

# ODSEK ZA SISTEME IN VODENJE

E-2

*Dejavnost odseka obsega analizo, vodenje in optimizacijo različnih sistemov in procesov. V tem okviru raziskujemo in preizkušamo nove metode za avtomatsko vodenje, razvijamo postopke in programska orodja za podporo načrtovanju in gradnji sistemov za vodenje, načrtujemo in izdelujemo namenske elektronske sklope ter gradimo zahtevne sisteme za vodenje in nadzor strojev, naprav oziroma industrijskih in drugih procesov.*

## Temeljne in uporabne raziskave

Raziskave so v letu 2017 potekale na treh širših področjih: metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja; gradniki, orodja in znanje za implementacijo ter uporaba na ciljnih prioritetnih problemskih področjih.

V okviru podpodročja Metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja se je del aktivnosti nanašal na problematiko modeliranja (kompleksnih) dinamičnih sistemov. Na tem področju so raziskave potekale na razvoju metod za modeliranje dinamičnih sistemov z Gaussovimi procesi in njihove uporabe pri modeliranju za okoljske sisteme. Med metodami za modeliranje z Gaussovimi procesi smo raziskovali tako sprotne kot nesprotne metode identifikacije.

Drugo podpodročje raziskav v 2017 so Napredni postopki vodenja zahtevnih procesov. Nadaljevali smo delo pri razvoju metod prediktivnega vodenja z uporabo hitrih sprotnih optimizacijskih metod kvadratnega programiranja prvega reda. Razvijali smo čim hitrejše izvedbe naprednega prediktivnega regulatorja zunanje zanke regulacije toka in oblike prereza plazme za magnetno vodenje plazme v fuzijskem reaktorju tokamaku Iter na podlagi dualne hitre gradientne metode. Tovrstne izvedbe bi omogočale uporabo tovrstne regulacije tudi na dinamično hitrejših srednjih velikih tokamakih in pri drugih hitrih regulacijskih problemih, pri katerih je pomembno napredno upoštevanje omejitev procesnih signalov. Prediktivni regulator smo razvili tudi za stabilizacijo nestabilnih stanj, povezanih z upornostjo stene reaktorja, do katerega pride pri nekaterih naprednih režimih delovanja tokamaka. Pri tem smo zaradi mnogo hitrejše dinamike uporabili primarno hitro gradientno metodo.

Tretje podpodročje dela pa je zajemalo raziskave, povezane z nadzorom stanja sistemov in diagnostiko napak. Raziskave na področju diagnostike in spremljanja stanja gorivnih celic SOFC so obsegale razvoj algoritma za ocenjevanje stanja ter preostale trajnostne dobe naprave (RUL). Algoritem z uporabo fizikalnih modelov in meritev na sistemu SOFC oceni specifično upornost (ASR) SOFC-sklada. Le-ta upornost se izkaže kot izvrsten kazalnik stanja SOFC-sistema ne glede na delovne razmere naprave. V naslednjem koraku algoritem identificira model degradacije, ki ga lahko uporabimo za napovedovanje preostale trajnostne dobe. Ocenjevanje ustreznih spremenljivk je realizirano s tehnikami nelinearnega filtriranja (slika 1).

Na področju Gradniki, orodja in znanje za implementacijo smo v 2017 nadaljevali zasnovno sistema za analizo in optimizacijo proizvodne učinkovitosti. Izvedena in laboratorijsko preizkušena je bila arhitekturna zasnova sistema za sprotno analizo toka diskretnih podatkov. Poleg tega se je razvijalo okolje, ki preko spletnih storitev omogoča integracijo raznolikih analitičnih okolij (sodobne oblačne platforme, Python-knjžnice, Matlab-algoritmi itd.) v enotni sistem za analitiko proizvodnih podatkov.

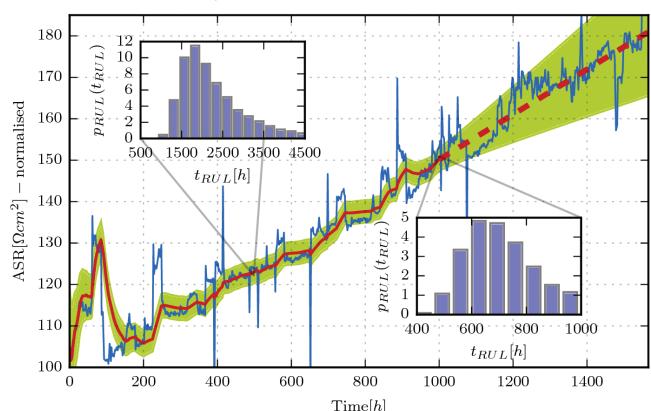
Z University of Arkansas, Fayetteville, smo sodelovali pri modeliranju razvoja oblik zemeljskega površja. Ugotovili smo, da topografsko ravnovesje ne obstaja, kadar so plasti kamnin približno vodoravne. Pojavi, do katerih pride takrat, se lahko močno odmikajo od pričakovanj na osnovi ravnovesja. Strmec rečne doline je na primer lahko večji na mehkejši kamnini kot na odpornnejši. Odkritje smo predstavili v članku Earth surface dynamics in na konferenci GSA Annual Meeting.

Za triletni program »GOSTOP - Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti« je delo potekalo tako v sklopu vodenja programa kakor tudi v sklopu RR-projektov. Sodelovali smo pri treh področjih RR-vsebin. Prvo področje se nanaša na razvoj modula za zagotavljanje 100-odstotne



Vodja:

**dr. Vladimir Jovan**



Slika 1: Ocenjena upornost ASR (modra), njena filtrirana vrednost (rdeča) ter napoved razvoja ASR (rdeča - črtana). Napovedana preostala trajnostna doba naprave (vijolična) je v obliki porazdelitvene funkcije zaradi stohastične zasnove algoritmov.

**V seriji Springer Briefs in Applied Sciences and Technology je izšla knjiga Fast electrochemical impedance spectroscopy as a statistical condition monitoring tool, avtorjev Pavla Boškoskega, Andreja Debenjaka (sodelavcev odseka) in Biljane Mileve Boshkovske.**

**Sodelavec odseka Tomaž Kos je prejel nagrado  
Tehnološke mreže Tehnologija vodenja  
procesov TM TVP za najbolje magistrsko  
delo z naslovom »Merilni sistem za samodejno  
visokotemperaturno in nizkofrekvenčno  
karakterizacijo dielektričnih materialov.«**

plastomagnetnih rotorjev. Izvedena je bila študija aktualnih usmeritev in smernic na področju tehnologij, relevantnih za to področje. Nadalje je bila izvedena strukturalna analiza proizvodnega procesa in pripadajočega informacijskega ekosistema. Razvijata se dva agenta, in sicer prototip agenta za spremljanje stanja proizvodne opreme, kjer je bila izvedena funkcionalna zasnova senzorja za brizgalno orodje, in prototip agenta za sprotно spremljanje, predikcijo in izboljševanje proizvodnih procesov. V tem letu so bile opredeljene funkcije sistema MES/MOM in definirana je bila njegova arhitekturna zasnova. Zato se razvijata in laboratorijsko preizkušata platforma za analitiko proizvodnih podatkov preko predpripravljenih spletnih storitev in sistem za sprotno analizo podatkov.

**Uporabne raziskave na prioritetnih problemskih področjih** so bile tretje področje naše dejavnosti v letu 2017. Za projekt Agencije za raziskave Republike Slovenije »Metoda za lokalno napovedovanje radiološkega onesnaženja atmosfere z uporabo modelov na podlagi Gaussovih procesov« smo začeli vrednotenje meteoroloških napovedi in odkrivanje ključnih pomanjkljivosti za modeliranje disperzije onesnaženja ter vrednotenje različnih metod modeliranja na podlagi Gaussovih procesov za identifikacijo modelov, uporabnih za napovedovanje obravnavanih spremenljivk.

Na področju **Diagnostike in prognostike** (CM&PHM) rotacijskih strojev in pogonov smo v okviru aplikativno-razvojnega projekta ARRS postavili zasnovno vgrajenega sistema za sprotno spremljanje stanja vitalnih komponent pogona. Način temelji na lokalni obdelavi signalov za potrebe sinteze značilk ter njihovi fuziji za potrebe dokončne diagnostike in napovedi preostale trajnostne dobe. Skupaj s sodelavci podjetja Domel smo dokončali razvoj novega preizkuševališča za ležaje ter opravili tudi prvo serijo preizkusov na naboru 12 ležajev.

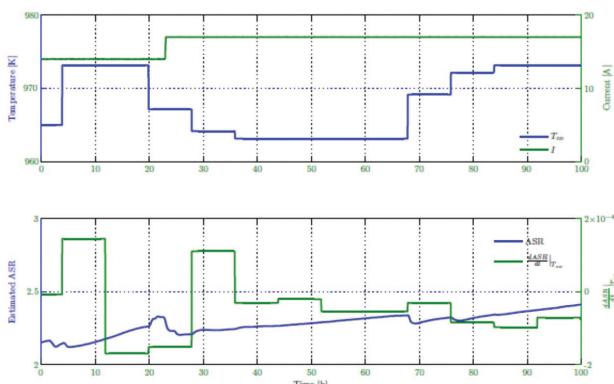
V okviru aplikativnega ARRS-projekta »Napovedovanje stanja iztrošenosti elektrokemičnih energetskih sistemov« lahko razdelimo aktivnosti pri projektu v dve skupini, in sicer izvedba zahtevnih preizkusov in razvoj modelov za napovedovanje preostale trajnostne dobe gorivnih celic. V letu 2017 je bil izведен zagon preizkuševališča gorivnih celic PEM, ki bo glavni vir podatkov za validacijo metod za ocenjevanje preostale trajnostne dobe. Poleg tega smo v sodelovanju s Tehniško univerzo iz Gradca izvedli meritve tudi na gorivnih celicah SOFC. Na področju razvoja modelov je bil glavni fokus na izvedbi numeričnih metod za identifikacijo in simulacijo modelov z realnim redom. Modeli realnega reda so primerni za opisovanje elektrokemičnih, difuzijskih procesov in tistih, povezanih s prenosom snovi, ki so značilni procesi pri delovanju gorivnih celic. Zato smo začeli aktivno sodelovati s skupino z univerze Johannes Kepler iz Linza.

### Mednarodni razvojno-raziskovalni projekti

Vl. 2017 smo uspešno zaključili naš razvoj pri večletnem projektu EU FW7 »Diamond - Diagnosis-aided control for SOFC power systems«. Nadzorni optimizator smo implementirali na programljivem logičnem krmilniku in preizkusili na agregatu 5 kW s trdnoksidnimi gorivnimi celicami. Optimizator je odgovoren za reševanje optimizacijskega problema z omejitvami, kjer kriterijska funkcija vključuje električno učinkovitost in/ali stopnjo degradacije celic. Pri preizkusu, izvedenem na kraju samem, je bil cilj optimizatorja zmanjšati hitrost degradacije celic s spremenjanjem temperature sklada. Kljub kratkemu trajanju eksperimenta, ki je bil posledica hitrega poslabšanja delovanja sklada, daje predlagani optimizator obetavne rezultate (slika 2).

V okviru triletnega projekta „Fast Model Predictive Control for Magnetic Plasma Control - FMPCFMPC“, paketa „Enabling Research“ delovnega programa EUROfusion (v sklopu Horizon 2020 / Euratom), smo sodelovali s konzorcijem ENEA/CREATE iz Neaplja. Cilj projekta je bila uporaba novih hitrih načinov izvedbe prediktivnega vodenja za magnetno vodenje plazme v tokamaku Iter, kjer uveljavljene izvedbe prediktivnega vodenja še niso uporabne zaradi obsežne multivariabilne narave procesa in zahtevanih kratkih časov vzorčenja. V zadnjem letu projekta je bil poudarek na stabilizaciji stanj, povezanih z upornostjo stene reaktorja.

Tema mednarodnega projekta H2020 »Memphys - MEMbrane based Purification of HYdrogen System“ je razvoj sistema za elektrokemijsko komprimiranje in čiščenje vodika z uporabo membran, kakršne nastopajo



Slika 2: Projekt DIAMOND - Eksperimentalno preizkušanje nadzornega optimizatorja

v gorivnih celicah PEM. Sistem nima gibajočih se mehanskih elementov, komprimiranje poteka elektrokemijsko, sistem poganja elektrika in ima višji energijski izkoristek kot mehanski kompresorji. Naloga Odseka za sisteme in vodenje je bila razvoj aparaturne in programske opreme za krmilni in diagnostični sistem, ki bo na osnovi metod identifikacije ocenjeval stanje procesa. Aktivnosti v letu 2017 so bile usmerjene na vzpostavitev eksperimentalnega okolja.

V sodelovanju z vodilnimi akademskimi in industrijskimi partnerji na področju trdoooksidnih gorivnih celic (SOFC) smo začeli izvajati H2020 projekt INSIGHT. Namen projekta je razviti učinkovite postopke sprotnega spremljanja stanja sklada SOFC-celic, zaznavanje in identifikacija degradacijskih procesov ter načrtovanje korektivnih ukrepov s ciljem povečanja zanesljivosti delovanja in podaljšanja trajnostne dobe. Naša skupina prispeva inovativen postopek za karakterizacijo sklada na podlagi odziva na persistentno vzbujanje sklada ter identifikacijo njegovega modela, opisanega z diferencialnimi enačbami z necelimi odvodi.

Skupaj s sodelavci iz inštituta CEA delamo na sprotнем diagnosticirajujočem degradaciji trdoooksidnih elektrolizerjev (SOEC). Za razumevanje efekta luščenja anodne plasti v SOEC smo zgradili numerični model celice. Predstavljeni model je učinkovito orodje za analizo kritičnih točk, v katerih pričakujemo lokalno povečano tokovno gostoto, ki lahko povzroči visok tlak kisika pri elektrokemičnih reakcijah in pospeši degradacijo celice. Rezultati simulacij kažejo, da večja odluščena površina anode poveča delovno napetost in zmanjša učinkovitost pretvorbe celice.

Na osnovi dobrih sedanjih referenc smo z inštitutom Fraunhofer ICT IMM (Institut Mikromechanic Mainz) sklenili direktno pogodbo za razvoj sistema za krmiljenje plinske kogeneracijske enote (CHP) 100 kW na osnovi gorivnih celic. Dela obsegajo izdelavo specifikacij za krmilni sistem, razvoj programske opreme ter sodelovanje pri zagotovanju in optimizaciji sistema. Gre za popolnoma funkcionalen demonstracijski sistem s poudarkom na visoki učinkovitosti, ki bo dosežena z ustrezno termično integracijo sistema in optimalnim načinom krmiljenja.

### Aplikativni projekti

V okviru dolgoletnega sodelovanja s podjetjem Danfoss Trata, d. o. o., smo v letu 2017 nadaljevali aktivnosti pri razvoju strojne in programske opreme za tri družine pogonov ventilov. Pogoni bodo sposobni zmanjšati oscilacije v sistemu z nižanjem delovnega tlaka. Vgrajene bodo imeli tudi druge funkcionalnosti, vključno s komunikacijskim vmesnikom, ki bodo uporabljene tako v HVAC-sistemih kot tudi v sistemih daljinskega ogrevanja.

Sedajo diagnostično napravo na montažni liniji ML13 podjetja DOMEL smo nadgradili z novimi funkcionalnostmi. Prva pomeni razširitev nabora tipov motorjev, in sicer za diagnostiko motorja za sisteme za pršilno barvanje podjetja J. Wagner GmbH. Razširitev je zahtevala razvoj novega senzorja vrtljajev, prirediti regulator vrtljajev, nadgradnjo nadzornega sistema in razširitev nabora diagnostičnih funkcij. Druga funkcionalnost – razvrščanje proizvedenih motorjev v več kakovostnih razredov, je zahtevala razvoj novih sklopov informacijsko-komunikacijskega sistema.

Dokončali smo osnovni razvoj in postavitev diagnostične naprave za elektronsko komutirane motorje za ključne naročnike VTS Group in Gorenje. Izziv te naprave je bil poleg diagnostike elektromehanskih lastnosti motorjev tudi diagnostika in on-line parametriranje krmilnega sklopa EC-motorjev. Diagnostični sistem (slika 3) je skupaj z drugimi manipulacijskimi postajami, ki so nam bile zaupane za razvoj, intenzivno povezan v različne informacijske sisteme podjetja DOMEL in tvori zametke Domelove pametne tovarne prihodnosti po načelih Industrije 4.0.

Z novim diagnostičnim sistemom za montažno linijo ML15 smo podprli pionirsко vlogo podjetja DOMEL pri uvajanju elektronsko komutiranih sesalnih enot na svetovni trg. Z novimi sesalnimi enotami je bil postavljen pomemben mejnik pri doseganju visokih izkoristkov. Izdelki te montažne linije so prvenstveno namenjeni za znano podjetje Kärcher. Tudi pri tej diagnostični napravi je bil glavni izzik načrtovanje novih diagnostičnih postopkov, ki zajemajo tudi diagnostiko „sožitja“ elektromehanskega dela in elektronskega krmilnika izdelkov.

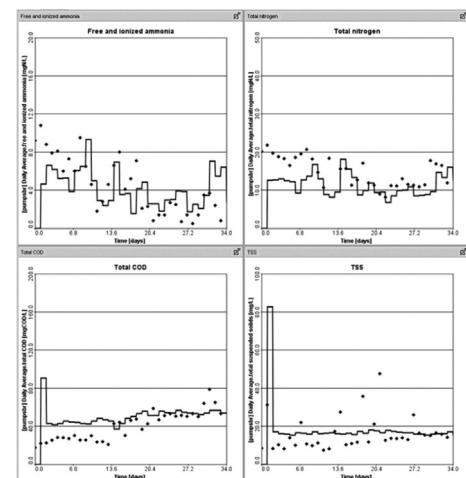
Drug projekt za podjetje Domel, d. d., smo izvedli v enoti PE ECS. V letu 2017 je potekala večja nadgradnja linije za končno kontrolo puhal, in sicer iz sedanje ročne linije v polavtomatsko za končno kontrolo. Poleg samega načina delovanja so bili nadgrajeni tudi merilni postopki in algoritmi za zaznavanje napak pri izdelkih. Hkrati je bila izvedena tudi nadgradnja sistema za sprotno sledenje proizvodnje. Sistem zdaj zliva podatke iz različnih delovnih mest v skupno oceno kakovosti izdelka. Za nadgrajeni sistem smo letos dobili državno Puhovo priznanje.

V okviru pogodbe s Centralno čistilno napravo Domžale-Kamnik (CČND) smo izdelali matematični model sekvenčne tehnologije čiščenja (SBR) v programske paketu GPS-X. Gre za

**V programu Horizon 2020 smo v okviru področja Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking začeli delo pri dveh novih projektih s področja razvoja vodikovih tehnologij (Memphys, Insight)**



Slika 3: Diagnostični sistem na liniji ML-14 v Domelu, d. o. o.



Slika 4: Ujemanje modela SBR z meritvami na iztoku

**Puhovo priznanje 2017 za dosežke na področju razvojne dejavnosti je bilo podeljeno sodelavcem našega odseka dr. Pavletu Boškoskemu, dr. Bojanu Musizzi in dr. Andreju Debenjaku ter partnerjem podjetja Domel**



*Slika 5: Slavnostna podelitev Puhovih priznanj za najpomembnejše razvojne dosežke v l. 2017*

3. Dolenc, Boštjan, Vrečko, Darko, Juričić, Đani, Pohjoranta, Antti, Pianese, Cesare. Online gas composition estimation in solid oxide fuel cell systems with anode off-gas recycle configuration. *Journal of power sources*, ISSN 0378-7753, 343 (2017), 246-253
4. Dolenc, Boštjan, Boškoski, Pavle, Stepančič, Martin, Pohjoranta, Antti, Juričić, Đani. State of health estimation and remaining useful life prediction of solid oxide fuel cell stack. *Energy conversion and management*, ISSN 0196-8904. [Print ed.], 148 (2017), 993-1002
5. Boškoski, Pavle, Debenjak, Andrej, Mileva-Boshkoska, Biljana. Rayleigh copula for describing impedance data - with application to condition monitoring of proton exchange membrane fuel cells. *European journal of operational research*, ISSN 0377-2217

### Nagrade in priznanja

1. Pavle Boškoski, Bojan Musizza, Andrej Debenjak in podjetje DOMEL (Damjan Demšar, Jernej Tomažin, Janez Urh, Miha Kržišnik in Marjan Kavčič): Puhovo priznanje za leto 2017, tj. najvišjo državno nagrado za dosežke na področju razvojne dejavnosti. Nagrado podeljuje Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport v okviru Zoisovih nagrad kot najvišjih državnih nagrad in priznanj na področju znanstvenoraziskovalne in razvojne dejavnosti. Nagrado so prejeli za adaptivni sistem za upravljanje kakovosti puhal in sledljivosti proizvodnje.
2. Tomaž Kos: nagrada Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov TM TVP za najboljše magistrsko delo za leto 2017 z naslovom Merilni sistem za samodejno visokotemperaturno in nizkofrekvenčno karakterizacijo dielektričnih materialov

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. 7. OP - FLUMBACK; Izboljšanje komponent za upravljanje s fluidi v pomožnih sistemih napajanja z gorivnimi celicami  
Evropska komisija  
dr. Pavle Boškoski
2. 7. OP - DIAMOND; Z diagnostiko podprt vodenje agregatov s trdno oksidnimi gorivnimi celicami  
Evropska komisija  
prof. dr. Dani Juričić
3. 7. OP-FCGEN; Vgrajena energetska enota na gorivne celice  
Evropska komisija  
dr. Boštjan Pregelj
4. H2020 - MEMPHYS; Sistem za čiščenje vodika s pomočjo membrane  
Evropska komisija  
dr. Gregor Dolanc
5. H2020 - INSIGHT; Implementacija orodij za nadzor in diagnostiko realnih SOFC sistemov na podlagi analize signalov za potrebe podaljšanja življenjske dobe  
Evropska komisija  
prof. dr. Dani Juričić
6. H2020 EUROfusion - Hitri prediktivni regulator za magnetno vodenje plazme - FMPCFMPC, ER-3-FU  
Evropska komisija  
dr. Samo Gerkšić
7. Ne-invazivno spremljanje stanja visokotemperaturne celice za eletrolizo pare  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Dani Juričić

# PROGRAM

- Sistemi in vodenje  
prof. dr. Đani Juričić

# PROJEKTI

- Napovedovanje stanja iztrošenosti elektrokemičnih energetskih sistemov  
dr. Pavle Boškoski
- E-vzdrževanje elektromehanskih pogonov: postopki za napovedovanje in upravljanje stanja pri nestacionarnih pogojih obratovanja  
prof. dr. Đani Juričić
- Metoda za lokalno napovedovanje radiološkega onesnaženja atmosfere z uporabo modelov na podlagi Gaussovih procesov  
prof. dr. Juš Kocijan
- GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti  
dr. Vladimir Jovan
- SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti  
dr. Vladimir Jovan
- Zasnova sistema vodenja za procesor goriva/gorivne celice (faza 1)  
dr. Gregor Dolanc

# VEČJA NOVA POGODBENA DELA

- Izvedba in montaža diagnostične naprave za končno kontrolo elektronsko komutiranih motorjev družine 771  
Domel, d. o. o.  
dr. Janko Petrovčič
- Nadgradnja DSML 13  
Domel, d. o. o.  
dr. Andrej Debenjak
- Diagnostična naprava za končno kontrolo elektronsko komutiranih puhal  
Domel, d. o. o.  
dr. Pavle Boškoski
- Simulacijska študija delovanja sekvenče tehnologij čiščenja na Centralni čistilni napravi Domžale-Kam  
JP CCN Domžale-Kamnik, d. o. o.  
dr. Darko Vrečko
- Dopolnitve komunikacije na liniji ML-13  
Domel, d. o. o.  
dr. Andrej Debenjak
- Modifikacija iSET funkcionalnosti  
Danfoss Trata, d. o. o.  
doc. dr. Damir Vrančič
- Načrtovanje in izdelava električne krmilne omarice za linijo ML-15  
Domel, d. o. o.  
dr. Janko Petrovčič
- Dopolnitev diagnostičnega sistema na liniji ML-13 za „Wagner“ motorje-strojna in elektro oprema  
Domel, d. o. o.  
dr. Janko Petrovčič
- Dopolnitev diagnostičnega sistema na liniji ML-14 strojna in elektro oprema  
Domel, d. o. o.  
dr. Janko Petrovčič

- Razvoj in izdelava pretvornika USB-ARKO  
Domel, d. o. o.  
dr. Andrej Debenjak
- Funkcionalne dopolnitve obstoječih diagnostičnih sistemov za sprotno analizo obratovalnih karakteristik in merjenje vibracij motorjev  
Domel, d. o. o.  
dr. Janko Petrovčič
- Razvoj novih družin dpMA in New MD actuator družin pogonov  
Danfoss Trata, d. o. o.  
doc. dr. Damir Vrančič
- L2-8174 Sofinanciranje projekta: Metoda za lokalno napovedovanje radiološkega onesnaženja  
Reodom, d. o. o.  
prof. dr. Juš Kocijan
- GOSTOP - E2 - RRP1  
TECOS  
dr. Dejan Gradišar
- GOSTOP - E2 - RRP5  
LPKF Laser & Electronics, d.o.o.  
dr. Pavle Boškoski
- GOSTOP - E2 - RRP3  
Špica International, d. o. o.  
dr. Pavle Boškoski
- GOSTOP - E2 - RRP2  
YASKAWA Slovenija, d. o. o.  
dr. Giovanni Godena
- GOSTOP - E2 - RRP4  
OPTOTEK, d. o. o.  
dr. Bojan Musizza
- GOSTOP - E2 - RRP6  
L-Tek, d. o. o.  
dr. Bojan Musizza
- GOSTOP - Vodenje programa  
Fotona, d. o. o.  
dr. Vladimir Jovan
- GOSTOP - E2 - RRP1  
Univerza v Mariboru, Slomškov trg 15, 2000 Maribor  
prof. dr. Đani Juričić
- GOSTOP - E2 - RRP2  
Kolektor Group, d. o. o.  
dr. Pavle Boškoski
- GOSTOP - E2 - RRP1  
INEA, d. o. o.  
prof. dr. Đani Juričić
- GOSTOP - E2 - RRP2  
COSYLAB, laboratorij za kontrolne sisteme, d. d.  
dr. Pavle Boškoski
- GOSTOP - E2 - RRP5  
NELA, razvojni center, d. o. o.  
dr. Pavle Boškoski
- GOSTOP - E2 - RRP6  
Podkrižnik, d. o. o.  
dr. Bojan Musizza
- Izdelava programskih modulov za Podkrižnik  
Podkrižnik, d. o. o.  
dr. Bojan Musizza

# OBISKI

- Armando Salvati, University of Salerno, Fisciano (SA), Italija, 1. 1.–28. 2. 2017
- Ilaria La Rocca, University of Salerno, Fisciano (SA), Italija, 6. 2.–6. 6. 2017
- Ornella Cannavacciuolo, University of Salerno, Fisciano (SA), Italija, 6. 2.–6. 6. 2017
- Vanja Subotić, Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija, 18. 10. 2017
- dr. Nicole Gehring, Johannes Kepler University, Linz, Avstrija, 21.–30. 10. 2017

- Matic Knap, Cosylab, Ljubljana: Simulacija magnetnega vodenja oblike plazme v tokamaku ITER, 8. 11. 2017
- dr. Marko Nerat: Modeliranje trdno oksidnih elektrolizerjev, 20. 11. 2017
- dr. Boštjan Dolenc: Condition monitoring, prognosis, and life extending control for solid oxide fuel cells, 27. 11. 2017

# SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Benedetto Cozzolino, University of Naples Federico II, Neapelj, Italija: Quadratic programming in plasma current and shape MPC control for ITER tokamak using dual fast gradient method with CUDA, 17. 3. 2017
- David Jovan, Kolektor Strix, d. o. o., Ljubljana: User Interface Testing in Drinking Water Plant, 18. 4. 2017
- Martin Stepančič, univ. dipl. inž. el.: Identifikacija modelov na podlagi Gaussovega procesa za načrtovanje vodenja in zaznavanje napak, 19. 4. 2017
- Vanja Subotić, Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija: Trdno oksidne gorivne celice, 18. 10. 2017

- Pavle Boškoski, 9. mednarodna konferenca Informacijske tehnologije in informacijska družba ITIS, Otočec, 9. 11. 2017 (1)
- Gregor Dolanc, Miha Glavan, Central European Cooperation for Industry 4.0 Workshop, Budimpešta, Madžarska, 20.–21. 9. 2017
- Boštjan Dolenc, Đani Juričić, Juš Kocijan, 20<sup>th</sup> IFAC 2017 World Congress, Toulouse, Francija, 9.–14. 7. 2017 (1)
- Boštjan Dolenc, 15<sup>th</sup> International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, SOFC-XV, Hollywood, (FL), ZDA, 23.–28. 7. 2017 (1)
- Miha Glavan, Dejan Gradišar, 9. Industrijski forum IRT, Portorož, 5.–6. 6. 2017 (1)

# UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

6. Samo Gerkšič, 26<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe, NENE 2017, Bled, 11.-14. 9. 2017
7. Samo Gerkšič, 11<sup>th</sup> IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research, Greifswald, Nemčija, 8.-12. 5. 2017 (1)
8. Giovanni Godena, Dejan Gradišar, Nadja Hvala, Vladimir Jovan, Tomaž Kos, Stanislav Strmčnik, 10. konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu – AIG '17, Maribor, 6.-7. 4. 2017 (6)
9. Nadja Hvala, Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling, FICWTM2017, Palermo, Italija, 21.-24. 5. 2017 (1)
10. Dani Juričić, Workshop on Monitoring, Diagnostics and Control for Fuel Cells, Luzern, Švica, 4. 7. 2017 (1)
11. Matija Perne, 14<sup>th</sup> International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO 2017, Madrid, Španija, 26.-28. 7. 2017 (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Pavle Boškoski
2. dr. Gregor Dolanc
3. dr. Samo Gerkšič
4. dr. Giovanni Godena
5. dr. Dejan Gradišar
6. dr. Nadja Hvala
7. **dr. Vladimir Jovan, vodja odseka**
8. prof. dr. Dani Juričić, znanstveni svetnik
9. prof. dr. Juš Kocijan, znanstveni svetnik
10. dr. Bojan Musizza
11. dr. Marko Nerat
12. dr. Matija Perne
13. dr. Janko Petrovčič
14. dr. Boštjan Pregelj
15. prof. dr. Stanislav Strmčnik, znanstveni svetnik
16. doc. dr. Damir Vrančič
17. dr. Darko Vrečko

### Podoktorski sodelavci

18. dr. Andrej Debenjak
19. dr. Miha Glavan

### Mlajši raziskovalci

20. dr. Boštjan Dolenc
21. Tomaž Kos, mag. inž. el.
22. Gjorgji Nusev, univ. dipl. inž. el.
23. Martin Stepančič, univ. dipl. inž. el.

### Strokovni sodelavci

24. Stanislav Černe, dipl. inž. el.
25. Primož Fajdiga, dipl. inž. el.

### Tehniški in administrativni sodelavci

26. Maja Janežič, univ. dipl. kom.
27. Miroslav Štrubelj

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. AVL, Gradec, Avstrija
2. Bitron, Grugliasco (TO), Italija
3. Borit NV, Geel, Belgija
4. Centralna čistilna naprava Domžale-Kamnik
5. Cosylab, Ljubljana
6. Danfoss Trata, Ljubljana
7. Dornel, Železniki
8. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart, Nemčija
9. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Švica
10. Forschungszentrum Jülich, Nemčija
11. French Atomic and Alternative Energies Commission, Grenoble, Francija
12. HT Ceramix, Yverdon-Les-Bains, Švica
13. HyET, Arnhem, Nizozemska
14. Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, Velika Britanija
15. INEA, Ljubljana
16. Institut für Mikrotechnik GmbH, Mainz, Nemčija
17. Kolektor Group, Idrija
18. Kolektor Sistem, Ljubljana Črnuč
19. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
20. METRONIK, Ljubljana
21. Podkrižnik, Ljubno ob Savinji
22. PowerCell Sweden AB, Göteborg, Švedska
23. SOLIDpower S. p. A., Mezzolombardo (TN), Italija
24. Špica International, Ljubljana Črnuč
25. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Danska
26. TECOS, Celje
27. University of Salerno, Fisciano (SA), Italija
28. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
29. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
30. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
31. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
32. Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko
33. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za aplikativno naravoslovje
34. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
35. Univerza v Novi Gorici, Poslovnotehniška fakulteta
36. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Espoo, Finska
37. Zavod Center ARI, Ljubljana
38. Zavod KC STV, Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Darko Belavič, Andraž Bradeško, Tomaž Kos, Tadej Rojac, "Design and integration of a piezoelectric vibrating device in an LTCC structure", *Microelectron. int.*, **34**, 3, 121-126, 2017. [COBISS.SI-ID 30801959]
2. Marija Božnar, Boštjan Grašič, Primož Mlakar, Dejan Gradišar, Juš Kocijan, "Nonlinear data assimilation for the regional modeling of maximum ozone values", *Environ. sci. pollut. res. int.*, **24**, 31, 24666-24680, 2017. [COBISS.SI-ID 30799399]
3. Marija Božnar, Boštjan Grašič, Primož Mlakar, Dejan Gradišar, Juš Kocijan, "The use of a new diagram for the analysis of the daily cycles in the air-pollution data", *Int. j. environ. pollut.*, **62**, 2/4, 385-394, 2017. [COBISS.SI-ID 31160359]
4. Gregor Dolanc, Boštjan Pregelj, Janko Petrovčič, Remzi Can Samsun, "Control of an afterburner in a diesel fuel cell power unit under variable load", *J. power sources*, **338**, 117-128, 2017. [COBISS.SI-ID 30059047]
5. Boštjan Dolenc, Pavle Boškoski, Martin Stepančič, Antti Pohjoranta, Đani Juričić, "State of health estimation and remaining useful life prediction of solid oxide fuel cell stack", *Energy convers. manage.*, **148**, 993-1002, 2017. [COBISS.SI-ID 30661927]
6. Boštjan Dolenc, Darko Vrečko, Đani Juričić, Antti Pohjoranta, Cesare Pianese, "Online gas composition estimation in solid oxide fuel cell systems with anode off-gas recycle configuration", *J. power sources*, **343**, 246-253, 2017. [COBISS.SI-ID 30189095]
7. Nadja Hvala, Darko Vrečko, Meta Levstek, Cirila Bordon, "The use of dynamic mathematical models for improving the designs of upgraded wastewater treatment plants", *J. sustain. dev. energy water environ. syst.*, **5**, 1, 15-31, 2017. [COBISS.SI-ID 29947175]
8. Danjela Kuščer, Tadej Rojac, Darko Belavič, Marina Santo-Zarnik, Andraž Bradeško, Tomaž Kos, Barbara Malič, Marcel Boerrigter, Diego Morriño Martin, Mirko Faccini, "Integrated piezoelectric vibration system for fouling mitigation in ceramic filtration membranes", *J. membr. sci.*, **540**, 277-284, 2017. [COBISS.SI-ID 30594087]
9. Primož Mlakar, Dragana Kokal, Boštjan Grašič, Marija Božnar, Dejan Gradišar, Juš Kocijan, "Validation of meteorological forecasts in fine spatial and temporal resolution produced as an input for dispersion models", *Int. j. environ. pollut.*, **62**, 2/4, 236-246, 2017. [COBISS.SI-ID 31160103]
10. Marko Nerat, "Modeling and analysis of short-period transient response of a single, planar, anode supported, solid oxide fuel cell during load variations", *Energy (Oxford)*, **138**, 728-738, 2017. [COBISS.SI-ID 30657831]
11. Matija Perne, Matt Covington, Evan Thaler, Joseph M. Myre, "Steady state, erosional continuity, and the topography of landscapes developed in layered rocks", *Earth surface dynamics*, **5**, 85-100, 2017. [COBISS.SI-ID 30212135]
12. Boštjan Pregelj, Andrej Debenjak, Gregor Dolanc, Janko Petrovčič, "A diesel-powered fuel cell APU: reliability issues and mitigation approaches", *IEEE trans. ind. electron.*, **64**, 8, 6660-6670, 2017. [COBISS.SI-ID 30661159]
13. Gregor Princ, Alenka Vesel, Gregor Dolanc, Damir Vrančič, Miran Mozetič, "Recombination of oxygen atoms along a glass tube loaded with a copper sample", *Vacuum*, **138**, 224-229, 2017. [COBISS.SI-ID 30059303]

## STROKOVNI ČLANEK

1. Andrej Debenjak, Pavle Boškoski, Bojan Musizza, Miha Kern, Andrej Biček, "Informacijska arhitektura za proizvodno analitiko", *Ventil (Ljublj.)*, **23**, št. 4, 284-[288], avg. 2017. [COBISS.SI-ID 15613979]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

### (VABIJENO PREDAVANJE)

1. Dejan Gradišar, Miha Glavan, Gašper Mušič, Đani Juričić, "Standardizacija proizvodnih informacijskih sistemov za potrebe izvedbe pametnih tovarn", V: *Zbornik povzetkov desete konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 1-9. [COBISS.SI-ID 30423591]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Darko Belavič, Katarina Vojislavljević, Danjela Kuščer, Tanja Pečnik, Jerzy Zajac, Adrian Anghelușcu, George Muscalu, Marjan Hodnik, Tomaž Kos, Silvo Drnovšek, Barbara Malič, "Ceramic packaging of PiezoMEMS devices", V: *European Microelectronics Packaging Conference, EMPC 2017, 10-13 September 2017, Warsaw, Poland*. [COBISS.SI-ID 30802727]
2. Pavle Boškoski, Boštjan Dolenc, Bojan Musizza, Đani Juričić, "Model-based prediction of the remaining useful life of the machines", V: *Proceedings of the 20th IFAC World Congress, 9-14 July 2017, Toulouse, France*, (IFAC papersOnline, **50**), New York, International Federation of Automatic Control = IFAC, 2017, **50**, 1, 12803-12808. [COBISS.SI-ID 31201831]
3. Boštjan Dolenc, Pavle Boškoski, Antti Pohjoranta, Matti Noponen, Đani Juričić, "Hybrid approach to remaining useful life prediction of solid oxide fuel cell stack", V: *SOFC-XV, 15th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, July 23, 2017 - July 28, 2017, Hollywood, FL*, Subhash C.Singhal, ur., T. Kawada, ur., *ECS transactions*, **78**, 1, 2251-2264, 2017. [COBISS.SI-ID 30719527]
4. Nadja Hvala, Darko Vrečko, Cirila Bordon, "Assessment of upgraded full-scale wastewater treatment plant performance through a plant-wide modelling approach", V: *Proceedings, fFrontiers International Conference on Wastewater Treatment (FICWTM)*, May 21-24, 2017, Palermo, Italy, Giorgio Mannina, ur., [S. l.], IWA = International Water Association, 2017, 896-902. [COBISS.SI-ID 30542119]
5. Juš Kocijan, Gorazd Karer, Mojca Žagar Karer, Tadej Bajd, Rihard Karba, "The Slovenian dictionary of automatic control, systems and robotics", V: *Proceedings of the 20th IFAC World Congress, 9-14 July 2017, Toulouse, France*, (IFAC papersOnline, **50**), New York, International Federation of Automatic Control = IFAC, 2017, **50**, 1, 5166-5171. [COBISS.SI-ID 30866471]
6. Matija Perne, Samo Gerkšič, Boštjan Pregelj, "Local decay of residuals in dual gradient method applied to MPC studied using active set approach", V: *Proceedings of the 14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, July 26-28, 2017, Madrid, Spain*, ICINCO 2017, Oleg Gusikhin, ur., Kurosh Madani, ur., Setúbal, Science and Technology Publications, 2017, zv. 1, 54-63, 2017. [COBISS.SI-ID 30674727]
7. Martin Stepančič, Juš Kocijan, "On-line identification with regularised Evolving Gaussian process", V: *IEEE EAIS 2017: Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems, May 31 - June 2, 2017, Ljubljana, Slovenia*, Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems, May 31 - June 2, 2017, Ljubljana, Igor Škrjanc, ur., Sašo Blažič, ur., [S. l.], IEEE, 2017. [COBISS.SI-ID 30600231]
8. Damir Vrančič, Paulo Moura Oliveira, Jan Cvejn, "The model-based disturbance rejection with MOMI tuning method for PID controllers", V: *CONTROLO 2016: proceedings of the 12th Portuguese Conference on Automatic Control, September 14th to 16th, Guimarães, Portugal*, (Lecture notes in electrical engineering, **402**), Paulo Garrido, ur., Filomena Soares, ur., António Paulo Moreira, ur., 2017, 81-91. [COBISS.SI-ID 29800999]
9. Darko Vrečko, Marko Nerat, Damir Vrančič, Gregor Dolanc, Boštjan Dolenc, Boštjan Pregelj, Fabien Meyer, Siu Fai Au, Robert Makkus, Đani Juričić, "Improving operation of a 2.5kW SOFC power system with supervisory control", V: *SOFC-XV, 15th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, July 23, 2017 - July 28, 2017, Hollywood, FL*, Subhash C.Singhal, ur., T. Kawada, ur., *ECS transactions*, **78**, 1, 2017. [COBISS.SI-ID 30719783]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Pavle Boškoski, Andrej Debeljak, Janko Petrovčič, "Tehnično-ekonomska analiza zasnove in izvedbe agregata z gorivnimi celicami", V: *Zbornik povzetkov desete konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 167-171. [COBISS.SI-ID 30424615]
2. Andrej Debenjak, Pavle Boškoski, Bojan Musizza, Miha Kern, Andrej Biček, "Informacijska arhitektura za proizvodno analitiko: primer Domel: with application in Domel company", V: *Zbornik povzetkov*

desete konference *Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 38-43. [COBISS.SI-ID 30423079]

3. Boštjan Dolenc, Gjorgji Nusev, Tomaž Kos, Pavle Boškoski, Darko Vrečko, Damir Vrančič, Đani Juričić, "Novi koncept vodenja sklada trdno-oksidnih gorivnih celic na podlagi stanja naprave", V: *Zbornik povzetkov desete konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 151-158. [COBISS.SI-ID 30424103]
4. Miha Glavan, Dejan Gradišar, Marko Mandelj, Žiga Jelen, Gašper Mušič, Đani Juričić, "Podatkovna analitika in podpora pri odločjanju na nivoju MES-MOM", V: *Zbornik povzetkov desete konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 118-125. [COBISS.SI-ID 30423847]
5. Dejan Gradišar, Miha Glavan, "Zasnova sistema za sprotno spremljanje, predikcijo in izboljševanje proizvodnih procesov v pametnih tovarnah", V: *Vir znanja in izkušenj za stroko: zbornik foruma*, [9.] industrijski forum IRT, Portorož, 5. in 6. junij 2017, Darko Švetak, ur., Škofljica, Profidtp, 2017, 45-50. [COBISS.SI-ID 30551847]
6. Darko Vrečko, Marko Nerat, Damir Vrančič, Gregor Dolanc, Boštjan Dolenc, Boštjan Pregelj, Fabien Meyer, Siu Fai Au, Robert Makkus, Đani Juričić, "Supervisory control of a 2.5 kW SOFC power system", V: *Zbornik povzetkov desete konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, 6. in 7. april 2017, Maribor, Slovenija, Nenad Muškinja, ur., Boris Tovornik, ur., Maribor, Društvo avtomatikov Slovenije, 2017, 159-166. [COBISS.SI-ID 30424359]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Tamara Fernández-Arévalo, Xavier Flores-Alsina, Paloma Grau, Ulf Jeppsson, Miguel Mauricio-Iglesias, Darko Vrečko, Eduardo Ayesa, "Model-based comparative assessment of innovative processes", V: *Innovative wastewater treatment & resource recovery technologies: impacts on energy, economy and environment*, Juan M. Lema, ur., Sonja Suarez Martinez, ur., London, IWA Publishing, 2017, 599-621. [COBISS.SI-ID 30724391]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Pavle Boškoski, Andrej Debenjak, Biljana Mileva-Boshkoska, *Fast electrochemical impedance spectroscopy: as a statistical condition monitoring tool*, (Springer briefs in applied sciences and technology), Cham, Springer, 2017. [COBISS.SI-ID 30534439]

## MENTORSTVO

1. Boštjan Dolenc, *Spremljanje in napovedovanje stanja ter vodenje trdno oksidnih gorivnih celic s ciljem podaljšanja življenjske dobe naprave*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2017 (mentor Đani Juričić; somentor Pavle Boškoski). [COBISS.SI-ID 31105831]