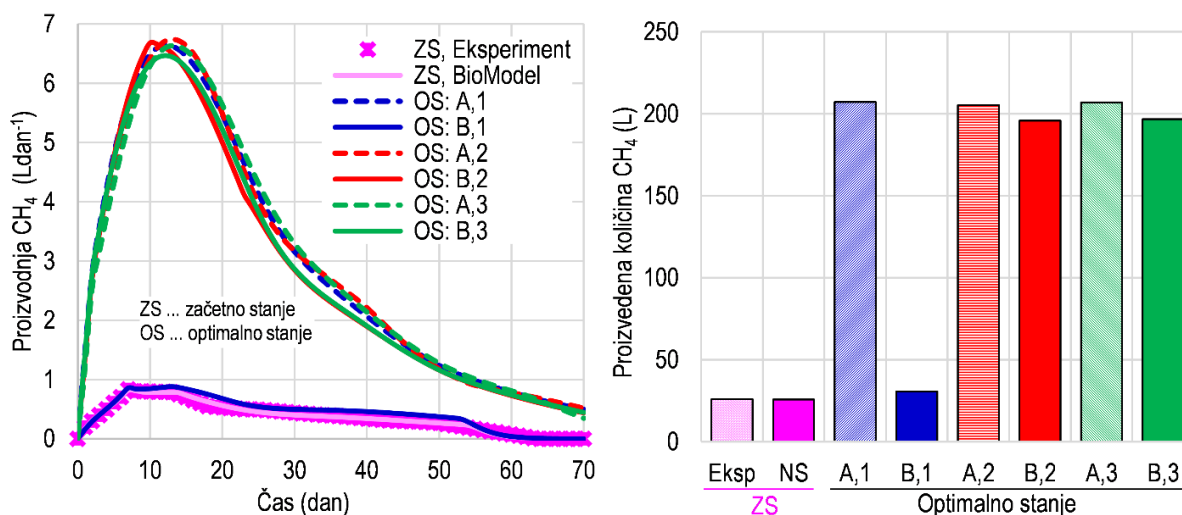
Rezultati optimizacije procesa AD so prikazani na slikah 14-15 [11-12]. Primera A in B se razlikujeta po definiciji namenske funkcije, v A maksimiramo proizvodnjo bioplina, v B pa maksimiramo proizvodnjo bioplina in minimiziramo energijo za gretje bioreaktorja. Primeri 1, 2, 3 pa se razlikujejo v definiciji projektnih spremenljivk za T in pH: v primeru 1 sta T in pH časovno neodvisni spremenljivki, njuna časovna odvisnost je v primeru 2 definirana z odsekoma zvezno funkcijo, v primeru 3 pa z Bezierjevo funkcijo. Na sliki 14 so prikazane začetne (enake eksperimentalnim) in optimirane vrednosti procesnih parametrov ter količine dodanih bakterij v vhodnem substratu. V primerih A,1, A,2 in A,3 so dobljene optimalne

temperature blizu 55 °C, medtem ko so optimalne vrednosti pH pod 7,3. V primerih B,1, B,2 in B,3 so optimalne temperature nižje in pH višji, kar je za pričakovati v skladu z definicijo namenske funkcije. V primeru definicije temperature in pH z odsekoma zveznima funkcijama in Bezierjevima funkcijama, so dobljene optimalne vrednosti dokaj podobne. Nizka vrednost optimalne temperature v primeru B,2 in B,3 po 20-30 dneh je posledica člena v namenski funkciji, ki minimizira energijo. V primeru B,2 in B,3 je optimalna temperatura v začetnem obdobju procesa AD nad 50 °C, kar je dejansko potrebno za povečanje delovanja bakterij, hitrosti biokemičnih in kemičnih reakcij ter posledično tudi proizvodnje bioplina. V vseh primerih, kjer so procesni pogoji definirani kot spremenljivi, bi bilo substratu potrebno dodati večje količine bakterij.



Slika 14: Optimirani obratovalni pogoji procesa AD in količine dodanih bakterij.

Rezultati na sliki 15 kažejo, da je možno proces AD z ustrezno sestavo substrata in z ustreznim časovno odvisnim krmiljenjem procesnih parametrov temeljito izboljšati, tako v smislu kvantitete kot kvalitete nastalega bioplina. Z optimiranimi koncentracijami posameznih vrst bakterij v vhodnem substratu in z optimirano časovno spremenljivo temperaturo in pH lahko količino proizvedenega bioplina povečamo do 8-krat. Očitno je, da spremenljiva temperatura in pH (primeri 2 in 3) omogočata velike količine bioplina (CH₄) pri relativno nizkih stroških ogrevanja. Res pa je, da je spremenljive vrednosti T in pH v praksi lažje realizirati, če se spreminjajo po Bezierjevi funkciji kot po odsekoma zvezni. S tega vidika se zdi, da najboljše rezultate daje optimizacija z uporabo Bezierjeve časovno odvisne funkcije za temperaturo in pH (način 3) ter z namensko funkcijo, ki se nanaša na maksimiranje bioplina in zmanjšanje potrebne energije za ogrevanje bioreaktorja. Rezultati optimizacije kažejo, da bi bilo smiselno v šaržnem bioreaktorju temperaturo in pH spreminjati v času trajanja procesa AD.

Slika 15: Optimizacija dnevne in celotne proizvodnje CH₄

Zaključek

Na osnovi opravljenega raziskovalnega dela in predstavljenih rezultatov, lahko zaključimo da je novo razvit BioModel za numerično simulacijo procesa AD kompleksnega substrata učinkovit in da upoštevanje pH in temperaturno odvisnih parametrov procesa AD pomembno vpliva na zanesljivost rezultatov numerične simulacije. Z različnimi primeri smo potrdili, da je gradientna aproksimacijska metoda učinkovita za kalibracijo parametrov BioModela in izboljšanje procesa AD ter da je objektno programiranje učinkovito orodje za numerično simulacijo in optimizacijo procesa AD. Karakteristike procesa AD, dobljene z BioModelom, se zadovoljivo ujemajo z eksperimentalnimi rezultati, prav tako pa smo potrdili, da optimirane vrednosti obratovalnih pogojev ob optimirani sestavi vhodnega substrata prispevajo h kvaliteti in kvantiteti nastalega bioplina. Zanesljivost novo razvitega BioModela pa omogoča nadaljnje raziskave na področju optimizacije procesa in tehnologije AD.

Zahvala

Avtorici se zahvaljujeta za finančno podporo ARRS (1000-18-0552 in P2 0414). Avtorica Tina Kegl se prav tako zahvaljuje za prejeto štipendijo L'Oréal-UNESCO, Slovenija, v okviru programa »Za ženske v znanosti 2022«.

Viri in literatura

- [1] STATISTA, 2021. Energy & Environment. <https://www.statista.com/markets/408/energy-environment/>
- [2] Rasapoor M, Young B, Brar R, Sarmah A, Zhuang WQ, Baroutian S. Recognizing the challenges of anaerobic digestion: Critical steps toward improving biogas generation. Fuel 2020;261:116497. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116497>.

- [3] Zhang J, Gu D, Chen J, He Y, Dai Y, Loh KC, Tong YW. Assessment and optimization of decentralized food-waste-to-energy system with anaerobic digestion and CHP for energy utilization. *Energy Conversion and Management* 2021;228:113654. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113654>.
- [4] Peters R, Decker M, Eggermann L, Schemme S, Schom F, Breuer JL, Weiske S, Pasel J, Samsun RC, Stolten D. Thermodynamic and ecological preselection of synthetic fuel intermediates from biogas at farm sites. *Energy, Sustainability and Society* 2020;10:1-27. <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0238-8>.
- [5] Rosha P, Rosha AK, Ibrahim H, Kumar S. Recent advances in biogas upgrading to value added products: A review. *International Journal of Hydrogen Energy* 2021;46:21318-21337. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.246>.
- [6] Karki R, Chuenchart W, Surendra KC, Shrestha S, Raskin L, Sung S, Hashimoto A, Khanal SK. Anaerobic co-digestion: Current status and perspectives. *Bioresource Technology* 2021;330:125001. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125001>.
- [7] Zaman AA, Amin R, Tanvir MH, Ovi MK, Rakhaine NJ, Nayem KH, Sifty S, Barua S, Faysal AA, Islam M, Akhter T. Prospects of union nased biogas plant model for the generation of electricity in Bangladesh. *International Journal of Biomass & Renewables* 2019;8(1):1-11.
- [8] Mahla SK, Ardebili SMS, Sharma H, Dhir A, Goga G, Solmaz H. Determination and utilization of optimal diesel/n-butanol/biogas derivation for small utility dual fuel diesel engine. *Fuel* 2021;289:119913. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119913>.
- [9] Angelidaki I, Ellegaard L, Ahring BK. A mathematical model for dynamic simulation of anaerobic digestion of complex substrates: Focusing on ammonia inhibition. *Biotechnology and Bioengineering* 1993;42:159-166. <https://doi.org/10.1002/bit.260420203>.
- [10] Batstone DJ, Keller J, Angelidaki I, Kalyuzhnyi SV, Pavlostathis SG, Rozzi A, Sanders WTM, Siegrist H, Vavilin VA. *Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1)*. London: IWA Publishing; 2002.
- [11] Kegl T, Kovač Kralj A. Multi-objective optimization of anaerobic digestion process using a gradient-based algorithm. *Energy Conversion and Management* 2020;226:113560. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113560>.
- [12] Kegl T, Kovač Kralj A. Optimization of biogas production from cattle manure by anaerobic digestion using a gradient-based algorithm. *Computer Aided Chemical Engineering* 2021;50:1909-1915. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50296-5>.
- [13] Kegl, T., Kovač Kralj, A, 2022. An enhanced anaerobic digestion BioModel calibrated by parameters optimization based on measured biogas plant data. *Fuel* 2022;322:122984. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122984>.
- [14] Kegl, T. Consideration of biological and inorganic additives in upgraded anaerobic digestion BioModel. *Bioresource Technology* 2022;355:127252. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127252>.
- [15] Frunzo L, Feroso FG, Luongo V, Mattei MR, Esposito G. ADM1-based mechanistic model for the role of trace elements in anaerobic digestion processes. *Journal of Environmental Management* 2019;241:587-602. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.058>.
- [16] Maharaj BC, Mattei MR, Frunzo L, van Hullenbusch ED, Esposito G. ADM1 based mathematical model of trace element complexation in anaerobic digestion processes. *Bioresource Technology* 2019;276:253-259. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.064>.

- [17] Siddique NI, Wahid ZA. Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A reviews. Journal of Cleaner Production 2018;194:359-271.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.155>.
- [18] Siddique N, Adeli H. Nature inspired computing: An overview and some future directions. Cognitive Computation 2015;7:706-714. <https://doi.org/10.1007/s12559-015-9370-8>.
- [19] Kegl M, Oblak MM, Optimization of mechanical systems: on non-linear first-order approximation with an additive convex term. Communications in Numerical Methods in Engineering 1997;13:13-20.
- [20] Kegl M, Butinar BJ, Kegl B, An efficient gradient-based optimization algorithm for mechanical systems. Communications in Numerical Methods in Engineering 2002;18:363-371.
<https://doi.org/10.1002/cnm.499>.

**



Kreacije Sanje Veličković

Izzivi na področju elektrifikacije letalstva - kakšen pogonski sistem bo prevladal v prihodnosti?

*asist. Maršenka Marksel, viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič,
asist. Katja Hanžič, doc. dr. Anita Prapotnik Brdnik*

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

marsenka.marskel@um.si

Povzetek

Zaradi vedno večjega pritiska letalskega prometa na okolje smo v zadnjih letih priča razvoju različnih konceptov okolju prijaznih letal. Težnja po zmanjšanju emisij letalskega prometa je prinesla različne možne rešitve in sicer vse od uporabe trajnostnih letalskih goriv (SAF), ki bi jih lahko uporabili v obstoječih letalih kakor do razvoja povsem novih pogonskih tehnologij. Med slednjimi opazimo vrsto zanimivih tehnologij, in sicer od hibridno-električnega letala, električnega (baterijskega) letala in letala, ki uporabljajo vodik bodisi v vodikovih celicah bodisi z zgorevanjem v turbinah. Katera od omenjenih tehnologij bo prevladala v prihodnosti, bo pokazal čas. Kljub temu pa je možno nakazati določene smernice razvoja novih tehnologij in tržne segmente, v katerih bo določena tehnologija prevladala z vidika energetske učinkovitosti in ekonomske upravičenosti.

Ključne besede: elektrifikacija, električna letala, hibridno-električna letala, baterije, vodik

Uvod – vpliv letalskega prometa na okolje

Letalski promet prinaša številne negativne učinke na okolje, in sicer v obliki emisij toplogrednih plinov kot so CO₂ in N₂O, ki sodijo med glavne vzroke globalnega segrevanja, kot tudi na ljudi v obliki strupenih plinov kot so CO, NO_x, SO_x, ki povzročajo različne bolezni srca, pljuč in jeter [1]. V zadnjih letih, z izjemo obdobja pandemije, smo bili priča vztrajni rasti letalskega prometa, ki ga je povzročila rast srednjega družbenega razreda, povečanja tržnega deleža nizkocenovnih letalskih prevoznikov in izboljšanja infrastrukture na letališčih. Porast letalskega prometa se pričakuje tudi v prihodnosti. V kolikor se ne bodo uvedle okolju prijaznejše pogonske tehnologije v letalstvu, bo to vodilo do porasta emisij CO₂ za 300 % do leta 2050 [2]. Da bi zmanjšali negativni vpliv letalskega prometa na okolje, se tehnološki razvoj usmerja v zmanjšanje porabe goriva in izboljšanje delovanja letal (npr. novejši klasični motorji, nova zasnova trupa z lahкими kompoziti, učinkovitejši postopki letenja itd..) do razvoja trajnostnih letalskih goriv (SAF), [3] [4] [5] [6] [7] [8]. Letalska industrija si trenutno močno prizadeva zmanjšati odvisnosti od fosilnih goriv z uvedbo trajnostnih letalskih goriv, kot so biogoriva, ki se večinoma proizvajajo iz trajnostnih surovin (npr. odpadnih olj ali kmetijskih ostankov [9]). Ker pa so surovine za SAF in s tem proizvodnja trajnostnih goriv omejene, ostaja še vedno veliko zanimanje za uvedbo radikalnih pogonskih tehnologij, ki naj bi na dolgi rok odigrale ključno vlogo pri zmanjšanju emisij [10]. Medtem ko se ocenjuje največji prispevek k zmanjšanju emisij na srednji rok s pomočjo t.i. evolucijskih tehnologij (npr. letala, ki uporabljajo trajnostna letalska goriva), bodo na dolgi rok potrebne revolucionarne

tehnologije. Za doseg političnih ciljev v okviru Zelenega dogovora, t.j. 55 % zmanjšanje CO₂ do leta 2030 in podnebna nevtralnost do 2050, bo potrebno uvesti revolucionarne tehnologije, kot so npr. letala na električni pogon in letala ki uporabljajo vodik ter zmanjšujejo oz. popolnoma odpravljajo CO₂ in NO_x emisije [10] [11] [12].

Pregled novih letalskih pogonskih tehnologij in segmenti njihove uporabe

Hibridna-električna letala

Hibridno-električno letalo je letalo, ki uporablja kombinacija dveh različnih pogonskih sistemov. V splošnem poznamo več različic, od katerih se v letalstvu trenutno največ raziskav usmerja v kombinacijo motorja z notranjim zgorevanjem, ki uporablja kerozin in elektromotorja, ki uporablja baterije. Hibridno-električno letalo, ki zagotavlja pogon na gorivo in baterije, omogoča vzlet in pristane z uporabo elektromotorja, medtem ko uporaba goriva zagotavlja daljši dolet, kot bi bil slednji samo z uporabo baterij. V splošnem obstajata dve možni arhitekturni različici tega pogona, in sicer vzporedna in zaporedna (tj. serijski). Medtem ko se pri vzporednem sistemu, uporabljata oba pogona hkrati, se pri serijskem uporablja elektromotor, ki ga napaja motor na notranje zgorevanje ali baterija. Serijska različica sistema se je izkazala za bolj zanesljivo, ker ni mehanskega prenosa moči med enoto za proizvodnjo energije in propelerjem, zahteva manj vzdrževanja, je bolj energetsko učinkovita in lahko omogoči vrtenje propelerja na nižjih hitrostih in posledično manjši hrup. Osnovna prednost hibridno-električnega letala je, da ne proizvajajo strupenih plinov na samem letališču in s tem odpravimo njihov negativni vpliv na zdravje ljudi. Prav tako doprinesejo pri zmanjšanju zvočnega onesnaženja zaradi letalskega prometa. Glede na konfiguracijo in stopnjo hibridizacije, hibridna letala lahko zmanjšajo tudi CO₂ izpuste, ne morejo pa jih v celoti odpraviti [13].

Trenutno je v razvoju kar nekaj hibridno-električnih letal. Francosko podjetje VoltAero razvija tri konfiguracije hibridno-električnih letal z motorjem z notranjim zgorevanjem in baterijo, in sicer štirisedežno Cassio 330 (Slika 1), šestsedežno Cassio 480 in desetsedežno Cassio 600 s 330 kW, 480 kW in 600 kW električnim motorjem, ki omogočajo 3,5- do 5-urne lete. Družba VoltAero načrtuje, da bo v naslednjih nekaj letih (od leta 2022 do 2024) začela uporabljati letala za različne namene, kot so zasebni leti, zračni taksiji, čarterski leti, komercialni leti, leti od točke do točke in prevoz tovora, kot so pošta ali medicinski pripomočki [14].

Ameriško podjetje Ampaire nadgrajuje obstoječe tipe letal s hibridnimi pogonskimi sistemi, pri čemer strmi k čim nižjim stroškom. V teku je več aplikacij, in sicer od 5-sedežnega letala Ampaire ELL (Slika 2), ki izhaja iz letala Cessna 337 Skymaster, s 160 kW električnim motorjem, 9-sedežno letalo Ampaire Tailwind™ v hibridno-električni izvedbi, ki omogoča daljše lete kot njegova električna različica in 19-sedežna različica turbopropelerskega letala Twin Otter z 1 MW električnim motorjem. Ampaire za svoja letala predvideva različna področja njihove uporabe. Za 5-sedežno letalo Ampaire ELL predvideva zasebno uporabo, kakor tudi za čarterske, regionalne lete in lete na kratke razdalje za potnike ali tovor. Za 9-sedežno letalo Tailwind™, predvideva, da bo to idealno letalo za neposredne lete. Za 19-sedežno letalo predvideva, da bo zagotavljalo redne in neredne potniške lete in druge letalske storitve na oddaljenih območjih (ang. bush airplane) ali zagotavljanje storitev, kot je nadzor skokov s padalom [15] [16].

Med razvijalci hibridno-električnih letal pa lahko zasledimo tudi slovensko podjetje Pipistrel, ki je uporabilo obstoječo platformo štirisedežne Panthere, za preizkus hibridno-električnega pogona z 200 kW moči in najsodobnejšim baterijskim sistemom in generatorjem za podaljševanje dometa [17] (Slika 3).



Slika 1: Cassio 330, VoltAero [18]



Slika 2: Ampaire ELL, Ampaire [19]



Slika 3: Hibridno-električna Panthera, Pipistrel [foto Jože Kovačič]

Električno letalo uporablja za pogon elektromotor, pri čemer lahko pridobiva energijo iz različnih virov bodisi baterij ali fotovoltaike [20]. Glavna prednost letal na baterije je, da ne povzročajo lokalnih emisij in so manj hrupna kot klasična letala, saj omogočajo vzlet in pristane z električnim pogonom. V kolikor se elektrika, ki se uporablja za napajanje letala proizvede iz obnovljivih virov, lahko uporaba električnih letal na baterije prispeva tudi k zmanjšanju svetovnih emisij CO₂. Glavna pomanjkljivost električnih letal na baterije je zelo nizka specifična energija baterije, zaradi česar velikokrat visoka masa baterij povzroči večjo porabo energije in posledično manjši domet letala. Aplikacija električnih pogonov je dandanes prisotna predvsem v segmentu manjših letal (do 10 sedežev) in predvsem v segmentu letal namenjenih usposabljanju in šolanju pilotov. V primeru večjih letal se slednja tehnologija izkaže za energetske neučinkovito in posledično ekonomsko neupravičeno.

Med prvimi električnimi letali, ki so prispeli na trg že v letu 2017, lahko omenimo Pipistrelovo letalo Alpha Electro (Slika 4). Slednje je bilo prvo dvosedežno električno letalo za usposabljanje na svetu s 60 kW električnim motorjem, ki zmore do 60 minut letenja in je zasnovano za kratke vzlete in močne vzpone, kar je odlično za usposabljanje pilotov [21]. V letu 2020 Pipistrelovo letalo Velis Electro (Slika 5) postalo prvo električno letalo, ki je prejelo certifikat EASA za komercialne lete [22]. Še leto pred tem, je podjetje iz Bye Aerospace iz Kolorada uspešno izvedlo tudi prvi polet svojega letala eFlyer 2 (slika 6) - dvosedežnega električnega letala, ki

omogoča daljše polete z nekoliko močnejšim električnim motorjem (80 kW) kot njegovi predhodniki [23] [24]. NASA je v lanskem letu (2021) uspešno testirala letalo X-57 Maxwell (Slika 7), ki uporablja porazdeljen električni pogonski sistem s 14 električnimi motorji in propelerji [25] [26].



Slika 4: Alpha Electro, Pipistrel [30]



Slika 6: eFlyer 2, Bye Aerospace [32]



Slika 5: Velis Electro, Pipistrel [31]



Slika 7: X-57 Maxwell, NASA [33]

Družba Bye Aerospace namerava v naslednjih letih uvesti štirisedežno letalo eFlyer 4, ki ga poganja električni motor z močjo 105 kW in vzdržljivostjo 4 ure ter 8-sedežno letalo eFlyer 800 z električnim motorjem z močjo 500 kW in časom leta 4.2 ure, ki bosta namenjena trgom, kot so zračni taksi, zračni tovor, regionalni in čarterski leti [23] [24]. V naslednjih letih je v segmentu manjših električnih letal načrtovanih še veliko več aplikacij. V letu 2025 namerava podjetje Electron preizkusiti najvišje možne hitrosti električnega letala, medtem ko podjetje MagniX s svojim eCaravan Magni500, namerava preizkusiti najvišje nadmorske višine (8.000 m) [27]. Po 2024 se pričakuje tudi dva modela 9-sedežnih električnih letal in sicer Eviation Alice [28] in Tecnam P-Volt [29].

Letala s pogonom na vodik

Letala, ki pri svojem pogonu uporabljajo vodik v osnovi delimo na letala, ki vodik zgorevajo v turbinah in letala (tj. letalo na vodikove turbine) in letala ki uporabljajo gorivne celice na vodik za zagotavljanje električnega pogona (tj. letala na vodikove gorivne celice).

Letalo na vodikove gorivne celice je zasnovano podobno kot serijsko hibridno-električno letalo z motorjem z notranjim zgorevanjem, pri čemer gorivne celice na vodik nastopajo v vlogi generatorja namesto motorja z notranjim zgorevanjem [13]. V gorivni celici se električna energija proizvaja iz vodika, pri čemer je voda edini stranski produkt. Letalo na vodikove gorivne celice poleg vodne pare ne oddaja nobenih dodatnih plinov ali emisij [34]. Letalo na vodikove gorivne celice odpravlja CO₂ emisije, in v kolikor je vodik proizveden iz energije, ki uporablja obnovljive vir (npr. elektroliza z uporabo solarne, vodne, vetrna energije), lahko prav

tako kot električno letalo na baterije prispeva k odpravi svetovnih CO₂ emisij. Za razliko od kerozina ima dosti višjo specifično energijo, kar pomeni manjšo maso goriva na letalu. Slabost letal na gorivne celice je v veliki masi rezervoarjev za vodik, ki ga zaradi svoje majhne gostote moramo shranjevati ali pod zelo visokim tlakom ali pa kot utekočinjenega na zelo nizki temperaturi. Posledično so letala na gorivne celice težja, zaradi česar se zmanjša njihova energijska učinkovitost. K dodatni teži pa prispeva tudi trenutno relativno slabo razmerje med močjo in maso gorivnih celic. Prav tako je ena od ekonomski slabosti te vrste letal zelo visoka cena vodika v primerjavi s kerozinom.

Letalo na vodikove turbine je letalo, kjer se uporablja vodik, ki zgoreva v posebnih turbinah, zelo podobno kot kerozin zgoreva v motorjih z notranjim zgorevanjem. Pogonski sistem letala na vodikove turbine bo po svoji arhitekturi še naprej zelo podobno obstoječim reaktivnim motorjem, vendar z nekaterimi novostmi, kot so drugačne črpalke za gorivo in nadzorne enote, zgorevalne komore in dodatni toplotni izmenjevalnik za uparjanje tekočega vodika. Prav tako se bo morala spremeniti zasnova letala zaradi prostornejših rezervoarjev za gorivo [8]. V primeru letal na turbine, se pri zgorevanju še vedno pojavljajo emisije NO_x, katere pa recimo niso prisotne pri letalih na vodikove gorivne celice.

Medtem ko bo uporaba gorivnih celic najverjetneje prevladovala v kategoriji majhnih propelerskih letal do 40 sedežev, pa bo tehnologija zgorevanja vodika prisotna v kategoriji ozkotrupnih in širokotrupnih letal s 100 in več potniki [35]. V prihodnosti se pričakuje uporaba vodika v tekoči obliki, saj ima slednji v primerjavi z plinastim, manjšo maso in bo tako letalo dosegalo boljše aerodinamične lastnosti in manjšo porabo goriva [13]. Prvo letalo s posadko, ki uporablja izključno tehnologijo gorivnih celic je bilo DLR-H2 (Slika 8), ki ga je leta 2009 razvil Nemški vesoljski center (DLR) [36]. Temu je sledil razvoj štirisedežnega letala na gorivne celice DLR-HY4 (ki ga zdaj razvija podjetje H2FLY) (Slika 9) [37]. Podjetje Zero Avia je v letu 2020 izvedel uspešen let z štirisedežnim letalom modela Piper-M, ki uporablja pogon na vodikove gorivne celice [38] (Slika 10). Prav tako se pričakujejo testni poleti letala Phoenix PT (slika 11) v tem letu, ki bo prvo letalo na svetu, ki ga poganjajo gorivne celice na tekoči vodik [39]. Med najbolj vidnimi koncepti letal na vodikove turbine je Airbusovo letalo ZEROe. Ravno v tem letu je bil testiran ZEROe demonstrator, ki temelji na platformi letala A380. Airbus razvija tri različne konfiguracije letal in sicer turboventilatorsko, turbopropelersko in BWB krilno, ki naj bi vstopil na trg do leta 2035. Turbopropelerska zasnova lahko prevaža do 100 potnikov in zgoreva vodik v modificiranih plinskoturbinskih motorjih. Letalo bi imelo domet 1.852 km in bi bilo primerno za lete na kratke razdalje. Turboventilatorska zasnova lahko prevaža od 120 do 200 potnikov, prav tako uporablja plinskoturbinski motor in ima domet 3.704 km. Koncept BWB krila lahko prevaža do 200 potnikov in omogoča izjemno širok trup ter različne konfiguracije kabin za potnike [40] [41].



Slika 8: Antares DLR-H2, DLR [36]



Slika 9: HY4, H2FLY [42]



Slika 10: Hyflyer 1, ZeroAvia [38]



Slika 11: Phoenix PT, AeroDelft [39]



Slika 12: ZEROe, Airbus [41]

V prihodnosti se napoveduje številne aplikacije pogonske tehnologije na vodikove gorivne celice in sicer strani podjetja ZeroAvia, H2FLY, NASA, podjetje Alaka'i Technologies in HES Energy Systems. Večina prototipov na vodikove gorivne celice je izdelanih v manjšem obsegu, do 4-10 potnikov. Čeprav je bil dosežen velik napredek na področju letalstva na vodikov pogon, se uresničitev takšnega letala ne pričakuje pred leti 2030-2035 [35]. Te napovedi slonijo na upoštevanju tehnološke pripravljenosti, zmožnosti proizvodnje zadostne količine letal, stroške tekočega vodika, kerozina in elektrike, infrastrukture in vladnih omejitve glede emisij v letalstvu.

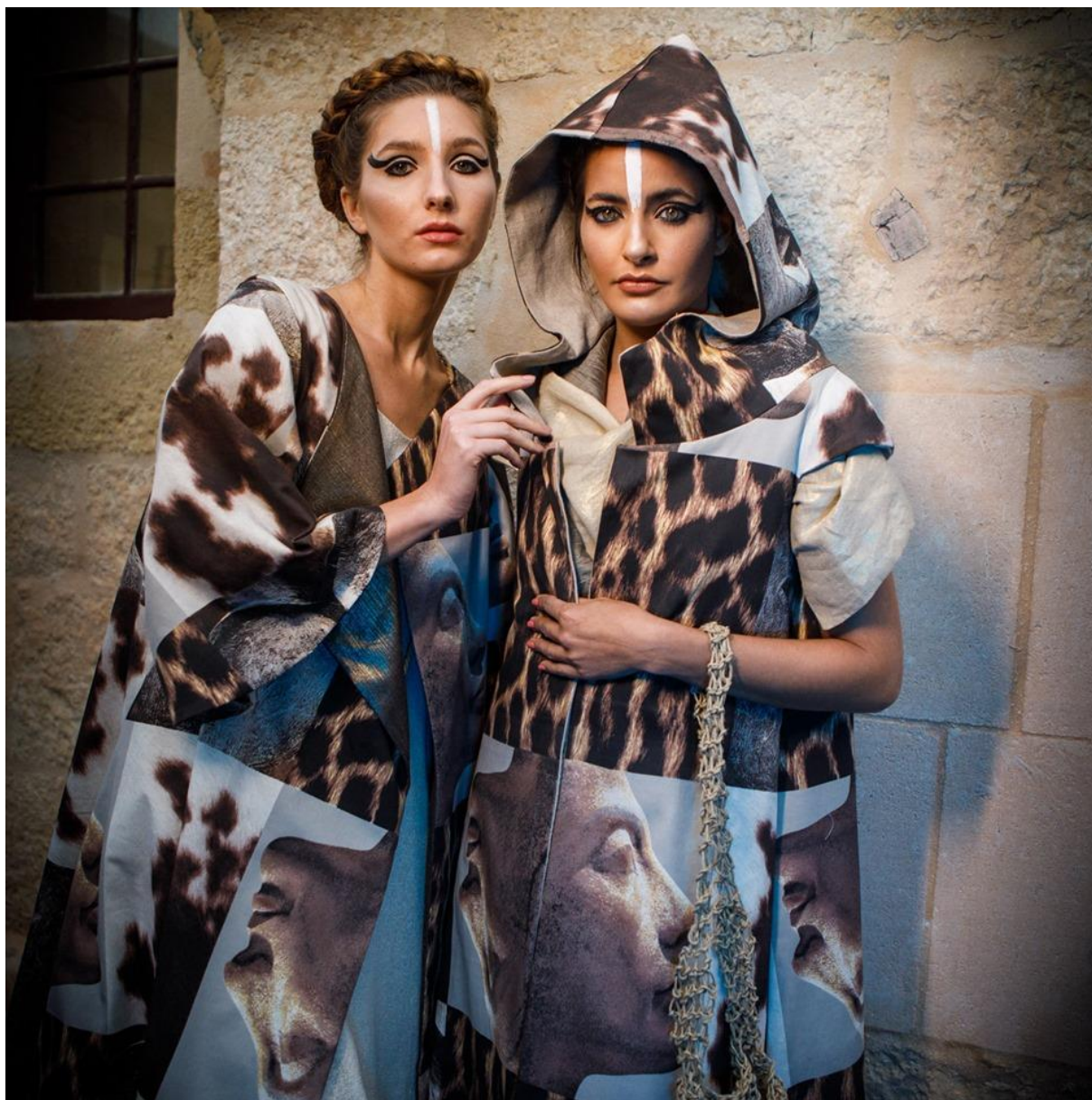
Zaključek

Majhna letala bodo najverjetneje prva sprejela nove pogonske tehnologije, katerim bodo v prihodnosti sledila tudi večja. Najverjetnejši trg, na katerem se bodo uporabljale nove tehnologije, so letalski prevozi potnikov in blaga na letališčih, ki so trenutno zaprta ali imajo omejen promet zaradi bližine mest, kot tudi na zelo težko dostopnih ali oddaljenih krajih. Vsekakor zanimivo področje uporabe, ki se pojavlja posebej v segmentu manjših letal so t. i. leteči taksiji. Uvedbo novih letal pa bodo spremljali številni izzivi, in sicer z vidika razvoja popolnoma nove tehnologije, do zagotavljanja potrebne infrastrukture na letališčih, do zagotavljanja stroškovne učinkovitosti letal in do tega, da bo kot pri elektrifikaciji v avtomobilski industriji potrebna znatna politična podpora, vsaj na začetku te nove razvojne poti.

Viri in literatura

- [1] G. P. Brasseur et al., "Impact of Aviation on Climate: FAA's Aviation Climate Change Research Initiative (ACCRI) Phase II," *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 97, no. 4, pp. 561–583, Apr. 2016, DOI: 10.1175/BAMS-D-13-00089.1.
- [2] European Commision, "Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future," 2020.
- [3] A. Dray, L.M.; Evans, A. ; Schäfer, "The Impact of Economic Emissions Mitigation Measures on Global Aircraft Emissions," 2010.
- [4] M. Hassan, A. P. Payan, H. Pfaender, and E. Garcia, "Framework Development for Performance Evaluation of the Future National Airspace System," in 15th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 2015, no. June.
- [5] International Civil Aviation Organization (ICAO), "Doc 10075: Assembly Resolutions in Force (as of 6 October 2016)," 2016.
- [6] A. J. Timmis et al., "Environmental impact assessment of aviation emission reduction through the implementation of composite materials," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 20, no. 2, pp. 233–243, 2015, doi: 10.1007/s11367-014-0824-0.
- [7] B. Owen, D. S. Lee, and L. Lim, "Flying into the future: Aviation emissions scenarios to 2050," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 44, no. 7, pp. 2255–2260, 2010, doi: 10.1021/es902530z.
- [8] T. Schilling, "AIRCAT-Assessment of the Impact of Radically Climate-Friendly Aviation Technologies," *Greener Aviat.* 2016, no. 1, pp. 1–12, 2016.
- [9] SkyNRG, "Sustainable aviation feul," 2020. [Online]. Available: <https://skynrg.com/sustainable-aviation-fuel/saf/>.
- [10] IATA, Aircraft Technology Roadmap to 2050. 2019.
- [11] Air Transport Action Group, "Waypoint 2050: An Air Transport Action Group Project," 2020.
- [12] E. (NLR) van der Sman, B. (NLR) Peerlings, J. (NLR) Kos, R. (SEO) Lieshout, and T. (SEO) Boonekamp, "Destination 2050-A route to net zero European aviation Preface," 2021.
- [13] A. L. Marksel, M., Brdnik , A. P., Kamnik, R., Trainelli, L., Riboldi, C. E., & Rolando, "D10 .1: Ground infrastructure investment plan," Maribor, 2019.
- [14] Voltaero, "Voltaero," 2021. [Online]. Available: <https://www.voltaero.aero/en/>.
- [15] D. Sigler, "Ampaire and its Zero Emission Airplane," *Sustain. Ski.*, 2017.
- [16] Ampaire, "Ampaire," 2021. [Online]. Available: <https://www.ampaire.com/>.
- [17] iFly, "Panthera hybrid experimental," 2022. [Online]. Available: <http://www.ifly.eu/Panthera/Hybrid>.
- [18] G. Nehls, "VoltAero to cross English Channel with Cassio 1 demonstrator aircraft," *CW Composite worlds*, 2021. [Online]. Available: <https://www.compositesworld.com/news/voltaero-to-cross-english-channel-with-cassio-1-demonstrator-aircraft>.
- [19] S. Georgilidakis, "Ampaire electric EEL- the first comercial hybrid?," *Mentour pilot*, 2021. [Online]. Available: <https://mentourpilot.com/ampaire-electric-eel-the-first-commercial-hybrid/>.
- [20] S. Babič, S. Grčar, M. Malec, M. Maruško, J. Miljević, and J. A. Ulčar, *Sto let letalstva*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2003.

- [21] Pipistrel, "Pipistrel Alpha Electro," 2021. [Online]. Available: <https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/alpha-electro/#tab-id-2>.
- [22] Pipistrel, "Pipistrel Velis Electro," 2021. [Online]. Available: <https://www.pipistrel-aircraft.com/sl/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc/#tab-id-2>.
- [23] Bye Aerospace, "eFlyer 2 Electric Aircraft," 2021. [Online]. Available: <https://www.aerospace-technology.com/projects/sun-flyer-2-electric-aircraft/>.
- [24] Bye Aerospace, "Bye Aerospace Unveils 8-Seat All-electric eFlyer 800," 2021. [Online]. Available: <https://byeaerospace.com/bye-aerospace-unveils-8-seat-all-electric-eflyer-800/>.
- [25] R. Cormack, "NASA's First All-Electric Airplane Is (Almost) Ready for Liftoff," Robb Rep., 2021.
- [26] NASA, "X-57 Maxwell," 2021. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/specials/X57/>.
- [27] J. Hemmerdinger, "All-electric Grand Caravan makes maiden flight," Flight Glob., 2020.
- [28] Eviation, "Alice," 2021. [Online]. Available: <https://www.eviation.co/aircraft/#Alice>.
- [29] Tecnam, "Tecnam aircraft," 2021. [Online]. Available: <https://www.tecnam.com/>.
- [30] E-mobility Engineering, "Pipistrel Alpha Electro," 2022. [Online]. Available: <https://www.emobility-engineering.com/pipistrel-alpha-electro/>.
- [31] Wikipedia, "Pipistrel Velis Electro," 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Pipistrel_Velis_Electro.
- [32] A. Technology, "eFlyer 2 Electric Aircraft," 2022. [Online]. Available: <https://www.aerospace-technology.com/projects/sun-flyer-2-electric-aircraft/>.
- [33] Wikipedia, "NASA X-57 Maxwell," 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/NASA_X-57_Maxwell.
- [34] B. Khandelwal, A. Karakurt, P. R. . Sekaran, V. Sethi, and R. Singh, "Hydrogen powered aircraft : The future of air transport," Prog. Aerosp. Sci., vol. 60, pp. 45–59, 2013, doi: 10.1016/j.paerosci.2012.12.002.
- [35] McKinsey & Company, Hydrogen-powered aviation A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050, no. May. Belgium: The Print Agency, 2020.
- [36] DLR, "Antares DLR-H2 - out of op-er-a-tion," 2021. [Online]. Available: <https://www.dlr.de/content/en/articles/aeronautics/research-fleet-infrastructure/dlr-research-aircraft/antares-dlr-h2-out-of-operation.html>.
- [37] DLR, "First flight of DLR's HY4 fuel cell light aircraft," Fuel Cells Bull, vol. 10, p. 1, 2016.
- [38] EMEC, "Press release: HyFlyer project achieves world-first hydrogen-electric flight," 2020. [Online]. Available: <http://www.emec.org.uk/press-release-hyflyer-project-achieves-world-first-hydrogen-electric-flight/>.
- [39] A. Malewar, "AeroDelft's Phoenix two-seater aims to be the world's first liquid-hydrogen aircraft," Inceptive Mind, 2021. .
- [40] Airbus, "Airbus reveals new zero-emission concept aircraft," 2020. [Online]. Available: <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/09/airbus-reveals-new-zeroemission-concept-aircraft.html>.
- [41] Airbus, "ZEROe," 2021. [Online]. Available: <https://www.airbus.com/innovation/zero-emission/hydrogen/zeroe.html>.
- [42] A. Barajas, "H2FLY Sets Hydrogen-Electric Flight World Record," Flying, 2022. [Online]. Available: <https://www.flyingmag.com/h2fly-sets-hydrogen-electric-flight-world-record/>.



Kreacije Sanje Veličković

Hibridno-električni letalski pogoni razviti v projektu MAHEPA

viš. strok. raz. asist. Nina Pavletič, asist. Katja Hanžič, asist. Maršenka Marksel

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

nina.pavletic@um.si

Povzetek

Evropska komisija, ob vse večjem zaznavanju posledic klimatskih sprememb v zadnjih letih, ogromno pozornosti namenja financiranju programov za razvoj čistejših tehnologij na področju prometa. Projekt Mahepa je nastal prav z namenom, da bi razvili pogonsko tehnologijo, ki bi omogočala letalom minimalen vpliv na okolje. V sklopu projekta sta bili tako razviti in testirani dve novi tehnologiji, in sicer hibridno električni pogonski sklop in pogonski sklop na vodikove gorivne celice. Obe tehnologiji sta bili uspešno testirani v dveh različnih manjših letalih, Panthera in Hy4. Projekt Mahepa se je sicer končal novembra 2021, a pustil ogromen pečat na področju razvoja tovrstnih "zelenih" pogonskih tehnologij za manjša letala. Vsekakor pa je konzorcij projekta pripravil temelj za nadgradnjo obeh tehnologij in se s tem približal uresničitvi dolgoročnega cilja, da se pogonska sklopa vgradi v večsedežna potniška ali tovorna letala.

Ključne besede: *hibridno električno letalo, gorivne celice, vodik, MAHEPA, letalstvo*

Uvod

Število letalskih potnikov se iz leta v leto povečuje, k čemur je pripomoglo povečanje tržnega deleža nizkocenovnih letalskih prevoznikov in izboljšanje infrastrukture na letališčih. Po napovedih Mednarodnega združenja letalskih prevoznikov se bo število letalskih potnikov v obdobju 2016-2035 podvojilo (iz 3,8 milijarde na 7,2 milijarde). Z rastjo letalskega prometa pa se povečuje tudi onesnaževanje zraka z različnimi strupenimi izpusti, hrupom in toplogrednimi plini. Ob tem se porajajo številna vprašanja. Kaj to pomeni za okolje? Ali je možno zmanjšati odvisnost letalskega prometa od fosilnih goriv? Ali lahko z alternativnimi gorivi ublažimo onesnaženost zraka? Evropska komisija si zadnja leta zelo prizadeva omiliti vse bolj negativne učinke emisij na okolje ter skozi različne mehanizme financiranja poskuša spodbuditi podjetja in raziskovalne institucije, da s svojim znanjem pripomorejo k ustvarjanju okolju prijaznejših tehnologij. In prav s tem namenom je nastal raziskovalni projekt MAHEPA.

O projektu MAHEPA

Projekt Mahepa, s polnim nazivom »Modular Approach to Hybrid-Electric Propulsion Architecture«, je eden od pomembnih projektov Evropskega raziskovalnega programa Obzorje 2020, ki je potekal v letih od 2017 do 2021. V konzorciju so kot partnerji delovale številne raziskovalne in razvojne institucije s področja letalstva. Pod vodstvom slovenskega podjetja Pipistrel Vertical Solutions, d.o.o., sta bili v konzorciju nemški podjetji H2FLY GmbH in »Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR«, Compact Dynamics, podjetje

specializirano za električne pogonske sklope, ter raziskovalni centri univerz TuDELFT, ULM, POLIMI in Univerze v Mariboru. Cilj projekta je bil zmanjšanje razkoraka med raziskavami in proizvodnjo novih pogonskih tehnologij, ki bi omogočile doseganje okoljskih ciljev na področju letalstva do leta 2050. S tem namenom sta bila v sklopu projekta razvita dva nova, modularna hibridno-električna pogonska sklopa, ki sta bila tudi preizkušena skozi testne lete dveh različnih tipov letal (več o tem v nadaljevanju).

Rezultati raziskav in dosežkov projekta MAHEPA so bili predstavljeni na najpomembnejšem evropskem letalskem sejmu AERO, ki ga obišče več kot 33.000 obiskovalcev, tako strokovnjakov kot drugih letalskih navdušencev. Predstavitev hibridno električnih letal je potekala s pomočjo očal HoloLens za navidezno resničnost, da so si lahko obiskovalci ogledali notranjost pilotske kabine ter posamične komponente hibridnega pogona, skupaj s tehničnimi podatki, lokacijo baterij in rezervoarjev za gorivo.

V projektu MAHEPA so sodelovali tudi študenti v sklopu tridnevnega Hackatona, kjer je sodelovalo 20 najboljših študentov iz 7 različnih držav. Pod vodstvom mentorjev so iskali optimalne rešitve oblike letala in notranjosti pilotskih kabin, oblike ter varnosti in udobnosti hibridno električnega letala. Organizirana je bila tudi jesenska šola, ki je bila enkratna priložnost, kjer je 20 izbranih najboljših študentov iz dvanajstih svetovno priznanih univerz in devetih različnih držav, dobilo možnost vpogleda v kompleksno delovanje projektnega konzorcija.

Hibridno-električna tehnologija razvita v projektu MAHEPA

Segment ultra lahkih in lahkih letal predstavlja odlično podlago za preizkušanje popolnoma nove pogonske tehnologije in prenosu slednje v večja potniška letala. Električni pogon z uporabo baterij namreč bistveno zmanjša emisije hrupa, CO₂, NO_x ter ostalih strupenih delcev v okolje, vendar ima tovrstni pogon zaradi nizke gostote energije v baterijah tudi svoje pomanjkljivosti in ga zaenkrat ni moč uporabljati v večjih potniških letalih. Namreč, letala na baterijski pogon so težja, zaradi česar porabijo več energije in imajo bistveno nižje domete (t.j. preletene razdalje). Zaradi omenjenih omejitev trenutne tehnologije baterij, ostaja izključno električni pogonski sistem na baterije zaenkrat neprimeren za letenje na dolge razdalje.

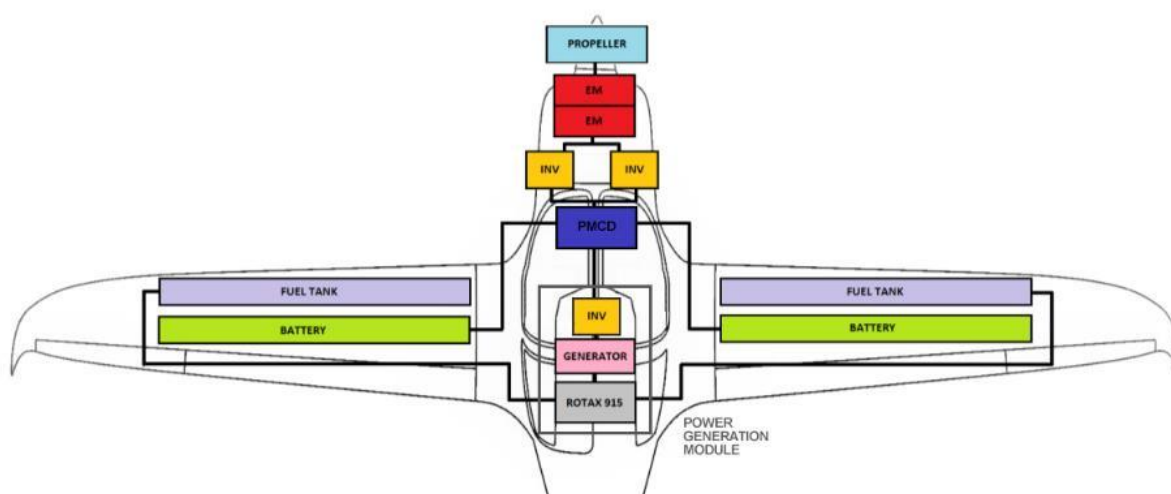
Za odpravo pomanjkljivost električnega pogona sta bila v sklopu raziskovalnega projekta Mahepa razvita dva hibridno-električna sklopa saj koncept hibridno-električnega letala trenutno predstavlja najboljši kompromis med učinkovitostjo in dosegom. Z uporabo hibridno-električnega pogona ima lahko letalo zadostno zmogljivost baterije za krajše vzpone zgolj z električnim pogonom, medtem ko se za daljše domete in dodatno varnost električna energija generira z motorjem na notranje izgorevanje.

V okviru projekta sta bila izdelana dva nova modularna hibridno-električna pogonska letalska sklopa, pri čemer en sklop deluje s pomočjo klasičnih goriv, drugi sklopa pa uporablja vodik. Prva testna platforma, ki je bila preizkušena v letalu Panthera podjetja Pipistrel Vertical Solutions, uporablja motor z notranjim izgorevanjem in električni generator kot primarni vir energije, zaradi katerega je letalo tišje med samim vzletom in pristankom. Druga testna platforma, vgrajena v letalo Hy4 podjetja H2FLY, kot primarni vir energije uporablja vodikove gorivne celice za proizvodnjo energije in tako je vodna para edini stranski proizvod izgorevanja kar pomeni, da ni izpustov strupenih plinov.

Obema testnima platformama je skupen modul za nadzor moči, ki se uporablja za izvajanje naprednih metod upravljanja z energijo za optimizacijo poleta, dosega in emisij hibridnega-električnega letala. Skupne so jima tudi nove energetske elektronske naprave, visoko učinkovit električni pogonski motor, primeren za uporabo v letalih, ter inverter nove generacije [1].

Hibridno-električni pogonski sklop z motorjem z notranjim zgorevanjem - Panthera

Panthera je štirisedežno letalo s hibridnim pogonom, pri katerem motor z notranjim izgorevanjem v kombinaciji z majhno baterijo napaja elektromotor, tako da lahko letalo vzleti na električni pogon. Koncept pogona je sestavljen iz serijske hibridno-električne arhitekture, kjer propeler poganja elektromotor, katerega napaja konvencionalni motor z notranjim izgorevanjem v kombinaciji z električnim generatorjem in baterijskim sistemom, ki pa je sestavljen iz dveh vzporednih baterijskih sklopov. V primeru okvare motorja z notranjim izgorevanjem ali baterijskega sistema je pogonski sklop še vedno sposoben zagotoviti dovolj energije za varen let in pristanek.



Slika1: Zasnova serijskega hibridno-električnega pogona za Panthero razvitega v projektu MAHEPA [2]

Kot je prikazano na Sliki 1, se mehanska moč, ki prihaja iz motorja z notranjim izgorevanjem (Rotax 915), z generatorjem pretvori v električno energijo izmeničnega toka. Električna energija izmeničnega toka se nato pretvori v električno energijo enosmernega toka s sistemom dvojnega pretvornika. Električna energija enosmernega toka, ki prihaja iz motorja z notranjim izgorevanjem, je nato povezana z električno energijo enosmernega toka, ki prihaja iz akumulatorja. Električno energijo je nato treba ponovno pretvoriti v področje izmeničnega toka z dvema pretvornikoma, ki napajata elektromotor. Na ta način lahko sistem tudi v primeru odpovedi enega od pretvornikov ali motorja še vedno zagotavlja polovično napajanje, kar letalu omogoča nadaljevanje varnega leta [2].

Pogonski sklop je zasnovan tako, da ima največjo vzletno moč 300 kW in največjo kontinuirano moč 150 kW. Skupna masa pogonskega sklopa, vključno z baterijskim sistemom, naj bi znašala približno 370 kg.

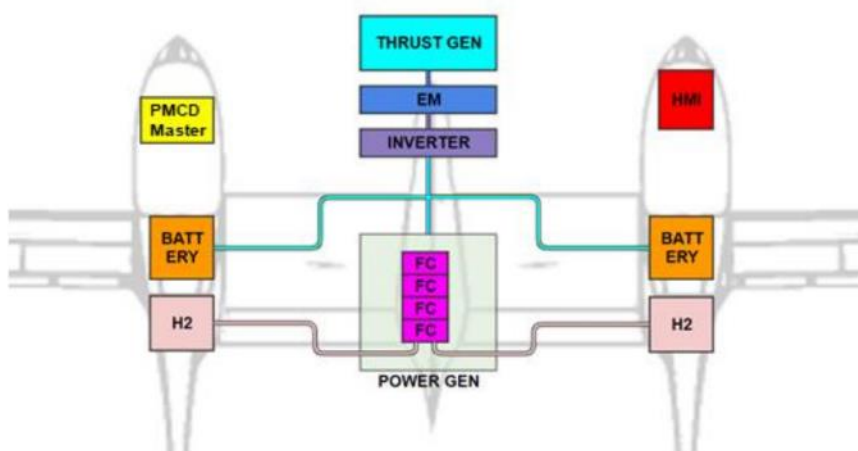


Slika 1: Hibridno električno letalo Panthera podjetja Pipistrel Vertical Solutions d.o.o. (foto: Jožef Kovačič, Pipistrel)

Panthera lahko v fazi vzleta, zaradi možnosti popolnoma električnega vzleta zagotovi občutno manjši hrup. Potovalna hitrost je na nižji nadmorski višini v primerjavi s standardnimi štiri- in šestvaljnimi motorji Lycoming nižja, zaradi manj zmogljivega vgrajenega motorja na notranje izgorevanje, vendar se negativen učinek kot je nižja potovalna hitrost močno zmanjša pri letih na višji nadmorski višini, kjer se turbinsko normaliziran motor Rotax po zmogljivostih lahko enači s štirivaljnim motorjem Lycoming IO-390 [3].

Pogonski sklop na vodikove celice - Hy4

Hy4 je prvo štirisedežno potniško letalo na svetu, ki ga poganja izključno sistem vodikovih gorivnih celic in električni pogon. Pogonski sklop letala Hy4 sestavljajo rezervoar za vodik, nizkotemperaturna vodikova gorivna celica in baterija. Gorivna celica neposredno pretvarja energijo vodikovega goriva v električno. Edini odpadni produkt v tem procesu je vodna para. Električni motor uporablja proizvedeno energijo za pogon letala. Če se vodik, ki je potreben za gorivno celico, proizvaja z elektrolizo z uporabo energije iz obnovljivega vira energije, lahko Hy4 leti brez kakršnih koli emisij [4].



Slika 3: Zasnova serijskega pogona na vodikove gorivne celice za Hy4 razvitega v projektu MAHEPA 2]

Hy4 ima zelo učinkovito ogrodje z dovolj prostornine za vgradnjo velikih sistemov gorivnih celic in tlačnih rezervoarjev. Konfiguracija z dvojnimi trupoma omogoča do štiri sedeže, osrednji del trupa pa omogoča, da so gorivne celice in pogonski sklopi integrirani skupaj, kar zagotavlja večjo učinkovitost sistema. V kombinaciji z visokim razmerjem stranic in učinkovito zasnovo letala je za let potrebna razmeroma majhna moč, zlasti med letom. V kombinaciji s sorazmerno visokim izkoristkom gorivnih celic, ki se giblje okoli 50 %, je mogoče brez hlajenja in letalske elektronike doseči skupni izkoristek pogonskega sklopa približno 44 %. Letalo med samim letom potrebuje približno 30 kW moči in 62-85 kW za vzlet ali zagon, kar je idealno za integracijo pogonskega sklopa na vodikove gorivne celice [4].



Slika 4: Vodikovo letalo nemškega vesoljskega centra DLR in H2Fly [4]

Električni motor Hy4 ima moč 80 kW, največjo hitrost 200 km/h in potovalno hitrost 145 km/h. Doseg letala znaša od 750 do 1.500 km, kar pa je odvisno od hitrosti, nadmorske višine in drugih obremenitev med letom. Glavna značilnost letala Hy4 sta dva trupa, v vsakem pa je prostor za dva potnika. Teža letala Hy4 je 1.500 kg [4].

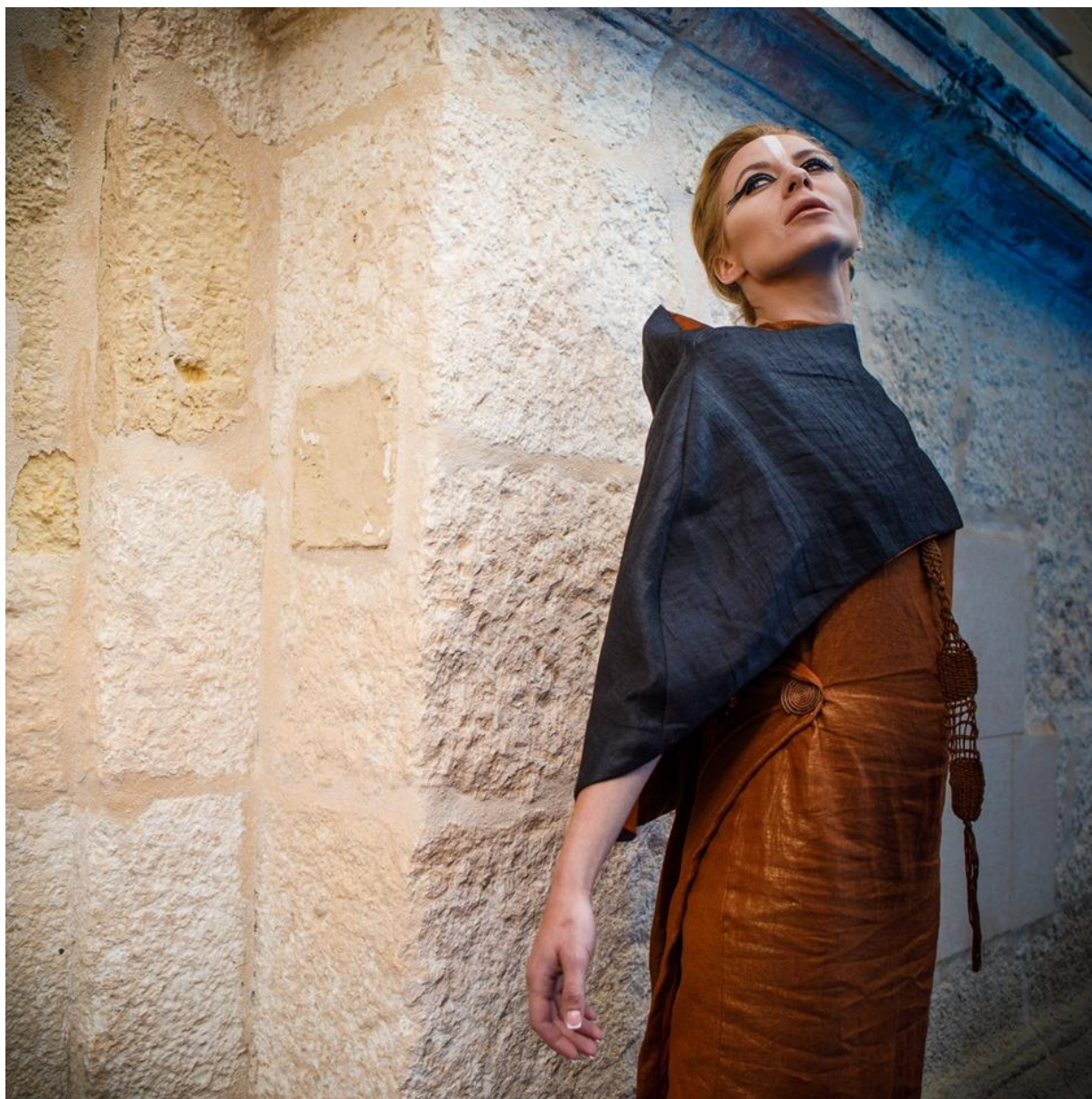
Zaključek

Po štirih letih trdega dela se je konzorcij projekta Mahepa razšel bogatejši za številne izkušnje, študije in koncepte, razvite v času medsebojnega sodelovanja. Veliki finale projekta je zagotovo predstavitev testnih letov obeh letal na mariborskem letališču, kjer je bil uspešno predstavljen tako hibridno električni pogonski sklop z motorjem na notranje zgorevanje kot tudi hibridno električno letalo na vodikov pogon. Govorimo o zgodovinski prelomnici v letu 2020, ko je v nebo prvič, v sklopu projekta Mahepa, poletelo vodikovo hibridno letalo Hy4, podjetja HY2Fly. Dvotedensko testiranje letala je dokazalo, da so bili izpolnjeni vsi ključni cilji, predvideni v projektu. Povečana zanesljivost, energetska učinkovitost pogonskega sklopa, ter dosežena zadovoljiva stopnja varnosti.

Leto kasneje je v Cerkljah poletelo še Pipistrellovo letalo, Panthera, ki je dokazalo, da je izvajanje lokalnih poletov mogoče brez emisij in to zgolj z električnim pogonom. Vsekakor lahko trdimo, da gre za pomemben mejnik za prihodnost trajnostnega letalstva. Za uspešno zadovoljevanje dolgoročnih ciljev evropske komisije je rezultat projekta Mahepa dal dobro iztočnico vsem ostalim raziskovalcem na področju razvoja alternativnih tehnologij, da obstoječe tehnologije realizirajo tudi na večjih letalih.

Viri in literatura

- [1] MAHEPA – Modular Approach to Hybrid Electric Propulsion Architecture (project funded under HORIZON 2020 programme, nr. 723368. Retrieved February 13, 2019 from www.mahepa.eu
- [2] Gaspari, F. (2018). D1.8: ICE-hybrid powertrain design. (pp. 1-26, Rep. No. D1.8). MAHEPA project.
- [3] Righetti, A. et al. (2017). D2.1 Performance and energy efficiency trade off study (pp. 1-61, Rep. No. D2.1). MAHEPA project.
- [4] Hy4. Retrieved February 13, 2019 from www.hy4.org
- [5] Flade, S. (2018). D1.9: FC-Hybrid powertrain design. (pp. 1-22, Rep. No. D1.9). MAHEPA project.



Kreacije Sanje Veličković

Najmlajši laboratorij na UM FERi – Laboratorij za inteligentne sisteme

asist. Lucija Brezočnik, prof. dr. Vili Podgorelec

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

lucija.brezocnik@um.si

Povzetek

V začetku leta 2021 je Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru dobila nov laboratorij – Laboratorij za inteligentne sisteme. Laboratorij vodi prof. dr. Vili Podgorelec, ki ima več kot 20 let izkušenj na področju umetne inteligence in strojnega učenja ter je napisal več kot 70 znanstvenih člankov, sodeloval pri mnogih industrijskih projektih in bil za svoje delo večkrat nagrajen doma in v tujini. Člani laboratorija pod njegovim mentorstvom raziskovalno sodelujemo v več lokalnih in mednarodnih projektih predvsem na področjih inteligentnih sistemov, strojnega učenja, podatkovne analitike, računske inteligence in sistemov odločanja. V prispevku bomo predstavili zgolj peščico najbolj aktualnih projektov, ki smo jih ali jih še izvajamo v sklopu laboratorija, preostale pa si lahko pogledate na spletni strani Inštituta za informatiko UM FERi.

Ključne besede: laboratorij za inteligentne sisteme, UM FERi, podatkovna analitika, strojno učenje

Uvod

Na Inštitutu za informatiko Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko smo v začetku leta 2021 ustanovili nov laboratorij, imenovan Laboratorij za inteligentne sisteme. Ideja po lastnem laboratoriju je tlela že nekaj časa in se udejanjila predvsem zaradi potrebe po celoviti obravnavi inteligentnih sistemov in rešitev tako z znanstveno-raziskovalnega, kot z aplikativnega vidika. Naraščajoča povpraševanja po delavnicah s področja podatkovne analitike, strojnega učenja in optimizacije, skupaj z mnogimi pridobljenimi industrijskimi, mednarodnimi in lokalnimi projekti z omenjenih področij so le še potrdila smotrnost takšne odločitve. Člani laboratorija za inteligentne sisteme, pod vodstvom prof. dr. Vilija Podgorelca, se ne ukvarjamo le z inteligentnimi sistemi, strojnimi učenjem, podatkovno analitiko in sistemi odločanja, temveč tudi z računsko inteligenco. Omenjene pristope apliciramo predvsem na področjih medicinske informatike, programskega inženirstva in poslovnih procesov. Imamo več kot 20 let izkušenj z analizo, načrtovanjem, implementacijo, integracijo in evalvacijo inteligentnih sistemov z rešitvami umetne inteligence, pri čemer naslavljamo proces odkrivanja znanja v podatkih kot celoto.

Raziskovalno pokrivamo naslednja področja [1]:

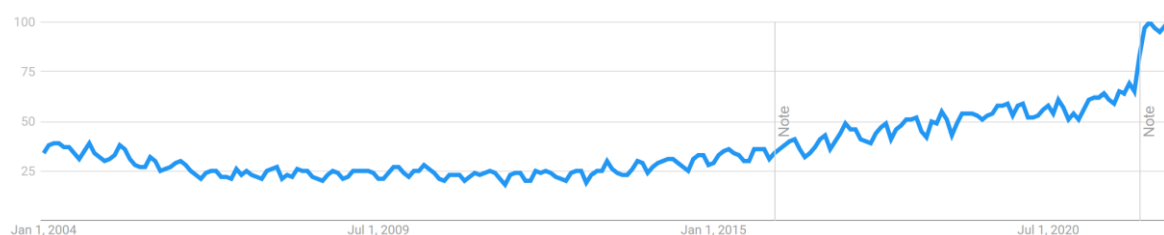
- inteligentna analiza podatkov,
- optimizacija in računsko inteligenco,
- analiza, načrtovanje, implementacija in vrednotenje tehnologij, metod in algoritmov strojnega učenja,
- podatkovno inženirstvo za potrebe strojnega učenja,

- pomenska integracija podatkov,
- aplikacije metod in tehnik strojnega učenja in umetne inteligence,
- načrtovanje in vpeljava metod strojnega učenja in računske inteligence v inteligentne sisteme,
- proces razvoja oz. inženirstvo inteligentnih sistemov,
- analiza, načrtovanje in razvoj pristopov k vrednotenju inteligentnih rešitev ter
- integracija inteligentnih sistemov v poslovne procese.

Da so področja, ki jih naslavlja Laboratorij za inteligentne sisteme, aktualna, je razvidno ne le iz lokalnih, temveč tudi svetovnih virov. Slika 1 prikazuje jasen trend rasti iskanja po ključni besedi »podatkovna znanost« (angl. data science) v iskalniku Google po celem svetu (dve vertikalni sivi črti na grafu označujeta izboljšavo Googlovega sistema za beleženje zadetkov). Podoben trend se kaže tudi na sliki 2 pri ključni besedi »podatkovna analitika« (angl. data analytics).



Slika 1: Rast trenda iskanja po ključni besedi »podatkovna znanost« [2]



Slika 2: Rast trenda iskanja po ključni besedi »podatkovna analitika« [3]

Ne le, da se vedno več ljudi zanima za tematike povezane s podatkovno znanostjo, opazen je tudi trend rasti projektov na tem področju in zaposlovanj podatkovnih analitikov (in podobnih kadrov) v podjetjih. Kljub temu pa še vedno povpraševanja delodajalcev po kompetentnem kadru z znanjem omenjenih področij presegajo njihovo prisotnost na trgu, zato se podjetja vedno pogosteje obračajo na raziskovalne inštitucije z namenom sodelovanja ter skupnega oblikovanja modelov in drugih algoritmov za njihove potrebe. S takšnim sodelovanjem podjetjem ni potrebno dodatno obremeniti zaposlenih, ki bi v nasprotnem primeru morali opraviti vse redne obveznosti in se še dodatno izobraževati s področij podatkovne znanosti. Po drugi strani pa lahko raziskovalci v sklopu svojih raziskav na fakultetah proučijo aktualne trende in znanje prenesejo na sodelujoče akterje znotraj skupnih industrijskih projektov.

Izpostavljeni projekti

Laboratorij za inteligentne sisteme sodeluje pri mnogih projektih, zato bomo v nadaljevanju izpostavili zgolj trenutno najbolj pomembne, ki ne naslavljajo le aktualnih področij, temveč kažejo tudi širino in pestrost obravnavanih problemskih tematik.

AI REGIO

Projekt Obzorja 2020 (H2020) z akronimom AI REGIO [4] predstavlja zaveznitva regij in digitalnih inovacijskih stičišč (DIH) za digitalno preobrazbo evropskih manjših in srednje velikih podjetij (MSP), ki temeljijo na umetni inteligenci. Znotraj projekta z Laboratorijem za inteligentne sisteme sodelujemo pri napovedovanju zgodnje identifikacije iztokov iz omrežja pitne vode Mariborskega vodovoda [5]. Potrebi po inteligentni rešitvi je med drugim botrovalo dejstvo, da je ročna identifikacija iztokov na terenu ali na podlagi shranjenih podatkov preveč nezanesljiva in mnogokrat prepozna. Slednje predstavlja tudi problem za okolje in posledično višje stroške vzdrževanja. Slika 3 prikazuje primer detekcije izteka vode na terenu.



Slika 3: Prikaz detekcije izteka vode na terenu

Glavni problem je torej zgodnje odkrivanje iztekanj vode, kjer nam osnovo predstavljajo (skoraj) realno časovni podatki pretoka vode. Pri tem uporabljamo mnoge pristope, med drugim tudi globoke nevronske mreže s ponavljajočimi (angl. recurrent) sloji (GRU, LSTM). Ker vsako povečanje (ali upad) porabe vode še ne pomeni napake (na primer, povečanje pretoka vode v poletnih mesecih je lahko posledica polnjenja bazenov; upad porabe vode pa lahko morda pripišemo dopustu), je pomemben korak pri gradnji modela za napovedovanje porabe vode tudi gručenje podobnih porabnikov. Na tak način lahko zgradimo modele specifične za določene gruče in lažje najdemo optimalni prag razlike med predvideno in dejansko porabo.

Informatika: napovedovanje porabe električne energije

Vpeljava umetne inteligence in strojnega učenja v poslovni proces napovedovanja porabe električne energije je bila glavna želja naročnika Informatika, informacijske storitve in inženiring, d.o.o. [6]. Podjetje je osrednji partner v slovenskem elektroenergetskem prostoru s preko 40 let izkušenj pri razvoju IT rešitev, ki ponujajo storitve po meri za vsa slovenska elektro distribucijska podjetja.

Projekt lahko z lahkoto uvrščamo med t. i. »big data« projekte, saj smo obdelali pridobljene podatke skoraj 20 milijard meritev za več kot pol milijona števecv (uporabnikov) [7] [8]. Vsakodnevno se tako baza podatkov poveča za več kot 40 milijonov meritev. Po čiščenju

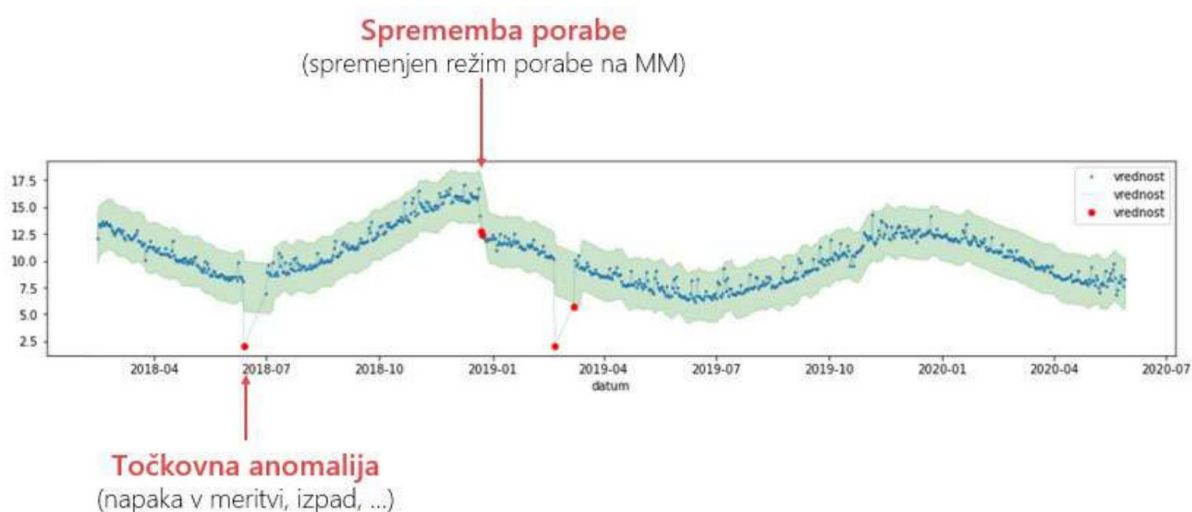
podatkov smo številke malo oklestili (izločitev registrov za jalovo energijo, s samimi ničelnimi vrednostmi, ipd.) in prišli do nekaj več kot 12 milijard meritev.

Študija je obsegala definicijo modelov strojnega učenja za napovedovanje porabe električne energije posameznega uporabnika za dnevne, urne in 15-minutne intervale; detekcijo anomalij pri vzorcih porabe električne energije; in združevanje porabnikov na podlagi njihovih vzorcev porabe električne energije. Slika 4 prikazuje natančnost napovednega modela določenega merilnega mesta.



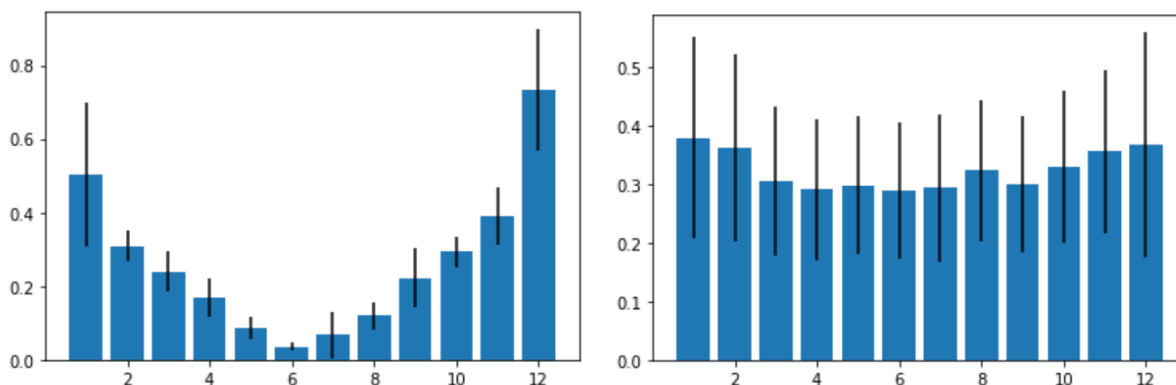
Slika 4: Primer napovedi porabe električne energije

Prikaz spremenjenega režima porabe električne energije in točkovne anomalije določenega merilnega mesta prikazuje slika 5. Točkovne anomalije so lahko napake pri meritvi ali izpad, spremenjen režim porabe pa se nanaša na spremenjen trend porabe električne energije na dotičnem merilnem mestu. Za slednje je lahko vzrok varčevanje pri porabi, zamenjava starejšega električnega aparata, ali na drugi strani na primer vselitev dodatne osebe.



Slika 5: Primer detekcije anomalij.

Tretja zahteva je bilo profiliranje uporabnikov. Slika 6 prikazuje primer dveh različnih tipov uporabnikov glede na porabo po mesecih.



Slika 6: Profiliranje uporabnikov glede na trend porabe električne energije.

STAR.APP

Pri Erasmus+ projektu STAR.APP [9] sodeluje šest projektnih partnerjev iz petih držav: Ciper, Italija, Litva, Slovenija in Španija. Glavna misija projekta je identifikacija značilnic, ki potencialno nakazujejo ali bo študent zaključil študij ali ne. Pri tem procesu sodelujejo tako strokovnjaki iz izobraževalnih oz. pedagoških ved kot tudi strokovnjaki za umetno inteligenco.

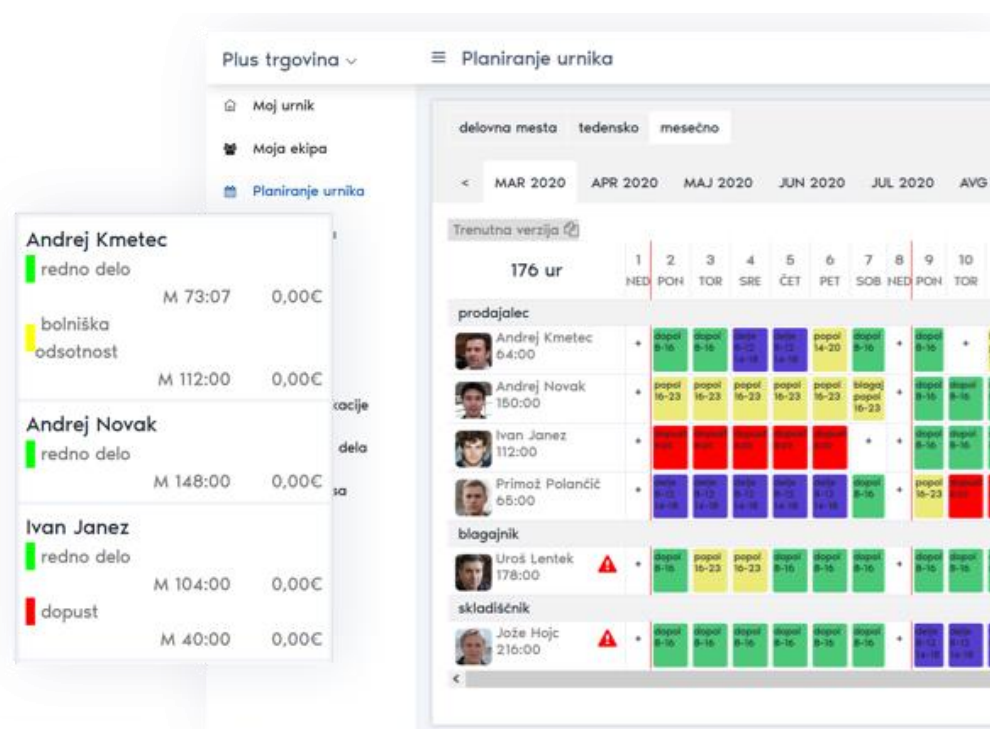
Projekt predvideva ustvarjanje treh glavnih izhodov:

- spletna platforma za oceno tveganja, kjer tehnologije umetne inteligence pomagajo pri zgodnjem odkrivanju študentov, ki imajo veliko tveganje za nedokončanje študija;
- ogrodje za tutorje in mentorje z inovativnimi pristopi za mentoriranje;
- priročnik, ki predstavlja način uporabe strojnega učenja v tutorskih storitvah za preprečevanje osipa študentov.

Nad zbranimi podatki o študentih projektnih partnerjev smo zagnali različne algoritme nadzorovanega in nenadzorovanega učenja in ugotovili, da so trije značilni faktorji napovedovanja študentskega osipa število zaključenih anket (posredno obsega zaključene izpite, domače naloge in druga preverjanja znanja), interes za predmet ter prisotnost na predavanjih in vajah (glej sliko 7).

KdajDelam.si

Mlado zagonsko podjetje Tino d.o.o. se je na Laboratorij za inteligentne sisteme obrnilo s prošnjo o samodejni sestavi kar se da optimalnega urnika, ki bi ga uporabilo za zagotavljanje svoje spletne storitve KdajDelam.si [10]. Razumljivo je, da so se časi ročnega sestavljanja urnikov že poslovali, saj število zaposlenih narašča, povečuje se tudi število poslovalnic, v katerih delajo, hkrati pa moramo zadostiti določenim kriterijem oz. omejitvam. Slednje so lahko deljen delovni čas, omejitev števila zaposlenih določene izmene, zamenjave delovnih pozicij (npr. blagajnik -> prodajnik), dopusti in podobno. Zgolj za primer: če imamo 60 zaposlenih v petih poslovalnicah, imamo ob upoštevanju vseh zahtev in omejitev več kot $1,5 \times 10^{24}$ možnih kombinacij urnika! Slednje je kompleksen problem, ki je tudi izjemno časovno zahteven. Zaradi tega smo pri reševanju problema uporabili knjižnico NiaPy [11], ki vsebuje nabor implementiranih algoritmov po vzorih iz narave, s katero smo uspeli rešiti problem in definirati urnik dela. Slika 8 prikazuje primer razporeditve zaposlenih prvega tedna v marcu 2020.



Slika 8: Prikaz delovanja aplikacije [10]

Knjižnica NiaPy

NiaPy je v programskem jeziku Python zapisano micro-ogrodje (angl. framework) za razvoj in uporabo optimizacijskih algoritmov po vzoru iz narave [11]. Ogrodje je odprtokodno in ima že več kot 20 razvijalcev, ki so ali še prispevajo kodo. Trenutna verzija ima implementiranih okoli 40 optimizacijskih algoritmov in več kot 45 testnih problemov. Hkrati so ogrodje NiaPy uporabili že v več kot 10 programskih paketih in citirali v več kot 50 strokovnih in raziskovalnih prispevkih. NiaPy je na voljo na spletnem repozitoriju GitHub:

<https://github.com/NiaOrg/NiaPy>.



Slika 9: Knjižnica NiaPy [11]

Zaključek

V prispevku smo prikazali zgolj najbolj aktualne projekte, ki jih izvaja Laboratorij za inteligentne sisteme na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Glavni cilji omenjenih projektov so tako bili:

- boljša napoved porabe električne energije posameznih porabnikov s pomočjo napovednih modelov globokega učenja;
- identifikacija iztekanj vode iz vodovodnega omrežja s pristopi iskanja anomalij in gručenja;
- definicija modelov za napovedovanje osipa študentov;
- optimalna razdelitev urnikov zaposlenih z optimizacijskimi algoritmi po vzoru iz narave;
- razvoj programske knjižnice za uporabo optimizacijskih metod v znanstveno-raziskovalne in razvojne namene.

Kljub temu želimo omeniti še nekaj drugih že izvedenih projektov:

- optimizacija polnjenja električnih dostavnih vozil z meta-hevrističnimi optimizacijskimi algoritmi;
- diagnoza psihofizičnega stanja (stres, utrujenost) pilotov in voznikov ob uporabi algoritmov strojnega učenja;
- mobilna aplikacija PackUp, ki povezuje AI (strojno učenje za prepoznavo objektov) in Blockchain (podelitev kriptožetonov zmagovalcu);
- diagnosticiranje bolezni COVID-19 in ugotavljanje njenih značilnosti z uporabo razlagalnih mehanizmov AI.

Kot je iz predstavljenega razvidno, Laboratorij za inteligentne sisteme naslavlja mnoga področja optimizacije in strojnega učenja. Raziskovalno smo zelo vpeti tako v lokalni kot tudi mednarodni prostor in sodelujemo v več interdisciplinarnih projektih. Temelj našega raziskovalnega dela je naslavljanje in reševanje izzivov na področjih umetne inteligence, strojnega učenja in podatkovne znanosti, eden ključnih vidikov našega poslanstva pa prenos znanja in sodelovanje z gospodarstvom in negospodarstvom. Če ste morda tudi sami pred kakšnim izzivom, ali ne veste kako pridobiti koristne informacije iz obilice podatkov, vam pri tem z veseljem pomagamo.

Viri in literatura

- [1] Inštitut za informatiko, Laboratorij za inteligentne sisteme, dostopno na <https://ii.feri.um.si/sl/o-institutu/laboratoriji/laboratorij-za-inteligentne-sisteme/> [2. 9. 2022].
- [2] Google Trends, Rezultati iskanja po ključni besedi »podatkovna znanost«, dostopno na <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=data%20science> [2. 9. 2022].
- [3] Google Trends, Rezultati iskanja po ključni besedi »podatkovna analitika«, dostopno na <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=%2Fm%2F07zy4y> [2. 9. 2022].
- [4] AI REGIO konzorcij, Projekt AI REGIO, dostopno na <https://www.airegio-project.eu/> [2. 9. 2022].
- [5] S. Karakatič, Š. Pečnik, G. Vrbančič, R. Kukovec, M. Levstek, A. Erker, V. Podgorelec, Strojno učenje za boljše javne storitve: zgodnja identifikacija iztokov iz omrežja pitne vode, V: M. Heričko (ur.), T. Beranič (ur.). Sodobne informacijske tehnologije in storitve: OTS 2022: zbornik

- petindvajsete konference, Maribor, 7. in 8. september 2022. 1. izd. Maribor: Univerzitetna založba Univerze, 2022. Str. 249-261. doi: <https://doi.org/10.18690/um.feri.10.2022.22>.
- [6] Informatika, dostopno na <https://www.informatika.si/> [2. 9. 2022].
- [7] V. Podgorelec, S. Karakatič, I. Fister Jr., L. Brezočnik, Š. Pečnik, G. Vrbančič. Digital transformation using artificial intelligence and machine learning: an electrical energy consumption case. V: I. Karabegović (ur.), A. Kovačević (ur.), S. Mandžuka (ur.). New technologies, development and application V: [International Conference New Technologies, Development and Application, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina in Sarajevo, on 23-25 June 2022]. Cham: Springer Natur, cop. 2022. Vol. 472, str. 498-504. Lecture notes in networks and systems, Vol. 472. doi: 10.1007/978-3-031-05230-9_59.
- [8] V. Podgorelec, S. Karakatič, G. Vrbančič, Š. Pečnik, I. Fister Jr., L. Brezočnik, M. Rogina, F. Klauzer, Vpeljava umetne inteligence in strojnega učenja v poslovni proces napovedovanja porabe električne energije, V: M. Heričko (ur.), T. Beranič (ur.). Sodobne informacijske tehnologije in storitve: OTS 2022: zbornik petindvajsete konference, Maribor, 7. in 8. september 2022. 1. izd. Maribor: Univerzitetna založba Univerze, 2022. Str. 224-235. doi: <https://doi.org/10.18690/um.feri.10.2022.20>.
- [9] STAR.APP konzorcij, Projekt STAR.APP, dostopno na <https://www.star-app.eu/> [2. 9. 2022].
- [10] KdajDelam.si, dostopno na <https://www.kdajdelam.si> [2. 9. 2022].
- [11] G. Vrbančič, L. Brezočnik, U. Mlakar, D. Fister, I. Fister Jr., NiaPy: Python microframework for building nature-inspired algorithms. Journal of Open Source Software, 3(23), 613, 2018. doi: <https://doi.org/10.21105/joss.00613>.



Kreacije Sanje Veličković

ZANIMALO VAS BO

Engineers Europe – FEANI – EUR ING – EUR ING 2.

Na skupščini FEANI, ki je bila 7. oktobra 2022, sta bili med drugim soglasno sprejeti dve pomembni spremembi, ki bosta v bodoče pomembno vplivali na evropsko inženirsko zvezo in na pridobivanje naziva EUR ING. Skupščina je ime evropske zveze FEANI (Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs) spremenila v preprostejšo obliko, ki bolje opisuje aktualno, trenutnemu času primerno ime: Engineers Europe. Soglasno so bila sprejeta tudi nova pravila za pridobitev naziva EUR ING. Novi naziv se bo od starega razlikoval po okrajšavi EUR ING 2.0 in pomembni novosti: naziv se bo podeljeval za dobo petih let (do konca 2022 podeljeni nazivi ostanejo permanentni). Od 1. 1. 2023 se bo naziv podeljeval za omejen čas, za obnovitev naziva pa bo potrebno Nacionalnemu odboru za pregled vlog (NMC) dokazovati CPD (Continuous Professional Development) aktivnosti, torej izobraževalne aktivnosti iz obveznih vsebin, pomembnih za inženirsko stroko, in prostoizbirnih za inženirstvo relevantnih vsebin. Treba bo torej dokazati, da se je posamezen nosilec naziva EUR ING v petletnem obdobju tudi strokovno izpopolnjeval. Za vse, ki so pridobil naziv EUR ING pred 1. 1. 2023, se ne spremeni nič. Naziv jim ostane permanentno.

Engineers Europe

V prehodnem obdobju se bo uporabljal logotip na sliki, kjer bo še zmeraj zapisan FEANI v francoskem, angleškem in nemškem jeziku, kasneje bo ostal smo logotip in napis Engineers Europe (<https://www.feani.org/>).



To prehodno obdobje bo trajalo pet let in v tem času bodo morale tudi vse nacionalne inženirske zveze posodobiti svoje spletne strani, glave dokumentov in vse druge elemente, vezane na novo ime in nov logotip Engineers Europe.

Sprememba imena in logotipa nimata nekega globokega vpliva

na delovanje evropske inženirske zveze. Namen je nagovoriti mlajše generacije evropskih inženirjev za aktivno sodelovanje. Zveza Engineers Europe ni omejena samo na članice Evropske skupnosti; kot stanovska organizacija omogoča sodelovanje vsem evropskim nacionalnim inženirskim zvezam in tudi, kot pridruženim članicam, zvezam izven Evrope v geografskem pomenu.

EUR ING 2.0

Kot je bilo nakazano že v uvodu, bo bistvena sprememba postopka za pridobitev naziva EUR ING 2.0 dokazovanje vseživljenjskega izobraževanja, tako obveznega kakor tudi prostovoljnega. Od starega postopka seveda ostane zahteva po članstvu prosilca v nacionalni inženirski organizaciji. Inženirski visokošolski študijski program, ki ga je absolviral prosilec za naziv EUR ING, mora biti naveden v bazi EEED (<https://www.feani.org/european-engineering-education-database/what-feani-eeed>). Če visokošolskega inženirskega programa, ki ga je prosilec končal, ni v bazi EEED, se primer rešuje individualno, kjer mora NMC pred pregledom prosilčeve vloge pregledati program visokošolske ustanove, ki jo je prosilec absolviral, in ugotoviti skladnost programa z zahtevami Engineers Europe.

Vseživljenjsko izobraževanje (CPD)

Hiter razvoj družbe, tehnike in tehnologije zahteva nenehno izobraževanje inženirjev za pridobivanje novih znanj, veščin in spretnosti.

				
Študent 5 let	Mladi strokovnjak 15 let	Strokovnjak 15 let	Ekspert 20 let	Nestor naslednjih 100 let

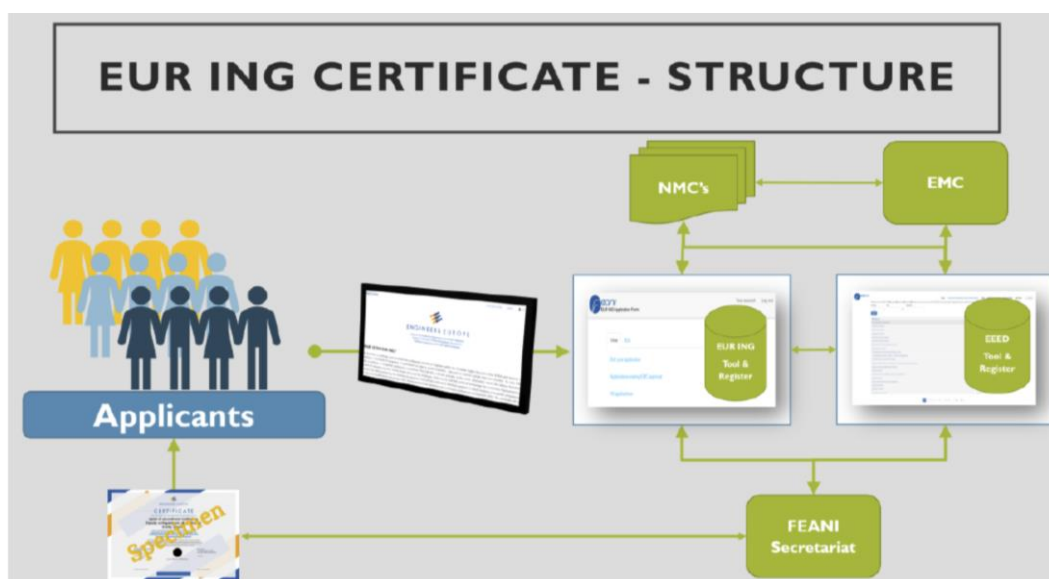
Od inženirja se pričakuje, da bo v svojem aktivnem življenju zbral okrog 1000 ECTS kreditih točk izobraževanj. Te točke so porazdeljene skozi razvoj inženirske kariere od začetka akademskega inženirskega izobraževanja do upokojitve, upoštevane pa so tudi morebitne aktivnosti po upokojitvi.

Stopnje kariere in ocenjen čas učenja (v ECTS)	Razlaga opisa
Splošno predvisokošolsko izobraževanje	Dosti časa je porabljenega za pridobivanje neinženirskih znanj. Ta znanja so nujna za intelektualni razvoj posameznika, toda nerelevantna za inženirstvo in za pridobitev naziva EUR ING.
Študent: 180-300 ECTS	Temeljno inženirsko izobraževanje. V nekaterih državah to bazično izobraževanje vključuje tudi prve praktične izkušnje.

Mlad strokovnjak, strokovnjak in ekspert: 300 ECTS	Po diplomiranju pri delu se posamezniki samoizobražujejo povprečno 10 % časa, kar ustreza približno 4 uram delovnega tedna. Delovno leto obsega približno 40 delovnih tednov, kar znese 160 ur izobraževanja na leto. Če teh 160 ur delimo z 28, znese skoraj 6 ECTS. Pri delovni dobi 50 let to znese 300 ECTS. Skozi delo se posameznik spreminja od mladega inženirja do seniorja – izkušenega inženirja. Interes za učenje se z leti spreminja. Tečaj požarne varnosti spada po EQF (Evropsko ogrodje kvalifikacij) na raven 4 in mogoče ni inženirsko znanje, je pa izredno pomembno in se morajo tovrstna izobraževanja upoštevati pri CPD.
Strokovnjak in ekspert 120 ECTS	Po začetku strokovne kariere mnogi inženirji začnejo z dodatnimi prvostopenjskimi in drugostopenjskimi izobraževanji z do 20 urami izobraževanja tedensko v povprečni dobi štirih let, kar jim prinese 30 ECTS na leto.
Nestor 300 ECTS	Po upokojitvi mnogo inženirjev še zmeraj sledi novim trendom v tehniki in tehnologiji. Ker niso več zaposleni, je ta del izobraževanja lahko tudi 8–10 ur tedensko, kar prinese 15 ECTS na leto. Pokojninska doba traja v povprečju 20 let.
Ocenjena doba učenja inženirja je preko 1000 ECTS	

Postopek za pridobitev naziva EUR ING 2.0

Postopek, kako lahko posameznik ob izpolnjevanju pogojev (članstvo v nacionalni inženirski zvezi, visokošolski inženirska izobrazba po programu, ki je verificiran od EMC in je naveden v bazi EEED) pridobi EUR ING 2.0 naslov, je prikazan na sliki. Postopek je podprt s spletnim portalom Engineers Europe (<https://www.feani.org/feani/eur-ing-title/what-eur-ing-title>) in ne omogoča oddajanja fizičnih »papirnatih« vlog. Ves postopek teče avtomatizirano preko internetne aplikacije, ki je že dobro vpeljana in tudi verificirana.



Zakaj EUR ING 2.0

Naziv EUR ING 2.0 je zanimiv in bo takšen ostal za inženirje, ki delujejo globalno. Sistem podpira permanentno izboljševanje kakovosti inženirjev z evolucijo pravil, nadzorom procesov in upoštevanjem veljavnih standardov. Postavljeni so kriteriji, s katerimi se strinja in jih upravlja 33 evropskih visokošolskih sistemov. Sistem promovira profesionalnost in mobilnost, priznana so inženirska izobraževanja 33 evropskih visokošolskih sistemov in tudi tista izven evropskega izobraževalnega prostora. EUR ING 2.0 omogoča nosilcem naziva delo v mednarodnih okoljih s partikularnimi nacionalnimi regulacijami in zahtevami inženirskih varnostnih predpisov (na primer ASME-testiranje tlačnih posod).

Namen novega sistema EUR ING 2.0 je povečati dodano vrednost za prosilce in imetnike naziva in zagotoviti trajnostno rast kakovosti inženirstva, kar je v korist celotne inženirske skupnosti v Evropi.

dr. Karl Gotlih
NC SI FEANI

»Gozdovi na robu mesta« – nega gozdov je naložba v prihodnost

Zavod za gozdove Slovenije OE Maribor in Podravske gozdarsko društvo sta tako kot vsako leto organizirala tradicionalno prireditev ob Tednu gozdov, ki poteka v zadnjem majskem tednu.

Letošnja osrednja prireditev Tedna gozdov je potekala pod Pekrsko gorco. V izbiri kraja dogodka je bilo tudi nekaj simbolike – letos je bil namreč sprejet težko pričakovan Odlok o razglasitvi gozdov s posebnim namenom v Mestni občini Maribor. Odlok skupno zajema cca 620 ha »primestnih« gozdov in mednje sodi tudi gozd na Pekrski gorci, ki je v lasti Republike Slovenije in z njim pa gospodari družba Slovenski državni gozdovi. Predstavniki slednje so na srečanju izrazili pripravljenost na sodelovanje, tako, da bo predmetni gozd v prihodnosti deležen specifične nege, v smislu omenjenega odloka, pri kateri bodo bolj poudarjene predvsem socialne in ekološke ter turistično - rekreativne funkcije gozda.

Mesto Maribor je bilo s sprejetjem Zakona o gozdovih iz leta 1974 eno prvih mest, ki je predvidelo zaščito mestnih gozdov. Leta 1983 je bil sprejet Odlok o območju, v katerem se razglašajo gozdovi s posebnim namenom in o njihovi zaščiti (Medobčinski uradni vestnik št.6/1983). Z leti je prišlo do sprememb v družbeni ureditvi, pravnih podlagah in v novih izzivih mesta, zato je bila nujna priprava novega Odloka o razglasitvi gozdov s posebnim namenom v MOM. Po letu 2000 je bilo več poskusov posodobitve odloka in 31. marca 2022 je bil odlok dokončno sprejet na 31. redni seji Mestnega sveta Mestne občine Maribor.

27. maja 2022 so se tako zbrali predstavniki Mestne občine Maribor, zaposleni na Zavodu za gozdove Slovenije ter članice in člani Zveze inženirskih društev Maribor, ki so bili v glavnem iz Podravskega gozdarskega društva. Uvodoma je vodja območne enote Zavoda za gozdove **mag. Jožef Mrakič** predstavil pomen gozdov ob globalnem segrevanju, pomen nege gozdov in pohvalil sprejetje Odloka o mestnih gozdovih Maribora. Odlok je plod sodelovanja mestnih oblasti in gozdarjev Zavoda za gozdove.

Predsednik gozdarskega društva **Matjaž Vrecl**, je predstavil drobce iz zgodovine Pekrske gorce in njenih gozdov.

Gozdovi s posebnim namenom v Mestni občini Maribor – sprejetje odloka

Gospa **Cvetka Slana**, vodja Službe varstva okolja v občinski upravi Maribora, je izpostavila kar nekaj težav v povezavi z mestnimi gozdovi:

- dosedanje neustrezno gospodarjenje,
- razdrobljeno lastniško strukturo,
- nezadostno infrastrukturo v podporo socialnim funkcijam gozda,
- nedovoljeni posegi v gozd in
- neustrezní odnos občanov do gozda (odlaganje odpadkov, adrenalinsko kolesarjenje, ipd.).

Zato je izrazila željo po povezovanju vseh deležnikov na vseh ravneh nadaljnega razvoja v povezavi s tem gozdovi.



Skupna služba varstva okolja je že v preteklem letu organizirala akcijo odstranjevanja tujerodnih vrst rastlin na gozdnih parcelah v Stražunu in na Mariborskem otoku, ki so v lastništvu Mestne občine Maribor. V jesenskem času je stekla še akcija odstranjevanja zelenega obreza kot odpada, ter zasaditve očiščenih mest črnih odlagališč z avtohtonimi vrstami gozdnih dreves. Z akcijami nameravajo nadaljevati tudi v prihodnje. Izpostavila je tudi, da so občani v zadnjih letih tudi pozorni kaj se dogaja v gozdovih okoli njih in so se aktivno vključili v

oblikovanje projektnih predlogov v okviru participativnega proračuna MOM. V okviru slednjega se bosta v Stražunskem gozdu uredili dve novi socialni infrastrukturi. V smeri urejanja gozdov pa se bodo aktivnosti nadaljevale tudi na območju Pekrske gorce (ureditev pohodnih poti, ob vznožju in na vrhu postavitve enostavne infrastrukture za počitek in sprostitve, ipd.).

V gozdu na Pekrski gorci bodo uporabljeni sodobni principi nege gozdov

Gospod Nenad Zagorac iz Zavoda za gozdove Slovenije, OE Maribor je opozoril, da je zaradi podnebnih sprememb opaziti vedno več različnih za gozd škodljivih dogodkov kot so ujme, žledolom, vetrolom, ki smo jim priča zadnjih nekaj let.

Posledica podnebnih sprememb je tudi namnožitev raznih invazivnih vrst, kot je na primer gliva *Hymenoscyphus fraxineus*, ki je zdesetkala sestoje jesenov ter stenice hrastove čipkarice, ki oslabi hrastova drevesa in posledično zmanjša letni prirastek dreves. Poudaril je, da je potrebno poleg vzgoje kakovostnih dreves stremeti tudi k ustvarjanju čim bolj stabilnega gozda s povečevanjem odpornosti in raznovrstnosti gozdov. Dolgoročni načrt gospodarjenja (upravljanja) z gozdom Pekrske gorce daje poudarek na



pestrosti drevesnih vrst, ohranitvi habitatno zanimivih dreves, zmanjševanju deleža drevesnih vrst kot je smreka, ki na Pekrski gorci nimajo naravnega rastišča ter povečanju deleža naravne sestave drevesnih vrst, ki so tudi najbolj odporne. Predvideva tudi uporaba okolju prijaznejše tehnologije pri izvajanju sečnje.

Osnutek novega gozdnogojitvenega načrta za Pekrsko gorco

Revirni gozdar Peter Grandič za območje gozda Pekrske gorce načrtuje tako proizvodne kot splošno koristne funkcije kot so estetska, klimatska in rekreacijska funkcija ter varovanje gozdnih tal. V območju bivše skakalnice kjer je v razvoju mlad gozd, je predvidena nega letvenjaka, za ostali del gozda pa je predvidena nega debeljaka in mestoma tudi uvajanje starejših, bolj presvetljenih in manj stabilnih debeljakov v obnovo. V prvi fazi bomo opravili sanitarno sečnjo z odstranitvijo suhih dreves, kasneje pa bi pospeševali večjo pestrost drevesnih sestojev. Pestrost drevesnih vrst želimo dobiti po naravni poti, pri čemer bomo

spodbujali tudi rast medonosnih vrst dreves kot so lipa, divja češnja in druge. Revirni gozdar je tudi opozoril, da je vsaka sečnja sprva videti precej brutalna in da med sečnjo in delom v gozdu lahko pride do poškodb tal in poti, vendar je naloga gozdarjev tudi, da poškodbe po končanem delu sanirajo. Zaradi same nege gozda ali kadar se opravi vedutna sečnja, ki omogoča boljši razgled z vrha hriba in nanj, lahko odstranijo več dreves kot bi jih sicer. Ti posegi v gozd večkrat zmotijo mimoidoče opazovalce, saj lahko zgledajo precej grobi. Vendar je potrebno vedeti, da ima prav vsak ukrep (posek) svoj dolgoročni namen in je bil skrbno načrtovan v 10-letnem načrtu upravljanja (gozdnogospodarski načrt). Gozdarji občane zato pozivajo naj zaupajo njihovem delu in prosijo za potrpežljivost v času njihovega dela v gozdu.



Prireditve pod Pekrsko gorco se je udeležilo lepo število zainteresiranih občanov, veliko tudi članov Zveze inženirskih društev Maribor, katere članica je tudi Podravske gozdarsko društvo. Prisotni so bili predstavniki MOM – Skupne službe varstva okolja, predstavniki lastnika - SiDG in predstavniki Zavoda za gozdove Slovenije. Srečanje je potekalo v prijetnem vzdušju najprej na sprehodu po pešpoti od vznožja do cerkve na vrhu in nazaj. Kasneje je bila pripravljena okusna zakuska, ob kateri so

zbrani izmenjali še marsikatero mnenje in izkušnjo. Vsi so se strinjali, da so z razglasitvijo »primestnih« gozdov za gozdove s posebnim namenom postavljeni dobri temelji za bodoče usmerjeno in prilagojeno gospodarjenje z njimi. V prihodnosti bo treba še precej postoriti, predvsem najti skupni jezik z zasebnimi lastniki gozdov zajetih v odloku, ki jim bo potrebno celoten koncept gospodarjenja podrobneje predstaviti (omejitve, možnost prejema subvencij, možnost odkupa gozda s strani MOM.....).

Likovna ustvarjalnost mag. Jožefa Mrakiča

Gospoda Jožefa Mrakiča poznamo kot dolgoletnega in sedaj bivšega predsednika Podravskega gozdarskega društva, ki je veliko prispevalo k uspešnemu delu Zveze inženirskih društev Maribor. Gospod Mrakič je vodja Območne enote Maribor Zavoda za gozdove Slovenije.

Manj znana pa je njegova ljubiteljska strast. Že dolgo ustvarja grafične podobe v skicah in slikah. V njegovih likovnih delih prevladuje narava, predvsem gozd, in v njo umeščeno bivanje človeka. V času družbenega »mirovanja« - pandemije maja 2021, je bila kljub vsem preprekam postavljena razstava njegovih del na sedežu Zavoda za gozdove Slovenije v Ljubljani. Maja 2022, ob Tednu gozdov, je Pokrajinski muzej Maribor pripravil razstavo njegovih del pod naslovom »Iz zakladnice Pohorja in Kozjaka«.



Iz vabila: »Z razstavo se Pokrajinski muzej Maribor pridružuje dogodkom ob Tednu gozdov, s katerimi ustanove, ki skrbijo za gozdove, dvigajo zavest o pomenu gozda in gozdarstva za blaginjo družbe. Z razstavo risb in akvarelov mag. Jožefa Mrakiča, v katerih so ujeti prizori pohorskih in kozjaških gozdov, želimo v Pokrajinskem muzeju Maribor pri obiskovalcih sprožiti razmislek o dragocenosti in ne-samoumevni trajnosti izjemnega gozdnega bogastva, s katerim je Slovenija razkošno obdarjena.« Razstava je bila na ogled v bastiji mariborskega gradu.

V septembru 2022 je Društvo za razvoj LIRA RUŠE pripravilo v HRAMU KULTURE Arnolda Tovornika v Selnici ob Dravi razstavo slik ter skic in fotografij mag. Jožefa Mrakiča pod naslovom »**GOZD IN LES V SLIKI IN RISBI**«. Mag. Mrakič je gozdar, navdih išče v tišini gozda in že vrsto let fotografira, skicira in slika podobe narave in v spomin ohranja osamele mline in kmetije na Pohorju in Kozjaku.



Ob otvoritvi je v sproščenem nagovoru je orisal svojo umetniško žilico in njeno povezanost z gozdarsko stroko, ki ji je zapisan. Vso priznanje za umetniške stvaritve mu je izrekel mag. Aleš Hus, ravnatelj Lesarske šole Maribor, uspešno promocijo umetniških del pa mu je zaželela v imenu ZID MB tudi Ani Hanžič.

Matjaž Vrecl

predsednik Podravskega gozdarskega društva

in

Ani Hanžič

*predsednica Komisije za izobraževanje pri ZID
Maribor*

Računalniško izobraževanje starejših članov ZID MB

V sodelovanju Zveze inženirskih društev Maribor (ZID MB) in Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru (FERI) je bila v poletnih mesecih pripravljena delavnica uporabe računalnika za starejše ljudi.

Delavnica je potekala v dveh delih in sicer 28. junija in 30. avgusta 2022 v prostorih FERI-ja.

Namen delavnice: Delavnica je bila namenjena seniorjem, ki jim prostovoljne aktivnosti in tempo življenja narekujejo uporabo računalnika.

Vodenje delavnice: asist. Jani Dugonik, mag. inž. rač. in inf. teh., je zaposlen na FERI-ju. Vključen je v različne evropske in svetovne organizacije, kot so ACM, IEEE, AEGEE, EAMT, SDJT, kjer se udeležuje in organizira razne dogodke in delavnice za študente, raziskovalce in starejše ljudi.

Vsebina delavnice:

V prvem delu delavnice so udeleženci:

- najprej spoznali osnovne komponente računalnika, na katere morajo biti pozorni pri nakupu namiznega ali prenosnega računalnika;
- nato so spoznali osnove dela s samim operacijskim sistemom - kje se kaj nahaja ter kako se dela s tipkovnico in miško;
- sledila je uporaba urejevalnika besedil, kjer so spoznali razlike med osnovnim urejevalnikom (beležnica) in naprednim urejevalnikom (Microsoft Word). Udeleženci so spoznali tudi različne brskalnike (Microsoft Edge in Firefox), kjer so se spoznali z iskalniki Google in Bing. Na zemljevidu so načrtovali pot na morje, pri tem pa so preizkušali različne možnosti, kot so izogibanje avtocestam in cestninam. Na zemljevidu so poiskali tudi svoj naslov in se s funkcionalnostjo "Street view" premikali po ulicah, da pridejo do svoje hiše. Za konec prvega dela delavnice so na YouTube poslušali svojo najljubšo glasbo in pogledali kakšen smešen videoposnetek.



Na drugem delu delavnice so udeleženci

- spoznali nekatere aplikacije Google. Za uporabo aplikacij Google so si udeleženci najprej ustvarili račun pri Googlu. Nekaj aplikacij so že spoznali v prejšnjem delu delavnice, kjer ni bil potreben račun (YouTube, Google Maps);

- naučili so se pošiljati in prejemati pošto (Gmail), ustvarjati nove dokumente in izvažati v DOCX in PDF (Google Documents);
- sledilo je učenje uporabe oblaka za shranjevanje dokumentov in slik ter deljenje datotek z drugimi osebami (Google Drive);
- na koncu delavnice so se poigrali z urejanjem dokumenta v skupni rabi.

Podelitev diplom: 25. oktober 2022 so na FERI-ju obeležili hibridni dogodek »**Dan IEEE**« (Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike, znan tudi pod angleško kratico IEEE je svetovno združenje inženirjev omenjenih strok, ki promovira inženirstvo, ustvarjanje, razvoj, integracijo). Dogodek so izkoristili tudi za podelitev diplom vsem udeležencem delavnice. Diplome je **gospod Jani Dugonik** predal udeleženci in predsednici Društva seniorjev Podravja **Majdi Sevšek**. S knjigo »Maribor« pa se je v imenu ZID MB zahvalil fakulteti in vodji delavnice predsednik **dr. Peter Planinšič**.



Zaključek: Ob sproščenem razgovoru ob zaključku delavnice so bili z doseženim znanjem zadovoljni tako vodja delavnice gospod Dugonik kakor tudi vseh 13 udeležencev, ki so bili iz dveh društev in sicer Društva seniorjev Podravja in Društva tekstilcev. Ko je predsednik ZID MB poročal na Upravnem odboru o uspešno izvedenem usposabljanju za delo z računalnikom, so ostali prisotni predsedniki društev izrazili željo, da bi tovrstno izobraževanje še enkrat ponovili. Menili so, da je bila delavnica v času dopustov, niso bili toliko pozorni na sprejeto vabilo in so premalo truda vložili v obveščanje svojih starejših članov.

V današnjem svetu uporabe sodobne računalniške tehnologije se mnogo starejših ljudi počuti odrinjene, negotove in prežete s strahom, da ne bodo več enakovredni člani sedanje družbe. Zato je pripravljenost Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze Maribor, da je in - upajmo – še bo organizirala takšne in podobne dogodke v sodelovanju z Zvezo inženirskih društev, toliko večjega in pohvale vrednega pomena. Društveno delo pogosto sloni na članih, ki niso več v rednem delovnem razmerju in so pripravljeni opravljati tiste društvene naloge, ki zahtevajo predvsem veliko časa in dobre volje. In njim je bila namenjena delavnica računalniškega opismenjevanja.

Ani Hanžič
*predsednica Komisije za izobraževanje
pri ZID Maribor*

60 let neprekinjenega delovanja društva

Pred 60 leti, natančneje 17. februarja 1962, je bil v prostorih Zveze inženirjev in tehnikov v Vetrinjski ul. 16 ustanovni občni zbor **Društva živilskih in prehranskih delavcev** s sedežem v Mariboru. Iniciativni odbor za ustanovitev društva je pričel s pripravami po občnem zboru republiškega Društva živilskih in prehranskih delavcev SR Slovenije v novembru 1961 pod vodstvom predsednika iniciativnega odbora prof. dr. Danimirja Kerina.

Na ustanovnem občnem zboru društva leta 1962 so bili poleg predsednika iniciativnega odbora prof. dr. Danimirja Kerina še naslednji gostje:

- prof. dr. Leon Premru, zastopnik republiškega Društva,
- Marko Kržišnik – predstavnik ZIT-a Maribor,
- Janko Lipovec st. iz Kmetijskega zavoda Maribor,
- J. Kert iz Živilske šole Maribor,
- Bruno Gerdovič iz Gostinske šole Maribor,
- P. Andlovič iz Okrajne komunalne obrtne zbornice in
- R. Šorgo iz Tovarne Sana Hoče.

Prvi predsednik društva je bil g. Bojan Rak. V prvem letu delovanja je društvo štelo 37 individualnih in 7 gospodarskih članov.

Deset let kasneje, leta 1972, se je število članov društva povečalo na 115. Obdobje med leti 1972 in 2002 lahko imenujemo obdobje razcveta društva, saj se je število individualnih članov še povečevalo in doseglo 275 članov, prav tako pa je tudi število gospodarskih članov zraslo na 70. Že v 90. letih, še bolj pa po letu 2000, razmere za živilsko industrijo in obrt niso več tako ugodne. Prav tako tudi delovanje društev (ne samo Društva živilcev) nekoliko zgublja na pomenu oziroma vidni vlogi v okolju. Vse to se kaže tudi v članstvu. Ob 45-letnici društva leta 2007 smo še imeli 222 članov ter 45 donatorjev in simpatizerjev društva. Leta 2012 je imelo društvo okoli 200 članov ter 25 donatorjev in simpatizerjev društva. V zadnjih 10 letih se je članstvo močno zmanjšalo, društvo šteje sedaj 115 članov in 17 donatorjev in simpatizerjev društva. Upad števila članov ima več vzrokov. Zanimanje mladih za prostovoljno delo v društvih je majhno, tudi v našem društvu ne najdemo aktivnih mladih strokovnih članov, ki bi bili pripravljeni delovati v društvu. Povprečna starost članstva je dokaj visoka, soočamo se z izstopi zaradi starosti ali smrti. In nenazadnje živilska industrija se težko prebija, mnogo tujih lastnikov je prevzelo naša podjetja in vedno manj je posluha v podjetjih za nevladne organizacije. Zadnji dve leti pa smo bili ohromljeni tudi zaradi epidemije korona virusa in soočamo se s posledicami, saj so bila srečevanja in aktivnosti omejena na minimum. Kljub vsem težavam pa ugotavljamo, da smo eno bolj aktivnih društev v SV Sloveniji.

Že na 1. občnem zboru leta 1967 je društvo sprejelo statut in naloge društva. Društvo ima ves čas delovanja imenovan tudi svoj upravni in nadzorni odbor društva v skladu s pravili društva. Na sejah so se stalno načrtovale in koordinirale programske aktivnosti društva. Temeljni akt društva v skladu z Zakonom o društvih so Pravila Društva živilskih in prehranskih strokovnih delavcev SV Slovenije Maribor, z dopolnitvami sprejetimi v letu 2011 ter dodatnimi dopolnitvami sprejetimi v letu 2013.



Utrinek iz zbora društva ob 60 letnici



Torta – darilo Izobraževalnega centra Piramida Maribor

60 let je zaznamovalo **14 predsednikov in predsednic** društva.

Sedež društva

Sedež društva je bil do leta 2012 na Vetrinjski ulici 16, kjer je vsa leta domovala tudi ZDIT. V letu 2012 pa smo se skupaj z ZID (Zvezo inženirskih društev) preselili na Židovsko ul. 1 v Mariboru, kjer sedaj domujemo že 10 let.

Občni zbori društva skozi čas

Lokacije občnih zborov društva so bili večinoma v prostorih ZIT-a oz. kasneje ZDIT-a v Vetrinjskem dvorcu v Vetrinjski ul. 16, občni zbori pa so bili tudi v hotelu Turist in v Veliki kavarni. **10-letnica delovanja društva** se je dogajala na Račjem dvoru pod predsedovanjem dr. Pedička in ob istočasnem praznovanju 100-letnice kmetijskega šolstva. 25-letnico društva smo proslavili v Hotelu Slavija (v času predsedovanja g. Dominka), 30. letnico delovanja društva (takrat je bil predsednik g. Hecl) je počastil s svojim obiskom mag. Jože Protner, takratni minister za kmetijstvo. 40. letnico društva leta 2002 smo obeležili v Narodnem domu (v času predsednika društva dr. Jurca) in ob obisku mag. Francija Buta, takratnega ministra za kmetijstvo. 45-letnico pa smo praznovali v prostorih Izobraževalnega centra Piramida Maribor (takrat Živilske šole Maribor) v Parku mladih. Na isti lokaciji smo praznovali tudi 50-letnico in 55-letnico in 60-letnico društva.

Jubilejni zborniki

Društvo je izdalo svoj Zbornik ob 20-letnici delovanja decembra leta 1982, ob 25-letnici junija 1987, ob 30-letnici oktobra 1992, ob 40-letnici novembra 2001, ob 50-letnici marca 2012. Zbornik ob 60-letnici delovanja društva je izšel februarja 2022.



Naslovna stran zbornika, ki je izšel ob 60-letnici delovanja društva

Preimenovanja društva

Društvo je doživelo tudi nekaj preimenovanj. Iz Društva živilskih in prehranskih strokovnih delavcev se je v času predsedovanja mag. Emerika Zvera (takratnega direktorja ABC Pomurke Mesne industrije iz Murske Sobote) 2. aprila 1976 preimenovalo v Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev SV Slovenije s sedežem v Mariboru, saj so bili prav člani iz Pomurja zelo aktivni. Društvo je s preimenovanjem tudi dejansko razširilo svoje delovanje na celotno SV Slovenijo. 11. 3. 2011 smo korigirali ime v Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev SV Slovenije Maribor. Imamo tudi uradno okrajšavo društva in sicer Društvo živilcev SVS.

Sestava članstva

Sestava članov našega društva je zelo široka, vključuje pa vse strokovne delavce z najmanj srednješolsko izobrazbo, ki so kakor koli povezani z delom v živilstvu in prehrani. V društvo so včlanjeni živilski tehnologi, kemiki, biologi, veterinarji, zdravniki, ekonomisti, predavatelji in pedagogi, drugi strokovnjaki s področja živilstva, prehrane, zdravstva, gostinstva in turizma, kmetijstva in trgovine), samostojni podjetniki in obrtniki (s področja pekarstva, slaščičarstva, mesarstva, drugih živilsko-predelovalnih dejavnosti, gostinstva, kmetijstva, trgovine, komercialne, informacijskih ved in drugih dejavnosti) vsi s srednjo, višjo, visoko ali akademsko izobrazbo.

Društvo ves čas aktivno deluje v sklopu ZID (Zveze inženirskih društev Maribor), prej ZDIT (Zveze društev inženirjev in tehnikov). Predvsem pomembna je uporaba skupnih prostorov na Židovski ul. 1 v Mariboru (zadnjih 10 let), pred tem pa v Vetrinjskem dvorcu v Vetrinjski ulici 16 v Mariboru. Aktivno sodelujemo z Veterinarskim društvom Maribor, pa tudi drugimi društvi v sklopu ZID. Zelo dobre povezave in strokovno sodelovanje imamo tudi z Društvom za zdravje srca in ožilja za Maribor in Podravje.

Cilji društva

Cilji društva so jasno prepoznavni. Naloge, ki si jih je društvo zadalo že ob svoji ustanovitvi, so pomembne še danes:

- dvigovanje strokovnega znanja članstva,
- preučevanje in spremljanje razvoja živilske proizvodnje in tehnologij ter prehrane s spremljajočimi panogami (logistika, skladiščenje, trgovina in komerciala, kmetijstvo, veterina, itd.),
- širjenje načel zdrave prehrane na osnovi znanstvenih izsledkov,
- preučevanje tehnoloških, strokovnih, zdravstvenih, ekonomskih in drugih vprašanj o sodobni prehrani in sodobni gospodarni proizvodnji,
- strokovno sodelovanje z izobraževalnimi ustanovami, ki služijo napredku proizvodnje živil in prehrane,
- sodelovanje v publicistični dejavnosti o živilstvu in prehrani (tisk, radio, televizija),
- organiziranje ali pomoč pri organizaciji predavanj, posvetovanj, kongresov, razstav, strokovnih obiskov doma in v tujini.

Večina nalog društva je bila že v ustanovnih pravilih 1. občnega zbora društva iz leta 1962.

Aktivnosti društva

Strokovne ekskurzije so najučinkovitejši način izobraževanja našega članstva, ker se le-to seznanja s tehnološkim napredkom živilske industrije doma in v tujini. Naše strokovne ekskurzije temeljijo na obiskih proizvodnih, pridelovalnih in predelovalnih obratov živilskih dejavnosti ter gostinsko turističnih objektov, vključno s ponudbo hrane ter trgovsko - nakupovalnih centrov s spoznavanjem ponudbe živil in trendi ponudbe prehrane ter povpraševanju potrošnikov.

Prav tako so pomembna naša spomladanska in jesenska strokovna predavanja, ki jih organiziramo s strokovni prispevki svojih članov ali povabljenih strokovnih gostov, večinoma pa tudi v sodelovanju in povezavah z drugimi društvi, ki delujejo na območju SV Slovenije.

Sodelujemo tudi pri organizaciji strokovnih posvetov, člane društva tudi pošiljamo na strokovna izobraževanja, ki jih organizirajo strokovne institucije. Društvo oglašuje svoje dogodke na spletnih straneh ZID (www.zid.si). Dosegljivi smo tudi po e-pošti.



91

Decembra 2010 smo pregledali in uredili svojo dokumentacijo in jo predali v arhiviranje v Pokrajinski arhiv v Mariboru. Žal nam dokumentacija manjka za prvih 10 let delovanja.



Strokovno predavanje o čaju na Japonskem in Kitajskem - september 2022 (predavatelj akad. prof. dr. Ivan Kreft)

19. oktobra 2011 je društvo od Mestne občine Maribor prejelo priznanje LISTINO MESTA MARIBOR za polstoletno organizirano delovanje in pomemben prispevek k slovenski živilsko-predelovalni dejavnosti.

Kaj nas čaka v prihodnjih letih?

Družbeno okolje je v tem času popolnoma drugačno, kot je bilo pred desetletji. Društvom ni naklonjeno. Naše naloge bodo še naprej strokovno izobraževati naše člane in članice. Poiskati moramo tudi nove poti za sodelovanje s podjetji. S strokovnimi predstavitvami in prispevki se mora društvo uveljavljati v ožjem in širšem okolju. Izkoristiti moramo tudi nove komunikacijske tehnologije za večjo prepoznavnost društva. Še naprej bomo sodelovali z našimi dosedanjimi partnerskimi društvi, donatorji in simpatizerji, želimo si tudi nove partnerje, ki bodo dvignili kakovostno raven delovanja društva. Želimo si tudi mednarodnega sodelovanja.

Moja iskrena želja je, da bi društvo aktivno delovalo še mnogo let.

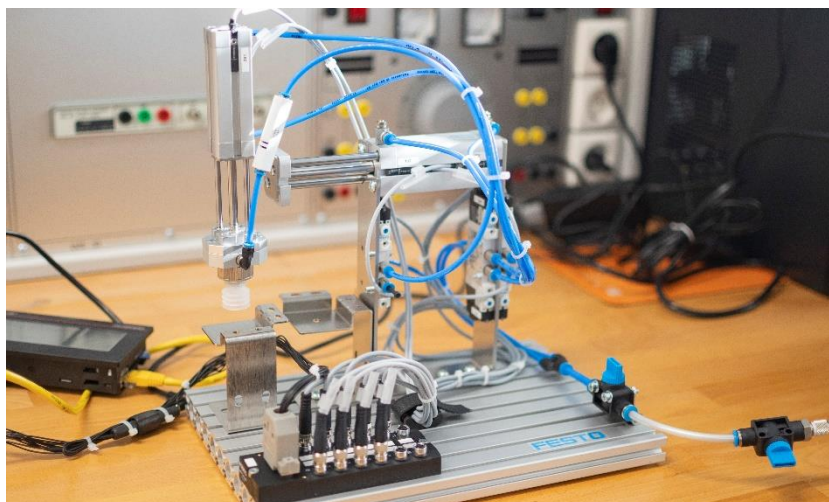
dr. Blanka Vombergar
*predsednica Društva živilskih in prehranskih
strokovnih delavcev SV Slovenije*

Srednja elektro-računalniška šola Maribor – šola sedanjosti in prihodnosti

Srednjo elektro-računalniško šolo (SERŠ) Maribor kot eno največjih srednjih strokovnih šol v Podravju obiskuje okoli tisoč dijakov. Izobraževanje poteka v različnih zahtevnostnih programih, ki omogočajo zaposlovanje v deficitarnih poklicih, torej poklicih, kjer v gospodarstvu primanjkuje delavcev.

- Tehniška gimnazija
- Električar (3-letni program)
- Računalnikar (3-letni program)
- Elektrotehnik (4-letni program)
- Tehnik računalništva (4-letni program)
- Elektrotehnik (program PTI)
- Tehnik računalništva (program PTI)

Šola z naprednimi in modernimi vsebinami ter sodobno opremo vzpodbuja celostni razvoj dijakov v stroki, z različnimi obšolskimi dejavnostmi pa tudi razvoj na drugih področjih. Je edina šola v Podravju, ki v gimnazijskem programu ponuja vsebine iz računalništva in elektrotehnike.



Regulacijska proga

Za pouk elektrotehnike in računalništva ima SERŠ več moderno opremljenih učilnic, kar omogoča izobraževanje na visoki strokovni ravni. Dijakom športnikom, kulturnikom, tekmovalcem na mednarodnih tekmovanjih in dijakom, ki se vzporedno izobražujejo prilagaja izobraževanje. Svojim učencem pa ponuja še statusa raziskovalca in demonstratorja.

Šolska zgradba

Pouk poteka v dveh zgradbah. Vsaka klasična učilnica je opremljena z računalnikom in projektorjem. Vaje, praktični in teoretični pouk iz strokovnih predmetov računalništva potekajo v osmih računalniških učilnicah; za praktični pouk elektrotehnike ima šola na voljo šest moderno opremljenih učilnic. Učenci lahko prosti čas preživljajo v šolski knjižnici ali v za to namenjenem dodatnem prostoru.



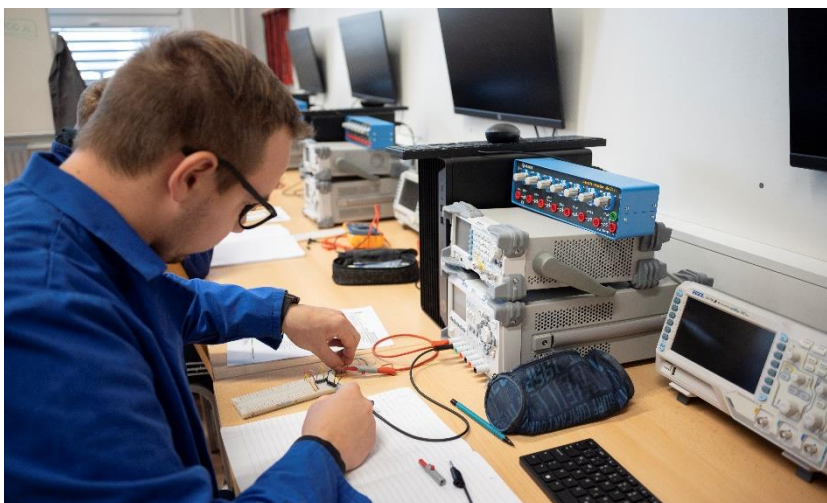
Moderna računalniška učilnica

Lokacija šole je optimalna, od Univerzitetne knjižnice je oddaljena le sto metrov, laboratoriji in knjižnica Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) pa so kar čez cesto. Čeprav ima šola lastno telovadnico in fitness, del pouka športne vzgoje poteka tudi v športni dvorani Lukna, v kopališču Pristan in na športnih terenih Branika.

Uspehi

Dijaki dosegajo najvišja mesta tako na državnih kot na mednarodnih tekmovanjih. Največji uspehi dijakov SERŠ dokazujejo, da uspeh ni naključje. Vsako leto se udeležijo Tekmovanja elektro in računalniških šol Slovenije. Z raziskovalnimi nalogami in inovativnimi predlogi uspešno sodelujejo na tekmovanju Mladi za napredek Maribora, na katerem praviloma zasedajo 2. mesto.

Že vrsto let sodelujejo tudi na svetovnih prvenstvih v robotiki. V preteklih letih so se udeležili tekmovanj na Tajskem, Portugalskem, v Avstraliji, Kanadi, Japonski, Kitajski, Mehiki, Braziliji, Avstriji, Nemčiji in Turčiji. Največji uspeh v zgodovini SERŠ pa so dijaki dosegli na Nizozemskem, in sicer 1. mesto v svetovni konkurenci.



Praktični pouk elektronike

Krožki

V šolskem letu 2022/23 so na voljo naslednji krožki: Uresničimo svoje ideje, glasbeni krožek, avtomatika, novinarski krožek, odbojka, avdio krožek, košarka, Medijski freak, robotika, računalniška omrežja in spletne storitve, angleški krožek, nemški krožek, nogomet, e-Bike, Ustvarjalnik, rokomet, astronomski krožek, badminton, Python, Pišek, fitnes, Jeziki nas povezujejo, 3D tiskanje, gaming, Likovni kabinet, kros, Moje podjetje, Umetna inteligenca, Cankarjevo tekmovanje, bralni klub, elektroakustični performans, Digitalno razstrupljanje, izdelava elektronskih vezij, produktna fotografija, SERŠ humanitarci, orientacijski tek, samoobramba za začetnike, Raziskovalec bom, tekmovanje Bober in tekmovanje s področja geografije.

Mednarodno sodelovanje

Dijaki imajo možnosti sodelovanja z dijaki iz tujine v okviru izmenjav, opravljanja PUD v tujini in sodelovanj v različnih projektih v okviru Erasmus+.

Že nekaj let se prijavljajo na projekt mobilnost ERASMUS+, v okviru katerega lahko opravljajo praktično usposabljanje pri delodajalcu v tujini. V preteklih letih so tako nekateri že opravljali PUD na Portugalskem, Finskem, v Italiji in Nemčiji.



Uporaba 3D tiskalnikov

SERŠ v okviru projektov Erasmus+ sodeluje tudi s partnerskimi šolami in univerzami s Švedske, Poljske, Danske, Grčije, Španije, Litve, Portugalske in drugih evropskih držav. Projekti pokrivajo različna tematska področja, in sicer klimatske spremembe, znanost za dekleta, digitalizacijo pismenosti... V sklopu projektov se dijaki pod vodstvom mentorjev udeležujejo mednarodnih srečanj v državah gostiteljicah, kjer poleg raziskovanja in razprave o tematiki odkrivajo kulturne posebnosti držav ter se družijo s sovrstniki iz partnerskih šol.

Za osnovnošolce

Dijaki in zaposleni na informativnem dnevu osnovnošolcem in njihovim staršem predstavijo šolo, osnovne značilnosti programov in sodobno opremo. Z veseljem odgovorijo na vsa morebitna vprašanja in tako poskušajo devetošolcem pomagati izbrati »prihodnost«.

***Irena Srša Žnidarič, spec.
ravnateljica SERŠ Maribor***

Elektrotehniško društvo na izletih

Elektrotehniško društvo Maribor je ves čas svojega delovanja skrbelo, poleg strokovnih srečanj, tudi za družabne dogodke. Med te sodijo predvsem strokovne ekskurzije, ki so v zadnjem času bolj izleti, saj je večina članstva že neaktivna in so obiski strokovnih institucij že manj zanimivi. V času Covida so tudi te dejavnosti bile onemogočene ali otežene. Letos nam je pa le uspelo organizirati dva taka dogodka. Meseca maja smo na naši obali obiskali Ribogojnico Fonda, ki uspešno goji vrhunske brancine. Nahaja se v Piranskem zalivu, tik ob morski meji med Slovenijo in Hrvaško. Za ta del našega morja je značilna čista, globoka voda in močan morski tok. To je edino področje našega morja, kjer je tudi prostoživečih rib v izobilju. Rednega ladijskega prometa na tem področju ni.

Na spletni strani Ribogojnice Fonda je zapisano:

».... začeli smo pri skrbni izbiri porekla vrhunskih ribjih mladice. Vzgajamo jih v prosto lebdečih mrežastih kletkah sredi ribolovnega rezervata. Redno izmenjavanje sveže morske vode, nenehno gibanje, značilno lokalno podnebje ter nižja slanost morja v tem delu Piranskega zaliva blagodejno vplivajo na kakovost in čvrstost ribjega mesa. Ribe krmimo ročno samo z najkakovostnejšo (in najdražjo) hrano na tržišču, ki je nastala izključno iz morskih živali in rastlin. Vse naštetu omogoča, da je PIRANSKI BRANCIN vrhunska riba - v skladu z našimi željami in pričakovanji.

Ob naši ribogojnici so odlične naravne razmere tudi za gojenje školjk, ki jih v tem delu Piranskega zaliva gojijo že 30 let. Nasadi naših školjk klapavic so na vrveh, ki z nosilnih boj prosto lebdiijo v morju.«

Obisk ribogojnice je posebno doživetje. Z ladjico so nas zapeljali med mrežaste kletke-bazene, kjer so nam pokazali ročno hranjene zaroda in s predavanjem na ladji pokazali ves postopek gojenja in razpečavanja rib.



Ročno hranjenje ribjega zaroda

Kot sem že omenil, so bazeni v neposredni bližini morske meje. Oddaljeni so samo 50 m, zato nas ni presenetilo, da sta na mejni črti v času našega obiska patroljirala slovenski in hrvaški policijski čoln. Žalostno, vendar resnično.

Ob povratku na kopno smo zaključili naš obisk z malo zakusko in pijačo. Nadaljevali smo na kratek obisk Pirana in zaključili izlet v Šavrinskih brdih v vasi Krkavče, ki je »mati od ulk« (mati od oljk), na turistični kmetiji Robivera, katere glavna zaščitna znamka je ekološko pridelava ekstra deviškega olja višje kategorije. S kosilom in pokušino vin se je tokratno potepanje uspešno končalo.



Avtohtono istrsko govedo na kmetiji Robivera

Drugi izlet je bil v Prekmurje in Prlekijo. Oktobra smo obiskali paviljon EXPANO na murskosoboškem jezeru. v Stari gori smo si ogledali etnološki muzej in še delujoč mlin na veter ter baročno cerkev Sv. Duha z izredno lepo notranjostjo.



EXPANO Murska Sobota

Nadaljevali smo do atraktivnega Puchovega muzeja v Sakušaku, ki je lepo obnovljen in prikazuje življenje domačina Janeza Pucha v njegovem času.



Puchov muzej v Sakušaku

Izlet smo zaključili na turistični kmetiji v Vitomarcih s kosilom in vinsko pokušino v stari kleti.

Gero Angleitner

Društvo seniorjev Podravja

»Vodenje društva sem prevzela leta 2019 pred začetkom pandemije. Od takrat deluje društvo po zastavljenih smernicah, le z razliko, da je manj strokovnih srečanj. Le – to je posledica pandemije. Članstvo v DSP je v določenem obdobju upadlo, sedaj pa lahko z veseljem potrdim, da počasi raste. Temu je zaslužno predvsem naše angažiranje. Z novimi člani prihajajo tudi nove ideje, kako naj društvo deluje v bodoče. Vsi predlogi so dobrodošli, predstavimo jih na sejah Upravnega odbora in o njih prediskutiramo. Društvo deluje v zadovoljstvo vseh članov. Obiskujemo uspešna podjetja, si ogledamo njihovo proizvodnjo in s predstavniki le-teh dobimo vpogled v njihovo delo. Včasih pa damo tudi kakšen dober nasvet. Družimo se na področju kulture, obiskov kulturnih predstav ter ob družabnih srečanjih (šah, tarok, bridge...)«



Majda Sevshek

Poročilo o delovanju društva v letu 2022

Skupaj smo bili na predstavah komedij v Pekrah, na začetnem računalniškem seminarju in ogledu pohorskih pragozdov. Obiskali smo uspešno kmetijo Klančnik v Podgorju in kraj Libeliče, kjer je plebiscit odigral svojo pomembno vlogo. Septembra smo pripravili in izvedli predavanje o holesterolu. V oktobru smo bili na strokovni ekskurziji v Rogaški Slatini, kjer smo si ogledali proizvodnjo v Afrodita Kozmetika in obiskali Steklarno Rogaška.

Letos imamo še v programu strokovno ekskurzijo v rudnik Velenje, ogled mesta in muzeja na velenjskem gradu ter obisk uspešnega vinarja na kmečkem turizmu Vračko Zgornja Kungota.

Utrinki iz našega programa

Družabno srečanje po obisku znamenitosti Pohorja

Lep majski dan smo izkoristili za vodeni ogled po gozdnih poteh na prelepem Pohorju in ga na povabilo naših članov Jasne in Jožeta Gričnika zaključili z družabnim srečanjem – piknikom na nekdanji koči, danes hotelu Zarja. Obema in celotnem osebju hotela se zahvaljujemo na okusnih dobrotah in prijaznosti.

Ogled gledališke predstave

'Krivica boli', vendar tudi nasmeji po receptu Toneta Partljiča in izvedbi ljubiteljskega gledališča Pekre-Limbuš. V juniju smo članice in člani gledali predstavo z zgornjim naslovom v dvorani KUD Pekre. Tri 'zakaj – zato' kljub prebrani množici knjig, Janez še vedno išče vzroke za krivice, ki mu se godijo že 30 let:

- ker se tekst – zvrst komedija vrti okrog upokojenega srednješolskega profesorja slovenščine Krivic Janeza;
- ker je pisatelj, komediograf in režiser Tone Partljič garant jasnega videza dejanske slike družbe (in posameznikov) v zrcalu vsakdana in
- ker sta Nevena Tea Gorjup - bivša Janezova soproga (samo na odru), in njen, (za enkrat edini) soprog Dragan Grgić - zvočni in svetlobni efekti aktivna udeleženca predstave.



Navdušena publika v dvorani in nasmejani akterji na odru je najpomembnejši izmed 'zakaj – zato'. Še naprej bomo aktivno podpirali ljubiteljsko kulturo v Sloveniji. Članice in člani Društva seniorjev Podravja bomo tudi v bodoče obiskovali predstave Kulturnega društva Pekre – Limbuš ter prav tako drugih gledaliških v naši okolici.

Izvedba predavanja »Holesterol – brez njega ne moremo, preveč pa nam ga škodi«

Gre za enega od dejavnikov tveganja, ki pomenijo največjo grožnjo za srčno-žilne zaplete. Zato je zelo pomembno, da ga redno spremljamo in po potrebi ukrepamo. Dve tretjini odraslih Slovencev imata zvišan holesterol LDL.

»Ali je najboljša vrednost holesterola pri starejših enaka kot pri ostalih?« je bil delovni naslov predavanja prim. Boruta Kamenika, dr. med., spec. int. Predavanju je, v obojestransko zadovoljstvo, sledil tudi pogovor s prisotnimi.



Seniorji na izletu v Rogaški Slatini in okolici

Jutro v četrtek, 27. oktobra 2022, prežeto z jesensko meglo, je članicam in članom Društva seniorjev Podravja ter Društva tekstilcev Maribor, ponudilo dve potovalni opciji:

- ali obujanje spominov na voden ogled Pohorja s piknikom na koči Zarja – spomladi in o novjših spoznanjih na temo priporočene vrednosti holesterola pri starejših – na strokovnem srečanju jeseni letos;
- ali pa prijetno prebujanje v udobnem avtobusu z opazovanjem prvih znakov prihajajoče zime.

Z dobro voljo smo se odpravili na pot k tokratnem cilju – Rogaški Slatini z okolico, kjer smo se udeležili vodenega ogleda laboratorijev in proizvodnje Kozmetika AFRODITA d.o.o.



Rezultat slovenskega znanja in vztrajnosti - dolgega pol stoletja, je zaokrožil sliko uspešne gospodarske družbe na področju visokokakovostnih kozmetičnih izdelkov in storitev - tako za profesionalne salone, kakor za končne uporabnike doma in po svetu. Ko poznaš prehojeno pot, toliko bolj razumeš in ceniš dosežene uspehe tega podjetja.



Z dobrimi vtisi, polni lepote energije, smo dan nadaljevali v še enem biseru: STEKLARNA Rogaška d.o.o.. Skoraj stoletje organizirane proizvodnje na tri in pol stoletja izkušenj z gozdnimi steklarnami (ali glažutami) je pomembno doprineslo svetovni prepoznavnosti rogaškega kristala.

Izjemen sijaj s pridihom nebesne modrine plemeniti naše domove in ponuja nepozabna darila, ki nikoli ne izgubijo sijaja.

Sledil je sprehod po enem najlepše urejenih zdraviliških mest. Občina Rogaška Slatina se po površini z 71,5 km² uvršča na 100. in po številu prebivalcev na 49. mesto med občinami v Sloveniji.

Na turistični kmetiji Marjanca so nas pričakale tri generacije lastnikov, nekaj simpatičnih živali in lep razgled.

Majda Sevšek, Dragan Grgić

Društvo ALUMNI FS
pod častnim pokroviteljstvom
rektorja Univerze v Mariboru
vabi na
PLES INŽENIRJEV

11. marca 2023 ob 19:30

v



**Za glasbo in show bo skrbela
skupina ATLANTIX.**



**Cena vstopnice na osebo, ki vključuje svečano večerjo in aperitiv,
je 40€, za študente 10€.**

**Rezervacije vstopnic sprejemamo na naslovu
društva ALUMNI FS, Smetanova 17, 2000 Maribor ali
(alumni.fs@um.si)
do 31. januarja 2023.**

V SPOMIN

zaslužni profesor dr. Adolf Šostar

Veliki mislec Kahlil Gibran je zapisal misel, ki ilustrira življenje zaslužnega profesorja dr. Adolfa Šostarja:

Vaše veselje je vaša žalost brez maske. Isti vir, iz katerega se poraja vaš smeh, je bil mnogokrat napojen s solzami. Je mar mogoče, da bi bilo drugače?

Kolikor globlje bo žalost presunila vaše bitje, toliko več veselja boste lahko zdržali.

Mar vašega vrča za vino ni žgal lončar v peči? In lutnja, ki vam boža dušo, mar ni iz lesa, ki so jo izdoblili z noži?

Ko se veselite, pogledajte globoko v svoje srce in spoznali boste, da vam prinaša veselje pravzaprav tisto, kar vam je zadalo boleost. Ko se žalostite, si znova pogledajte v srce in videli boste, da jočete za svojo slastjo.

Nekateri med vami pravijo: »Veselje je večje od žalosti« in drugi: »Ne, žalost je večja«.

Jaz pa pravim, da sta neločljiva. Skupaj prihajata in ko prvo samo prisede k vaši mizi, se spomnite, da drugi spi v vaši postelji.

Kot tehničar ste, razpeti med svojo žalost in svoje veselje. Samo tedaj, ko sta vaši skodeli prazni, ste mirni in v ravnotežju. Ko vas zakladničar vzdigne, da izmeri svoje zlato in srebro, bo vaša žalost ali vaše veselje poraslo ali padlo.



Ni naključje, da je bila v letu 1959 ustanovljena Višja tehniška šola prav v Mariboru, takrat najbolj razvitem industrijskem središču v Sloveniji. V industrijskem okolju je lahko šola za izobraževanje inženirjev tehniških usmeritev ustreznih profilov zadovoljevala potrebe gospodarstva po teh kadrih na eni strani, obenem pa je lahko razvita industrija Maribora tudi šoli pomagala s svojimi obstoječimi strokovnimi kadri, ki so imeli v praksi že bogate izkušnje. Da bi zagotovili kar najboljšo povezanost šole s strokovnim delovanjem v gospodarstvu, je bilo sprejeto načelo, da morajo pedagoški delavci praviloma pri vseh strokovnih predmetih pred dokončno namestitvijo na šoli vsaj nekaj let delati v praksi. Tako se je tudi kolega

dr. Šostar po fakultetni diplomii iz strojništva najprej kalil v Tovarni avtomobilov ter po določenem času prešel v okolje, ki je vzgajalo tehniško inteligenco – na Višjo tehniško šolo v Mariboru.

S profesorjem Šostarjem sem se prvič srečal leta 1964, ko je bil moj profesor pri mojem študiju na Višji tehniški šoli v Mariboru, drugič, ko sem postal njegov asistent leta 1973 in tretjič še leta 1982, ko sem pod njegovim mentorstvom doktoriral. Prav tako je zanimivo da sva bila oba v določenem obdobju predstojnika Oddelka za strojništvo in dekana na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. Pa še nekaj je zanimivo: vzporednost najine strokovne poti, saj je profesor Šostar v okviru Društva orodjarjev in društva inženirjev in tehnikov delal na pripravi pobude za šolanje obratnih inženirjev v Mariboru, katere rezultat je bila ustanovitev Višje tehniške šole v Mariboru, in da sem jaz aktivno sodeloval pri Odboru za orodjarstvo pri Gospodarski zbornici Slovenije na področju prenove inženirskih poklicev.

Zaslužni profesor Šostar se je rodil leta 1934 v Ljubljani, toda živel in šolal se je v Mariboru, kjer je leta 1952 maturiral na I. gimnaziji. Doživel je vse vzpone in padce medvojne in povojnega Maribora. Najbrž se je prav zato odločil nadaljevati študij na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Diplomiral je leta 1960, že prej pa se je zaposlil leta 1959 v Tovarni avtomobilov Maribor v sektorju tehnološke priprave proizvodnje.

Po povabilu na Višjo tehniško šolo je bil leta 1962 izvoljen v naziv honorarni asistent pri prof. Mareku za področja Mehanske tehnologije, Priprava proizvodnje in Tehnološke meritve. Za te predmete je bil izvoljen v naziv predavatelja višje šole na Višji tehniški šoli leta 1966 in jih je razvijal strokovno z najvišjo stopnjo posluha za novosti v znanosti in gospodarstvu. Vzpostavil je izjemno sodelovanje Višje tehniške šole s podjetji, ki so potem namenila sredstva za opremljanje laboratorijev ter gradnjo objektov Višje tehniške in kasneje Visoke tehniške šole v Mariboru. Od leta 1966 naprej je vodil Laboratorij za tehnološke meritve.

Izkušnje iz industrije je že pridobival med svojim študijem strojništva. V različnih evropskih tovarnah je opravljal prakso: Steyer Daimler Puch, Krupp Stahlbau, Tovarna avtomobilov Maribor, Philips v Eindhoven in v Göteborgu na Švedskem.

Leta 1971 je postal znanstveni sodelavec Inštituta za proizvodno strojništvo Tehniške univerze v Grazu, kjer je leta 1975 doktoriral in tako pričel akademsko kariero. V Gradec se je vrnil leta 1992 kot »*visiting professor*«.

Z nadpovprečnim trdom mu je uspelo skupaj s profesorjem Šmarčanom opremiti Tehnološki laboratorij in Laboratorij za tehnološke meritve. To je bila osnova za uspešno delo s študenti in za mlade asistente in tehniške sodelavce, ki so tako lahko izvajali znanstveno raziskovalno delo na področju tehnike odrezavanja in tehnoloških meritev. Ta dejavnost je bila primerljiva z vrhunskimi dosežki v svetu. Spodbujal je raziskovalno delo in pustil vsem sodelavcem veliko svobode pri iskanju rešitev, predvsem pa je poudarjal, da industrija z nizko produktivno tehniko in zastarelo tehnologijo brez zadostnega števila ustreznih inženirjev res nima nobene perspektive.

Profesor Šostar je zelo rad delal s študenti. Izkušnje iz prakse je prenašal v procese izobraževanja in raziskovanja. Tako so že njegovi diplomanti dodiplomskega in tudi podiplomskega študija spoznavali nove trende in jih upoštevali pri svojem nadaljnjem delu. Na ta način je vzgojil številne uspešne inženirje, ki so pri njem diplomirali, magistrirali ali doktorirali. Študentom je poudarjal, da je osnovno vprašanje pri uporabi in razvoju visoke tehnologije to, ali hoče podjetje živeti od dela inženirjev ali od dela nekvalificiranih delavcev.

Njegova bibliografija je posebno bogata v poglavjih raziskovalnih in aplikativnih projektov. Kot ekspert za področje koordinatne merilne tehnike je bil povabljen k sodelovanju pri različnih evropskih komisijah.

Za vodstveno in organizacijsko delo je profesor Šostar vložil veliko svoje življenjske energije za rast Fakultete za strojništvo in Univerze v Mariboru. Pričel je leta 1975 kot predstojnik strojništva na tedanji Visoki tehniški šoli, bil je dekan Visoke tehniške šole od leta 1979 do leta 1983, prorektor Univerze 1984/85 in od leta 1995 do leta 2001 dekan Fakultete za strojništvo. Mnoga leta je bil predstojnik Katedre za proizvodno strojništvo in vodja Laboratorija za tehnološke meritve.

Kot dekan Fakultete za strojništvo se je prof. Šostar zavzemal predvsem za stalen dvig kakovosti vsebin in izvajanja študijskih programov ter oblikovanje podiplomskega študija. Intenzivno je usmerjal in poglobljal mednarodno dejavnost, zelo rad je pomagal mladim sodelavcem pri iskanju stikov in štipendij, ki so omogočali študij v tujini in s tem neposredno uveljavljenost fakultete. Fakulteta za strojništvo je pod vodstvom prof. Šostarja postala ena izmed vodilnih in uspešnejših fakultet naše univerze na področju znanstveno raziskovalnega dela, izvajanja projektov za gospodarstvo, znanstvenih objav in kadrovske preнове.

Vse to je rezultat tudi številnih poti, ki jih je moral opraviti v Ljubljano, da je lahko v okviru pomembnih funkcij v dejavnosti skupščin in komisij za šolstvo in raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter na različnih ministrstvih zastopal interese stroke, fakultete, univerze, predvsem pa študentov. Zato je med nekdanjimi sodelavci užival ugled zaradi svojega ustvarjalnega prispevka k razvoju fakultete in visokega šolstva v Mariboru. Pri statusnih spremembah je aktivno sodeloval v različnih organih univerze in je v nekaterih kritičnih trenutkih posegel z modro presojo in rešitvijo problema v korist fakultete, univerze in zaposlenih.

Profesor Šostar je bil Mariborčan z dušo v pravem pomenu besede, ki mu ni bilo vseeno, kako se ravna z našim gospodarskim prostorom. Po upokojitvi leta 2001 se je vključeval v različne raziskovalne projekte za podjetja in v razprave o možnostih gospodarskega razvoja v Mariboru in v regiji.

Na osnovi izjemnih in pomembnih dosežkov je Univerza v Mariboru na predlog Fakultete za strojništvo prof. dr. Adolfu Šostarju podelila naziv zaslužni profesor na področjih visokošolskega izobraževanja, znanstveno raziskovalne dejavnosti na Univerzi v Mariboru in drugod ter za prenos znanja in razvoja v gospodarstvo in strokovna združenja.

Dragi moj kolega, prijatelj, mentor, šef in dolgoletni sodelavec, hvala ti za vse, kar si nam dal. Vsi, ki smo delali s teboj, te ohranjamo v najlepšem spominu. Ob tem vsi izrekamo iskreno sožalje soprogi Gigi in hčeri Sonji.

prof. dr. Andrej Polajnar

