



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO
RAZISKOVALNI VODNIK

FS

MARIBOR
NOVEMBER 2024



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO
RAZISKOVALNI VODNIK



Urednice:

Lidija Fras Zemljič

Tatjana Kreže

Mateja Novak

MARIBOR
NOVEMBER 2024

Naslov <i>Title</i>	Fakulteta za strojništvo <i>Faculty of Mechanical Engineering</i>
Podnaslov <i>Subtitle</i>	Raziskovalni vodnik <i>Research Guide</i>
Urednice <i>Editors</i>	Lidija Fras Zemljič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo) Tatjana Kreže (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo) Mateja Novak (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
Lektoriranje <i>Language editing</i>	AMIDAS, d. o. o.
Tehnična urednika <i>Technical editors</i>	Tatjana Kreže (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo) Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Tatjana Kreže (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
Grafike na ovitku <i>Cover graphics</i>	(Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2024)
Grafične priloge <i>Graphic material</i>	Viri so lastni, razen če ni navedeno drugače. Fras Zemljič, Kreže, Novak (urednice), 2024
Založnik <i>Published by</i>	Univerza v Mariboru Univerzitetna založba Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija https://press.um.si , zalozba@um.si
Izdajatelj <i>Issued by</i>	Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija https://www.fs.um.si , fs@um.si
Izdaja <i>Edition</i>	Prva izdaja
Vrsta publikacije <i>Publication type</i>	E-knjiga
Izdano <i>Published at</i>	Maribor, Slovenija, November 2024
Dostopno na <i>Available at</i>	https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/6fs24

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

378.6(497.4Maribor)

FS [Elektronski vir] / urednice Lidija Fras Zemljič, Tatjana Kreže, Mateja Novak. - 1. izd. - Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna , 2024

Način dostopa (URL): <https://doi.10.18690/um.fs.6.2024>

ISBN 978-961-286-924-3 (PDF)

doi: 10.18690/um.fs.6.2024

COBISS.SI-ID 213993219



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo © avtorji in Fras Zemljič, Kreže, Novak (urednice), 2024

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN 978-961-286-924-3 (pdf)
978-961-286-925-0 (mehka vezava)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fs.6.2024>

Cena Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika Prof. dr. Zdravko Kačič
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Fras Zemljič, L., Kreže, T., Novak, M. (ur.). (2024). *Fakulteta za strojništvo: Raziskovalni*
Attribution *vodnik*. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba doi: 10.18690/um.fs.6.2024

VSEBINA

KRATKA ZGODOVINA	1
ORGANIZACIJA FAKULTETE	2
ORGANIZACIJA IN OBSEG RAZISKOVALNEGA DELA	4
PODROČJA RAZISKAV	5
1. ENERGETSKO, PROCESNO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO	5
1.1 LABORATORIJ ZA ENERGETSKE SISTEME IN NAPRAVE	5
1.2 LABORATORIJ ZA MOTORJE Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM	8
1.3 LABORATORIJ ZA TOPLOTNE STROJE IN TEHNIŠKE MERITVE	8
1.4 LABORATORIJ ZA PRENOSNE POJAVE V TEKOČINAH IN TRDNINAH	10
1.5 LABORATORIJ ZA PROCESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠKO DINAMIKO TEKOČIN	13
1.6 LABORATORIJ ZA TERMODINAMIKO, ZGOREVANJE IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO	16
1.7 LABORATORIJ ZA TURBINSKE STROJE	18
1.8 CENTER ZA SENZORSKO TEHNIKO	20
2. KONSTRUIRANJE IN OBLIKOVANJE	22
2.1 LABORATORIJ ZA INTEGRIRAN RAZVOJ IZDELKOV IN CAD	22
2.2 LABORATORIJ ZA INŽENIRSKO OBLIKOVANJE	26
2.3 LABORATORIJ ZA STROJNE ELEMENTE IN KONSTRUKCIJE	29
2.4 LABORATORIJ ZA TRANSPORTNE NAPRAVE, SISTEME IN LOGISTIKO	33
2.5 LABORATORIJ ZA VARJENJE	36
2.6 LABORATORIJ ZA VREDNOTENJE KONSTRUKCIJ	41
2.7 LABORATORIJ ZA ZAHTEVNE INŽENIRSKESIMULACIJE IN EKSPERIMENTIRANJE	44
3. TEHNOLOGIJA MATERIALOV	48
3.1 LABORATORIJ ZA MATERIALE	48
3.2 LABORATORIJ ZA PREOBLIKOVANJE MATERIALOV	54
3.3 UNIVERZITETNI CENTER ZA ELEKTRONSKO MIKROSKOPIJO	58
4. MEHANIKA	64
4.1 LABORATORIJ ZA APLIKATIVNO MEHANIKO	64
5. PROIZVODNO STROJNIŠTVO	67
5.1 LABORATORIJ ZA DODAJALNO IZDELAVO	67
5.2 LABORATORIJ ZA INTELIGENTNE OBDELOVALNE SISTEME	71
5.3 LABORATORIJ ZA MEHATRONIKO	73
5.4 LABORATORIJ ZA NAČRTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMOV	78
5.5 LABORATORIJ ZA ODREZAVANJE	81
5.6 LABORATORIJ ZA OLJNO HIDRAVLIKO	84
5.7 LABORATORIJ ZA PRILAGODLJIVE OBDELOVALNE SISTEME	87
5.8 LABORATORIJ ZA ROBOTIZACIJO	89
5.9 LABORATORIJ ZA SIMULACIJE DISKRETNIH SISTEMOV	92
5.10 LABORATORIJ ZA TEHNOLOŠKE MERITVE	94
6. TEKSTILNI MATERIALI IN OBLIKOVANJE	99
6.1 LABORATORIJ ZA BARVANJE, BARVNO METRIKO IN EKOLOGIJO PLEMENITENJA	99
6.2 LABORATORIJ ZA KEMIJO IN OKOLJEVARSTVO	105
6.3 LABORATORIJ ZA OBDELAVO IN PREIZKUŠANJE POLIMERNIH MATERIALOV	109
6.4 LABORATORIJ ZA OBLAČILNO INŽENIRSTVO, FIZIOLOGIJO IN KONSTRUKCIJO OBLAČIL	114
6.5 LABORATORIJ ZA PROJEKTIRANJE IN KONSTRUKCIJO TEKSTILIJ	117
6.6 LABORATORIJ ZA TISKANJE TEKSTILIJ IN NEGO OBLAČIL	120
6.7 CENTER ZA NEGO IN TISKANJE TEKSTILIJ	120
6.8 CENTER ZA BARVANJE IN BARVE	124
6.9 RAZISKOVALNO-INOVACIJSKI CENTER ZA DESIGN IN OBLAČILNO INŽENIRSTVO	124
7. TEMELJNO IN SPLOŠNO PODROČJE	130
7.1 LABORATORIJ ZA FIZIKO	130
7.2 LABORATORIJ ZA MATEMATIKO	132

UVODNA BESEDA

Spoštovane in spoštovani,

na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru združujemo odličnost, inovativnost in predanost raziskovanju na najvišji ravni. Uvrščamo se med vodilne akademske ustanove, ki s svojim znanjem, raziskovalnimi dosežki in strokovnim pristopom pomembno prispevajo k napredku znanosti in družbe. S ponosom izpostavljamo našo zavezanost raziskovalni dejavnosti, ki sega od temeljnih raziskav do uporabnih tehnologij, ki jih uspešno prenašamo v industrijsko prakso.

Naši laboratoriji in centri so opremljeni z vrhunsko raziskovalno opremo in najsodobnejšo tehnologijo, ki omogoča izvedbo kompleksnih raziskovalnih projektov in preizkušanje inovativnih rešitev. S tem ustvarjamo spodbudno okolje tako za študentke in študente kot tudi za raziskovalke in raziskovalce, ki si prizadevajo za prebojne dosežke. Poleg tega je fakulteta vključena v številne nacionalne in mednarodne raziskovalne programe ter projekte, kar nam omogoča sodelovanje s priznanimi raziskovalnimi ustanovami in industrijskimi partnerji po vsem svetu.

Ključno pri našem delu je tesno sodelovanje z okoljem, saj s tem zagotavljamo, da so naše raziskave relevantne, praktično uporabne in usmerjene v reševanje realnih izzivov, s katerimi se srečuje sodobna industrija. Naši raziskovalci nenehno iščejo inovativne pristope za povečanje učinkovitosti, trajnostne rešitve in napredek v tehnologiji, kar prispeva k večji konkurenčnosti gospodarstva. Negujemo tudi interdisciplinarnost, saj verjamemo, da bodo najpomembnejši dosežki v prihodnosti izhajali prav iz sodelovanja oziroma povezovanja različnih področij.

Fakulteta za strojništvo je mnogo več kot zgolj akademska ustanova – je središče raziskovalnega in tehnološkega napredka, ki zre v prihodnost in ustvarja priložnosti za nove generacije inženirjev in inženirjev ter raziskovalk in raziskovalcev.

Z raziskovalnim vodnikom želimo predstaviti raznolikost in kakovost naših raziskovalnih dejavnosti, zato vas vabimo, da ga prelistate in tudi tako doživite naš raziskovalni svet.

*red. prof. dr. Matej VESENJAK,
dekan Fakultete za strojništvo UM*

UVODNA BESEDA

Spoštovane kolegice in kolegi,

dobrodošli ob prebiranju raziskovalnega vodnika Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru. Kot prodekanja za raziskovalno dejavnost sem izjemno ponosna, da vam lahko predstavim naše raznolike raziskovalne dejavnosti, ki povezujejo več znanstvenih področij in ustvarjajo pravo interdisciplinarno okolje.

Na Fakulteti za strojništvo pokrivamo številna raziskovalna področja, med katerimi so proizvodno inženirstvo, mehanika, konstrukcija in oblikovanje, energetika, procesna in okoljska inženirstva, materiali in preoblikovanje ter tekstilni inženirski materiali in oblikovanje. Pomemben del naše dejavnosti so tudi temeljni in splošni predmeti, ki zagotavljajo trdno znanstveno podlago za vsa omenjena področja. Naša interdisciplinarna naravnost in sinergijsko sodelovanje med poddisciplinami nam omogočata, da celovito in inovativno obravnavamo sodobne raziskovalne izzive.

Naša infrastruktura vključuje 35 laboratorijev in 5 raziskovalnih centrov, kjer združujemo raziskave in razvoj ter uspešno prenašamo pridobljeno znanje v industrijsko prakso. Raziskave na vseh teh področjih so ključne za doseganje naših strateških ciljev ter prispevek k družbenim in tehnološkim izzivom prihodnosti.

Te raziskovalne dejavnosti niso ločene enote – tesno sodelujejo, se medsebojno dopolnjujejo in ustvarjajo interdisciplinarne sinergije, ki nam omogočajo doseganje raziskovalne odličnosti. Naši raziskovalci svojo predanost dokazujejo z uspešno zaključenimi in tekočimi nacionalnimi ter mednarodnimi projekti. Posebej ponosni smo na sodelovanje v evropskih programih, kot sta Obzorje 2020 in Obzorje Evropa, kjer s svojimi raziskavami in inovacijami prispevamo k reševanju globalnih izzivov ter objavljamo vrhunске znanstvene publikacije.

S tem interdisciplinarnim pristopom gradimo tudi prihodnje generacije raziskovalcev. Vsako leto sprejmemo in usposobimo veliko mladih raziskovalcev, ki so gonilo prihodnjega razvoja naše fakultete. Z našim skupnim prizadevanjem za raziskovalno odličnost, inovacije in reševanje kompleksnih izzivov aktivno oblikujemo prihodnost ter uresničujemo naš slogan: Ustvarjamo prihodnost.

V raziskovalnem vodniku so predstavljeni naši laboratoriji, raziskovalni centri in dosežki. Želim vam veliko užitka ob branju in raziskovanju. Iskrena zahvala gre vsem raziskovalcem Fakultete za strojništvo, ker ste nepogrešljiv del naše skupnosti.

Z velikim ponosom in častjo opravljam vlogo prodekanje za raziskave v tako izjemnem timu.

*red. prof. dr. LIDIJA FRAS ZEMLIČ,
prodekanja za raziskovalno dejavnost FS
v sodelovanju s Službo za raziskovalno dejavnost*

KRATKA ZGODOVINA

Začetki dejavnosti Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru (FS Maribor) segajo v leto 1959, ko je 26. novembra Ljudska skupščina RS sprejela Zakon o ustanovitvi Višje tehniške šole v Mariboru. Ustanovljeni so bili oddelki za strojništvo, tekstil in elektrotehniko. Oddelek za tekstilno tehnologijo je ostal integralni del fakultete vse do danes.

Leta 1973 se je Višja tehniška šola razvila v Visoko šolo in njen najštevilnejši oddelek, to je Oddelek za strojništvo, je začel izvajati štiriletni študijski program. Na strojništvu smo prvi začeli s podiplomskim študijem ter podelili prve magisterije in doktorate leta 1976.

Leta 1975 je Visoka tehniška šola postala članica novoustanovljene Univerze v Mariboru in se po desetih letih razvila v Tehniško fakulteto, pri čemer je Oddelek za strojništvo postal eden od štirih oddelkov Tehniške fakultete s programi strojništva in tekstilnega inženirstva.

Do leta 1995 se je Tehniška fakulteta toliko razširila, da se je preoblikovala v štiri fakultete (Fakulteta za strojništvo z oddelkom za tekstilstvo, Fakulteta za gradbeništvo, Fakulteta za računalništvo in informatiko ter Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo).

Danes na Fakulteti za strojništvo s povezovanjem kakovostnega znanstvenoraziskovalnega, strokovnega in izobraževalnega dela na področju inženirskih ved prispevamo k razvoju znanosti ter k tehnološkemu napredku gospodarstva in družbenega okolja. Pri tem so najvišje vrednote našega delovanja:

- odličnost, avtonomija in odprtost raziskovalnega in izobraževalnega dela;
- poštenost, iskrenost, profesionalna etika in družbena odgovornost pri raziskovanju in izobraževanju;
- usmerjenost raziskovanja in izobraževanja v dobrobit človeštva in ustvarjanje vključujoče družbe.



ORGANIZACIJA FAKULTETE

Ime zavoda: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Naslov zavoda: Smetanova ulica 17, 2000 Maribor
Spletna stran: www.fs.um.si



Dekan
red. prof. dr. Matej Vesenjak
Tel.: 220 7501
E-naslov: tajnistvo.fs@um.si



Prodekan za izobraževalno dejavnost
doc. dr. Matej Zdravec
Tel.: 220 7783
E-naslov: matej.zdravec@um.si



Prodekanja za raziskovalno dejavnost
red. prof. dr. Lidija Fras Zemljič
Tel.: 220 7909
E-naslov: lidija.fras@um.si



Prodekan za sodelovanje z okoljem in kakovost
red. prof. dr. Iztok Palčič
Tel.: 220 7636
E-naslov: iztok.palcic@um.si



Prodekanja za študentska vprašanja:
Andreja Kumer
E-naslov: studenti.fs.um.si



Tajnik fakultete:
Mojca Jež Gole
Tel.: 220 7511
E-naslov: mojca.jez@um.si

Na fakulteti deluje sedem kateder, ki so odgovorne za akademsko, izobraževalno in raziskovalno dejavnost na svojih področjih delovanja:

- Katedra za proizvodno strojništvo,
- Katedra za energetska, procesna in okoljska inženirstvo,
- Katedra za konstruiranje in oblikovanje,
- Katedra za materiale in preoblikovanje,
- Katedra za mehaniko,
- Katedra za tekstilne materiale in oblikovanje,
- Katedra za temeljne in splošne predmete.

Vsako katedro vodi habilitiran učitelj, ki je odgovoren za delovanje ter visoko raven akademske in strokovne usposobljenosti svojih članov. Katedre sestavlja več dobro opremljenih laboratorijev in raziskovalnih skupin, vključujoč izjemne raziskovalce, kar izkazujemo s številnimi uspešno zaključenimi in tekočimi nacionalnimi projekti, prav tako smo dobro vpeti v mednarodno okolje, kar izkazujemo z mnogimi EU projekti iz programa Obzorje 2020 in Obzorje Evropa. Prav tako pa tudi iz strukturnih in kohezijskih programov, kar povečuje našo prepoznavnost in konkurenčnost pri raziskovalni dejavnosti. Po številu znanstvenih objav spadamo med najdejavnije in uspešnejše na UM in v evropskem prostoru. Naši doktorji znanosti so prepoznavni strokovnjaki in so integrirani v uspešna podjetja, naš moto pa je nenehna skrb za intenziven prenos znanja ter vzpostavitev inovacij v gospodarstvo. Venomer se trudimo na področju vključevanja študentov v znanstvenoraziskovalno delo in jih tako opolnomočimo za konkurenčnost na trgu delovne sile.

VISOKOŠOLSKI, RAZISKOVALNI IN ADMINISTRATIVNI SODELAVCI TER ŠTUDENTI

Preglednica 1: Število visokošolskih, raziskovalnih in administrativnih sodelavcev na dan 29. 2. 2024 ter število študentov, vpisanih v študijskem letu 2023/2024.

POLOŽAJ (po delovnih mestih)	RED	DOP	POLOŽAJ (po delovnih mestih)	RED	DOP
Redni profesor	29	-	Znanstveni svetnik (dr.)	3	1
Izredni profesor	13	-	Višji znanstveni sodelavec (dr.)	1,5	-
Docent	10	-	Znanstveni sodelavec (dr.)	6	6
Višji predavatelj	-	-	Višji raziskovalec (dr.)	3,3	3
Predavatelj	-	-	Raziskovalec (mag. ali univ. dipl. inž.)	8	1
Asistent	39,2	-	Mladi raziskovalec (mag. ali univ. dipl. inž.)	22	-
Organizator praktičnega usposabljanja	1	-	Tehniški sodelavec in tehniški delavec	14	-
Skupaj visokošolski sodelavci	92,2	-	Administrativno in pisarniško osebje	35	-
			Skupaj raziskovalno in podporno osebje	92,8	11

Preglednica 2: Število študentov, vpisanih v študijskem letu 2023/2024.

ŠTUDENTI	ŠTUDIJSKO LETO 2023/2024
Dodiplomski študenti	633
Podiplomski študenti	352

Visokošolsko in raziskovalno osebje Fakultete za strojništvo posveča posebno pozornost domačim in mednarodnim razvojnim trendom, tako teoretičnim kot praktičnim. Zahtevni trgi ter razvoj novih produktov in tehnologij zahtevajo širša visokotehnološka znanja. Inženirski strokovnjaki bodo ostali ključni za razvoj tudi v prihodnosti, a bo ta razvoj zahteval, bolj kot kadarkoli, omejitve zaradi okolja in energije. To je eden od razlogov, zaradi katerih bodo inženirji 21. stoletja mnogo bolj izpostavljeni zahtevnim projektom in zaradi česar bodo le inženirji z zadostnim interdisciplinarnim znanjem sposobni take projekte tudi voditi.

ORGANIZACIJA IN OBSEG RAZISKOVALNEGA DELA

Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru je znanstvenoraziskovalna in pedagoška ustanova, ki je zaradi integracije dejavnosti in svoje uspešnosti mednarodno primerljiva s podobnimi institucijami v evropskem in svetovnem prostoru. Rezultati raziskav so neposredno uporabljeni v izobraževalnem procesu in v študijskih programih vseh smeri in stopenj (dodiplomski univerzitetni in visokošolski strokovni ter podiplomski študijski programi).

Znanstvenoraziskovalno delo, aplikativno raziskovanje in razvojno delo zajemajo:

- temeljne in aplikativne raziskave,
- razvojne raziskave,
- usposabljanje mladih raziskovalcev,
- mednarodne projekte,
- strokovno dejavnost, svetovanje, analize in
- prenos znanja v industrijo.

Temeljni raziskovalni program Fakultete za strojništvo je vključen v nacionalni raziskovalni program Republike Slovenije, v mednarodne raziskovalne projekte, vključuje pa tudi raziskovalno in strokovno delo za industrijo oziroma za zunanje naročnike. Za strateško načrtovanje, vodenje in pravočasno zaključevanje temeljnih in aplikativnih raziskav skrbi dekanat fakultete.

Osnovna organizacijska enota za izvedbo raziskovalnega dela je katedra, ki praviloma vključuje raziskovalne skupine in laboratorije. Laboratoriji so osrednje celice za izvedbo temeljnih, aplikativnih in razvojnih projektov v sodelovanju s priznanimi evropskimi raziskovalnimi ustanovami. Številni izdelki slovenskih in evropskih podjetij vključujejo inovativne dosežke raziskovalcev in študentov Fakultete za strojništvo.

Študenti zaključnih letnikov dodiplomskih študijskih programov imajo možnost vključevanja v raziskovalno delo, kar je eno pomembnejših meril uspešnosti in kakovosti študija. Sodelovanje pri izvedbi raziskovalnih projektov je za študente najboljši način za zavedanje o interdisciplinarni povezavi strojništva z drugimi znanstvenimi področji, na primer z mikroprocesorsko tehnologijo, elektroniko, ekologijo, kemijo, informatiko, logistiko, biotehnologijo, nekaterimi vejami medicine itd.

V nadaljevanju je predstavljen kratek pregled raziskovalne in razvojne dejavnosti Fakultete za strojništvo. Opisani so laboratorij in centri, ki delujejo na Fakulteti za strojništvo.

PODROČJA RAZISKAV

1. ENERGETSKO, PROCESNO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO
2. KONSTRUIRANJE IN OBLIKOVANJE
3. TEHNOLOGIJA MATERIALOV
4. MEHANIKA
5. PROIZVODNO STROJNIŠTVO
6. TEKSTILNI MATERIALI IN OBLIKOVANJE
7. TEMELJNO IN SPLOŠNO PODROČJE

1. ENERGETSKO, PROCESNO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva deluje 7 laboratorijev in 1 center:

LABORATORIJ:	VODJA:
1.1 Laboratorij za energetske sisteme in naprave	Jure Marn
1.2 Laboratorij za motorje z notranjim zgorevanjem	Aleš Hribernik
1.3 Laboratorij za toplotne stroje in tehniške meritve	Aleš Hribernik
1.4 Laboratorij za prenosne pojave v tekočinah in trdninah	Jure Ravnik
1.5 Laboratorij za procesno inženirstvo in računalniško dinamiko tekočin	Matjaž Hriberšek
1.6 Laboratorij za termodinamiko, zgorevanje in okoljsko inženirstvo	Niko Samec
1.7 Laboratorij za turbinske stroje	Ignacijo Biluš
1.8 Center za senzorsko tehniko	Aleksandra Lobnik



Predstojnik Katedre za energetska, procesna in okoljska inženirstva

red. prof. dr. Matjaž Hriberšek

E-naslov: matjaz.hribersek@um.si

Tel.: 02 220 7772

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/>

1.1 LABORATORIJ ZA ENERGETSKE SISTEME IN NAPRAVE



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Jure Marn

E-naslov: jure.marn@um.si

Tel.: 02 220 7773

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/sl/c/laboratorij-za-energetske-sisteme-in-naprave>

Laboratorij deluje na področju prenosnih pojavov, kot je prenos toplote in procesnih pojavov, na primer uparjanje in kondenzacija, ter na področju energetike na splošno. Odlična kadrovska zasedba laboratorija omogoča odlično znanstvenoraziskovalno in razvojno delo na področju načrtovanja in izvedbe energetskih sistemov oziroma posameznih naprav na področju energetike ter na področju določevanja udobja, ogrevanja in hlajenja oziroma HVAC-sistemih ter na področju smotrne rabe energije, določevanja varnosti in zanesljivosti energetskih sistemov in naprav. V zadnjem času posegamo tudi na področje medicine, še posebej pri prenosu toplote in termoregulaciji ter uporabi dinamične termografije za diagnosticiranje različnih obolenj. Cilj naših raziskav je nadaljnji razvoj energetskih sistemov in naprav z večjo učinkovitostjo ter preciznostjo in občutljivostjo

na področju medicine kot termoregulacija človeka in dinamična termografija, saj le tako lahko pridemo do parametrov opazovanega sistema. Imamo ekspertna znanja in orodja za izvedbo teoretičnih, analitičnih, numeričnih in eksperimentalnih študij s poudarkom na analizi prenosnih pojavov, kot je prenos toplote in energije, ki jih lahko apliciramo na različne sisteme, kot so energetske naprave, in tudi na človeka.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Termokamera FLIR T430sc Teledyne FLIR LLC

FLIR T430sc je prenosna termokamera za delo na terenu, in sicer resolucije 320 x 240 pikslov, temperaturno območje merjenja je od -20 °C do 650 °C z občutljivostjo NETD <30 mK oziroma natančnost ± 2 °C ali 2 %. Frekvenca zajemanja je 60 Hz, leča 25° (18 mm).



Termokamera FLIR A655sc Teledyne FLIR LLC

FLIR A655sc je laboratorijska termokamera za bolj natančno merjenje površinske temperature, in sicer resolucije 640 x 480 pikslov, temperaturno območje merjenja je od -40 °C do 650 °C z občutljivostjo NETD <30 mK oziroma natančnost ± 2 °C ali 2 %. Frekvenca zajemanja je do 200 Hz, z dvema lečama; 25° (24,6 mm) in 15° (88,9 mm).

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Razvoj matematično-fizikalnih modelov energetskih sistemov in naprav za določitev učinkovitosti sistema oziroma določitev procesnih parametrov.
- Določitev varnosti in zanesljivosti energetskih sistemov.
- Izvedba numeričnih simulacij v energetiki in procesnem inženirstvu na področju prenosa toplote.
- Razvoj novih eksperimentalnih meritev in določitev iskanih procesnih parametrov v energetiki na podlagi reševanja inverznih problemov.
- Razvoj novih metod diagnostike v medicini z uporabo dinamične termografije in inovativnih pristopov za kontrolirano termoregulacijo človeka.
- Izvedba meritev temperatur in toplotnih izgub pri energetskih sistemih in napravah na terenu.
- Energetske analize in pregledi.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

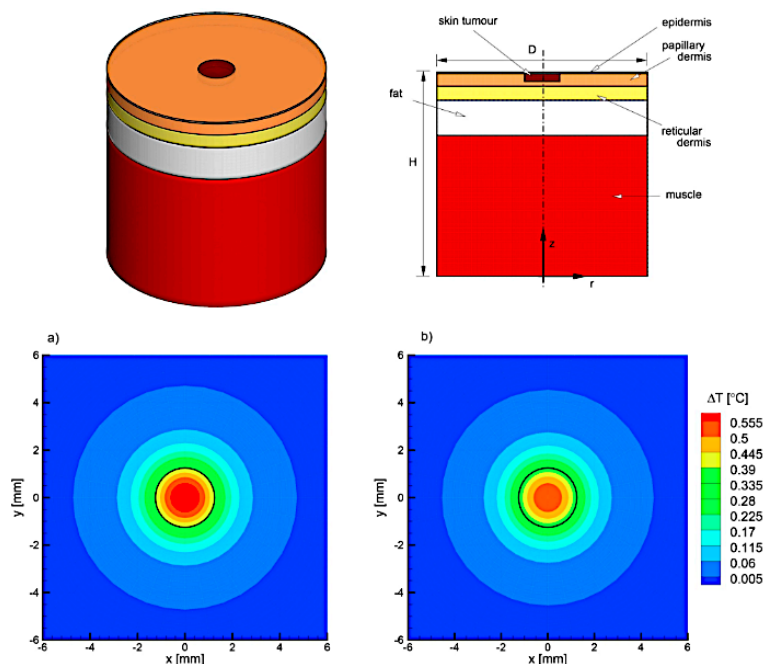
- IJS – Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- UCLA Samueli School of Engineering, Los Angeles, Kalifornija, ZDA
- Brunel Univerza, London, Združeno kraljestvo

SODELOVANJE S PODJETJI

Energetika Maribor, d. o. o., A&E Europe, d. o. o., Eolka, proizvodnja električne energije, d. o. o., Izotech, d. o. o., Premogovnik Velenje, d. o. o., Ministrstvo za okolje in prostor – Uprava za jedrsko tehniko, Filo, d. o. o., STS - Solarni Termo Sistemi, d. d., NEK – Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o., Cimos, d. d., ZEN energija, d. o. o., Turna, d. o. o., Talum, d. d.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Raziskovanje na področju prenosnih pojavov, kot je prenos toplote na področju medicine, lahko pomembno vpliva na razvoj novih diagnostičnih metod, kot je uporaba dinamične termografije za diagnostiko različnih obolenj; kožni rak, rak dojke, vaskularne bolezni idr. Tako smo v laboratoriju **razvili hitro napredno numerično metodo na osnovi metode robnih elementov MRE za simulacijo bioprenosa toplote z upoštevanjem termoregulacije**. To pa je pomemben korak pri reševanju inverznih problemov oziroma razvoju novih diagnostičnih metod.



PUBLIKACIJE

- GOMBOC, Timi, ILJAŽ, Jurij, WROBEL, Luiz C., HRIBERŠEK, Matjaž, MARN, Jure. Design of constant temperature cooling device for melanoma screening by dynamic thermography. *Engineering analysis with boundary elements*. April 2021, vol. 125, str. 66–79. ISSN 0955-7997. DOI: 10.1016/j.enganabound.2021.01.009.
- ILJAŽ, Jurij, WROBEL, Luiz C., GOMBOC, Timi, HRIBERŠEK, Matjaž, MARN, Jure. Solving inverse bioheat problems of skin tumour identification by dynamic thermography. *Inverse problems*. Feb. 2020, vol. 36, no. 3 (035002), str. 1–29. ISSN 1361-6420. DOI: 10.1088/1361-6420/ab2923.
- ILJAŽ, Jurij, WROBEL, Luiz C., HRIBERŠEK, Matjaž, MARN, Jure. Numerical modelling of skin tumour tissue with temperature-dependent properties for dynamic thermography. *Computers in Biology and Medicine*. [Print ed.]. Sep. 2019, vol. 112, str. 1–15. ISSN 0010-4825. DOI: 10.1016/j.combiomed.2019.103367.
- MARN, Jure, CHUNG, Mo, ILJAŽ, Jurij. Relationship between metabolic rate and blood perfusion under Fanger thermal comfort conditions. *Journal of Thermal Biology*. [Print ed.]. Feb. 2019, vol. 80, str. 94–105. ISSN 0306-4565. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.002.
- ILJAŽ, Jurij, ŠKERGET, Leopold, ŠTRAKL, Mitja, MARN, Jure. Optimization of SAE formula rear wing. *Strojniški vestnik*. May 2016, vol. 62, no. 5, str. 263–272, si 49, ilustr. ISSN 0039-2480. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-ISW7GJ25>, DOI: 10.5545/sv-jme.2016.3240

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- DOLENC, Sašo, DEMŠAR, Jurij, ULAGA, Aljaž, ŠTREMFEJL, David, TRDIČ, Francelj, MARN, Jure. Fiberizing apparatus and method of melt fiberization: patentna prijava : WO 2015116005 (A1), 2015-08-06. [Paris]: World Intellectual Property Organization (WIPO): International application published under the Patent Cooperation Treaty (PCT), 2015. str. 27.
- MARN, Jure. Postopek in naprava za lokalno ohlajanje: patent št. SI 24560 A, datum objave 30. 6. 2015, št. prijave 201500022, datum prijave 9. 2. 2015. [Ljubljana]: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015. [I], str. 10, ilustr.
- MARN, Jure, BRODAR, Renato. Postopek in naprava za nesimetrično dobavo toplote in hladu: patent št. SI 24549 A z dne 29. 5. 2015; patentna prijava št. P-201500017 z dne 6. 2. 2015. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015. str. [18].
- MARN, Jure. Postopek in naprava za zviševanje tlaka v reciklacijskem območju: patent št. SI 24536 A z dne 29. 5. 2015; patentna prijava št. P-201500028 z dne 13. 2. 2015. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015. str. [11].

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Hidravlični transport pastastih materialov. Premogovnik Velenje, d. o. o., 2000–2002.
- Uporabnost programov za računalniško dinamiko tekočin za simulacijo termodinamičnih pojavov v Nuklearni elektrarni Krško. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, 2005.
- Hidravlična analiza vodnih kolektorjev. STS – Solarni Termo Sistemi, d. d., 2006.
- Tok preko vdolbin segmentiranih plošč bobna. Filo, d. o. o., 2015.
- Izvedba pregleda parnega kotla s termografsko kamero. A&E Europe, d. o. o., 2017.
- Energetski pregled podjetja A&E Europe, d. o. o, A&E Europe, d. o. o., 2017.
- Ocena hrupa polja vetrnih elektrarn. Eolka, proizvodnja električne energije, d. d., 2018.
- Analiza delovanja sistema daljinskega ogrevanja na Pobrežju, Energija Plus, d. o. o., 2018.

1.2 LABORATORIJ ZA MOTORJE Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM

1.3 LABORATORIJ ZA TOPLITNE STROJE IN TEHNIŠKE MERITVE



Vodja laboratorijev

red. prof. dr. Aleš Hribernik

E-naslov: ales.hribernik@um.si

Tel.: 02 220 7731

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/sl/c/laboratorij-za-toplotne-stroje-in-tehniske-meritve>

Člani laboratorija izvajajo tako eksperimentalne kot računalniško podprte raziskave toka snovi in preobrazbe energije v motorjih z notranjim zgorevanjem, ki so ključni deli sistemov za pridobivanje električne energije in toplote. Posebna pozornost je namenjena raziskovanju pridobivanja alternativnih goriv iz odpadne plastike ter njihovi uporabi za pogon motorjev, s poudarkom na vplivu procesa vbrizgavanja goriva in tvorbi škodljivih emisij. Laboratorij razpolaga z lastno opremo za računalniško podprte meritve temperature, tlaka, pomika in pretoka snovi v različnih obratovalnih pogojih, pri čemer aktivno razvijamo tehnologije za zajemanje, obdelavo podatkov ter krmiljenje in regulacijo osnovnih parametrov procesov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Preskuševališče za motorje z notranjim zgorevanjem

Preskuševališče je sestavljeno iz dveh motorskih zavor Zoellner B-150 AC in Zoellner B-350 AC. Motorski zavori omogočata vrtilne hitrosti do 6500 min^{-1} in maksimalni navor 1000 Nm in 2000 Nm. S preostalo merilno opremo lahko med delovanjem motorjev merimo pretok zraka, porabo goriva, temperature in emisije. Prav tako izvajamo indikacijo tlaka v valju motorja. Pri tem uporabljamo piezoelektrični tlačni senzor z nabojnim ojačevalnikom in računalniško podprto merilno opremo NI.



Preskuševališče za mehanske visokotlačne vbrizgalne sisteme Friedmann & Maier

Preskuševališče Friedmann & Maier je namenjeno testiranju klasičnih linijskih tlačilk dizelskih motorjev. Sistem je dodatno opremljen s številnimi senzorji (tlak, hod igle in temperatura) in povezan z merilno opremo NI. Tako je mogoče računalniško zajemanje in obdelava podatkov meritev.



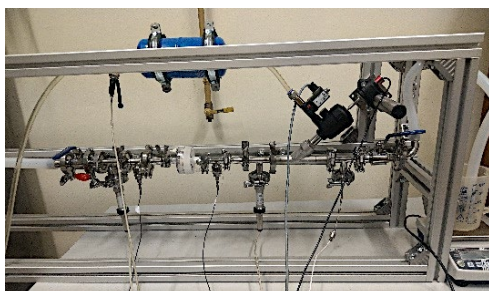
Visokotlačna komora za snemanje razvoja curka

Komora je plod lastnega znanja in je zasnovana tako, da omogoča snemanje razvoja curka goriva pri pogojih, ki vladajo v zgorevalni komori dizelskega motorja v času vbrizgavanja goriva (tlaki do 60 barov). Komora omogoča optični dostop iz štirih smeri in ima ločen dovod za inertni plin (N_2). Komoro lahko uporabljamo skupaj s preskuševališčem za mehanske visokotlačne vbrizgalne sisteme ali s preskuševališčem za vbrizgalne sisteme s skupnim vodom.



Laboratorijski pirolizni reaktor

Reaktor omogoča izvedbo termičnega razpada različnih polimernih, kompozitnih ali naravnih materialov. Sistem omogoča izvedbo procesov v inertni atmosferi (npr. N_2) pri temperaturah do 450 °C. Dovod toplote poteka prek električnega grelnika, ki omogoča regulacijo temperature v reaktorski komori. Sistem je računalniško krmiljen (LabVIEW) ter omogoča računalniško zajemanje in obdelavo podatkov meritev temperature.



Merilni sistem za merjenje tlačnih nihanj in obremenitev filtrov

Sistem je bil razvit za farmacevtsko industrijo za namen validacije procesa mikrofiltracije in analize faktorjev, ki vplivajo na obremenitev filtrov zaradi delovanja hitro zapornih ventilov. Sistem deluje na determinističnem sistemu NI cRIO 9047 in omogoča nastavljanje delovanja ventilov in merjenje hoda ventila, tlačnih valovanj, temperature in pretoka tekočine.



F-5000 E-Instruments prenosni analizator emisij izpušnih plinov

Analizator je zasnovan za spremljanje avtomobilskih emisij in je idealen za nastavitve in vzdrževanje motorja, preverjanje pred skladnostjo in diagnostiko vozil. F5000 vključuje računalniško programsko opremo za beleženje podatkov v realnem času s povezavo Bluetooth. Omogoča analiziranje sledečih plinskih komponent izpušnih plinov O_2 , CO_2 , CO , HC , NO in NO_x .

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Razvoj namenskih merilnih aplikacij in merilnih sistemov na področju strojništva na osnovi merjenja temperature, tlaka, pomikov in frekvence, deformacij ter hitrosti in pretoka snovi.
- Analiza vplivov uporabe alternativnih goriv na energetske in emisijske karakteristike motorjev z notranjim zgorevanjem.
- Izdelava energetskih ocen izrabe odvečne toplote iz energetskih in procesnih postrojev z uporabo toplotnih prenosnikov, toplotnih črpalk (mehanskih ali absorpcijskih) in krožnih procesov z organskim delovnim sredstvom.

- Izdelava bilanc tokovnih izgub v pretočnih poljih hidroelektrarn zaradi hidravličnih uporov rešetk in akumuliranih plavin.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

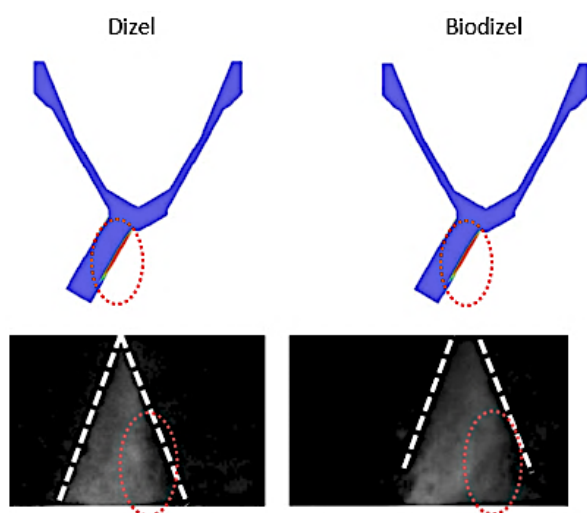
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- University of Jaén, Jaén, Španija
- Univerza v Sarajevu, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Univerza na Reki, Reka, Hrvaška
- Energetska agencija za Podravje, Maribor, Slovenija
- Dravske elektrarne Maribor, Maribor, Slovenija
- E-zavod, Slovenija

SODELOVANJE S PODJETJI

IBE, d. o. o., HSE Invest, Simpos, d. o. o., LEK, d. o. o., RTI, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Raziskava pojava kavitacije v vbrizgalni šobi



Raziskava obravnava vpliv lastnosti goriv na pojav kavitacije znotraj vbrizgalne šobe dizelskega motorja in na proces primarnega razpada vbrizganega curka goriva. Del študije, ki obravnava pojav kavitacije znotraj vbrizgalne šobe, je bil izveden numerično s pomočjo programa AVL FIRE. Proces primarnega razpada curka pa je bil spremljan eksperimentalno z uporabo visokotlačne komore za vbrizg goriva in hitre kamere. Za obdelavo slik, pridobljenih s hitro kamero, je bila v programskem okolju LabVIEW razvita inovativna metoda, ki omogoča določanje dolžine in kota vbrizganega curka goriva. Dobljeni rezultati nakazujejo, da ima geometrija vbrizgalne šobe velik vpliv na pojav kavitacije ter da male spremembe v lastnostih goriva nimajo pomembnega vpliva na kot in dolžino curka. Iz primerjave numeričnih in eksperimentalnih rezultatov

sledi, da ima pojav kavitacije v izvrtini vbrizgalne šobe pomemben vpliv na primaren razpad curka, ki je pospešen v področju pojava kavitacije.

PUBLIKACIJE

1. BOMBEK, Gorazd, HRIBERNIK, Aleš. Flow behaviour in vented brake discs with straight and airfoil-shaped radial vanes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of automobile engineering*. First published online December 23, 2022, str. 1–17. ISSN 0954-4070. DOI: 10.1177/09544070221143623.
2. HRIBERNIK, Aleš, BOMBEK, Gorazd, FIKE, Matej. Phase-resolved PIV for investigating rotating stall within an axial fan. *Flow measurement and instrumentation*. Dec. 2019, vol. 70, str. 1–8, ilustr. ISSN 0955-5986. DOI: 10.1016/j.flowmeasinst.2019.101659.
3. LEŠNIK, Luka, PALOMAR TORRES, A., TORRES JIMÉNEZ, Eloisa, MATA, C., VOLMAJER VALH, Julija, KEVORKIJAN, Luka, BILUŠ, Ignacijo. The effect of HDPE and LDPE pyrolytic oils on cavitation formation in a common-rail diesel injector. *Fuel*. [Print ed.]. 15 December 2022, vol. 330 (125581), str. 14. ISSN 0016-2361. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.125581.
4. PALOMAR TORRES, A., TORRES JIMÉNEZ, Eloisa, KEGL, Breda, BOMBEK, Gorazd, VOLMAJER VALH, Julija, LEŠNIK, Luka. Catalytic pyrolysis of plastic wastes for liquid oils' production using ZAP USY zeolite as a catalyst. *International journal of environmental science and technology*. Published: 28 February 2022. ISSN 1735-1472. DOI: 10.1007/s13762-022-04023-z.
5. LEŠNIK, Luka, KEGL, Breda, BOMBEK, Gorazd, HOČEVAR, Marko, BILUŠ, Ignacijo. The influence of in-nozzle cavitation on flow characteristics and spray break-up. *Fuel*. [Print ed.]. 15 June 2018, vol. 222, str. 550–560. ISSN 0016-2361., DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.144.

ARIS PROGRAM P2-0196 Raziskave v energetskem, procesnem in okoljskem inženirstvu

1.4 LABORATORIJ ZA PRENOSNE POJAVE V TEKOČINAH IN TRDNINAH



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Jure Ravnik

E-naslov: jure.ravnik@um.si

Tel.: 02 220 7745

Splet: <http://jure.ravnik.si>

Odprta koda: <https://github.com/transport-phenomena>

Laboratorij za prenosne pojave v trdninah in tekočinah deluje na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru. Ukvarjamo se z raziskovanjem narave pojavov, ki zajemajo prenos energije, snovi in gibalne količine. Znanja uporabljamo za načrtovanje in izvedbo rešitev na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva. Jedro našega dela zavzema razvoj numeričnih modelov in simulacijskih orodij za širše področje računske dinamike tekočin. Razvijamo lastne rešitve in hkrati nadgrajujemo in modificiramo komercialna ali odprtokodna orodja z namenom doseganja visoko natančnih in izredno zmogljivih simulacij na področju prenosnih pojavov. Okolju ponujamo razvoj uporabniku prilagojenih matematično fizikalnih modelov na področju procesnega in okoljskega inženirstva, po meri nadgradnjo komercialne ali odprtokodne programske opreme za simulacije v procesnem in okoljskem inženirstvu, šolanje na področju uporabe računske dinamike tekočin, učinkovite rabe visokozmogljive računalniške opreme in učinkovitega ter avtomatiziranega vrednotenja rezultatov simulacij in eksperimentalnih meritev ter izvajanje simulacij in optimizacija inženirskih rešitev na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Razvoj uporabniku prilagojenih matematično fizikalnih modelov na področju procesnega in okoljskega inženirstva.
- Po meri nadgradnja komercialne ali odprtokodne programske opreme za simulacije v procesnem in okoljskem inženirstvu.
- Šolanje na področju uporabe računske dinamike tekočin, učinkovite rabe visokozmogljive računalniške opreme in učinkovitega ter avtomatiziranega vrednotenja rezultatov simulacij in eksperimentalnih meritev.
- Izvajanje simulacij in optimizacija inženirskih rešitev na področju energetskega, procesnega in okoljskega inženirstva.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

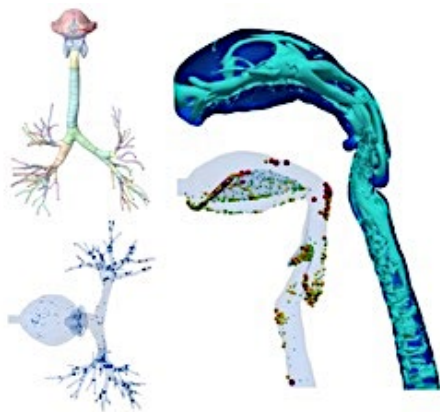
- School of Mechanical Science & Engineering, Huazhong University of Science & Engineering, Kitajska
- Dokuz Eylul University, Izmir, Turčija
- Brno University of Technology, Češka
- Eskişehir Technical University, Eskişehir, Turčija
- Institute ITeCons - The Institute for Research and Technological Development in Construction, Energy, Environment and Sustainability in Coimbra, Univerisdade de Coimbra, Portugalska
- University of Washington Bothell, ZDA
- Gestionale e Meccanica of the Università degli Studi di Udine, Italija
- A. N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems Faculty of the National Technical University (Kharkov Polytechnic Institute), Kharkiv, Ukrajina
- Graz University of Technology, Avstrija
- Wessex Institute of Technology, Ashurst, Velika Britanija
- Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Technische Fakultät, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, Nemčija
- Lehrstuhl für Tehnishemechanik, Technische Fakultät, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, Nemčija
- Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Hrvaška
- University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Hrvaška
- Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen, Universität Stuttgart, Nemčija

SODELOVANJE S PODJETJI

Hella Saturnus, d. o. o., LEK farmacevtska družba, d. d., Novartis, Herz, d. o. o., Hisense – Gorenje, d. o. o., Dravske Elektrarne Maribor, d. o. o., Javna agencija RS za energijo, Plinacro, d. o. o., HERA, VGB – Vodnogospodarski biro Maribor, d. o. o., Cinkarna Celje, d. d., Institut za ekološki inženiring, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Raziskave obnašanja vdihnenih kapljic v človeških dihalnih poteh.



Ob razvoju epidemije covida smo se odzvali in prispevali k razumevanju odlaganja kapljic v človeških dihalnih poteh. Raziskali smo vpliv stopnje aktivnosti, starosti, velikosti prostora in primerjali obnašanje izdihanih kapljic z obnašanjem kapljic, ki nastanejo pri kihanju in kašljanju. Nadalje smo razvili numerični model, ki omogoča simulacije tokov z delci, ki so nesferične oblike. V procesnem in okoljskem inženirstvu se namreč mnogokrat srečujemo s problemi, ki vključujejo gibanje nesferičnih delcev v tekočinah.

PUBLIKACIJE

1. *Powder Technology*, (2024), doi: 10.1016/j.powtec.2024.119526
2. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, (2024), doi: 10.1016/j.cmpb.2024.108203
3. *Physics of Fluids*, (2023), doi: 10.1063/5.0143795
4. *International Journal of Multiphase Flow* (2023), doi: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2022.104283
5. *Computational Particle Mechanics*. (2023) doi: 10.1007/s40571-023-00618-6

ARIS PROGRAM P2-0196 Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Modeliranje tokovnih in temperaturnih razmer v rotirajočih elementih, 1. 7. 2011–30. 6. 2014.
- Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah – turbinah, 1. 2. 2008–30. 1. 2011.
- Numerična simulacija turbulentnega toka s hitrostno vrtnično simulacijo velikih vrtnincev z metodo robnih elementov, 1. 1. 2007–31. 12. 2008.
- DFG research project: A numerical model for translational and rotational momentum transfer of soft deformable micro particles in dilute two-phase flows, 2023–2026.
- BI-TR/22-24-05: Vrednotenje strategij modeliranja nanotekočin v toplotnih prenosnikih, ki delujejo z naravno konvekcijo, 2022–2024.
- BI-CN/20-22-002 Analiza odlaganja aerosolnih kapljic, ki jih vdihujemo z uporabo nebulatorja v človeških dihalnih poteh, 2021–2023.
- DFG research project: A numerical model of translational and rotational momentum transfer of small non-spherical rigid particles in fluid dominated two-phase flows, 2018–2022.
- COST Innovators Grants (CIG): NANOConVEX, <https://nanoconvex.eu/> 2021–2022.
- COST NANOUPTAKE Overcoming Barriers to Nanofluids Market Uptake CA15119.
- BI-HR/18-19-010 Razvoj metode za sklopljeno simulacijo toka tekočine in bioelektromagnetnih pojavov, 2018–2019.
- BI-UA/09-10-011 Razvoj hitre metode robnih elementov za uporabo v mehaniki tekočin, 2013–2014.
- BI-US/15-16-038 Simulacija nanotekočin z metodo robnih elementov, 2015–2016.

ČLANSTVA

- ECCOMAS, <https://eccomas.org>
- ERCOFTAC, <https://www.ercoftac.org>

1.5 LABORATORIJ ZA PROCESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠKO DINAMIKO TEKOČIN



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Matjaž Hriberšek

E-naslov: matjaz.hribersek@um.si

Tel.: 02 220 7772

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/sl/c/laboratorij-za-procesno-inzenirstvo-in-racunalnisko-dinamiko-tekocin>

Raziskovalci in razvojni inženirji imajo pogosto zgolj približno predstavbo, kateri deli naprave niso optimalni, vendar ne vedo natančno, zakaj je tako. V takšnih primerih lahko računalniška simulacija delovanja naprave razkrije vzroke za pomanjkljivosti, kar omogoča inženirjem, da že v procesu razvoja naprave identificirajo te pomanjkljivosti in jih odpravijo ali izboljšajo delovanje naprave. Zlasti pri napravah, ki delujejo s tekočinami (plini ali kapljevini), je optimiranje s klasičnimi inženirskimi pristopi, kot so dimenzijska analiza in eksperimenti na modelih, zelo omejeno uporabno, kar poudarja pomembnost računalniške simulacije pri razvoju teh sistemov. Področje razvoja računalniških metod za simulacijo toka tekočin ter prenosa toplote in snovi v večfaznih sistemih, ki zaznamuje dogajanje v večini procesnih naprav, je tako osrednje področje raziskovalnega dela Laboratorija. Z napredovanjem računalniške moči dostopnih računalniških sistemov se raziskovalno delo v vse večji meri prekriva z razvojnim in raziskovalnim delom za slovensko industrijo, ki vse bolj spoznava dodano vrednost takšnih rešitev, kot tudi za mednarodna podjetja. Izmed številnih primerov dobre prakse izpostavljam razvoj modela sublimacijskega sušenja, ki je osnova razvitega digitalnega dvojčka liofilizatorja za uporabo v farmaciji, model mašenja in obremenitve mikrofiltracijske membrane za izvedbo sterilne filtracije, model razpršilnega sušenja ter razvoj naprednih modelov za analizo toplotne in snovne (vlaga) obremenitve modernih avtomobilskih svetil. Razvoj računalniških modelov podpiramo tudi z validacijo v modernem eksperimentalnem laboratoriju, opremljenem s pomočjo številnih, še posebej pomurskih podjetij.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Čista soba »Cleanroom« Cleangrad

Temperaturno kontroliran prostor za izvajanje testov različnih naprav in postopkov v pogojih z majhno količino delcev v prostoru.



Laboratorijski liofilizator LIO 2000 LFT Kambič, FS UM

Liofilizator za testno sublimacijsko sušenje v pogojih nizkega tlaka (do 5Pa) in nizkih temperatur (do $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Primerno za farmacevtske produkte, živilske produkte, vodne suspenzije trdnih delcev (nanoceluloza, mikrodelci ipd.). Meritev temperaturnega polja v produktu na različnih globinah v snovi. Optimizacija (časovna, temperaturna) postopka z metodami računalniškega modeliranja.



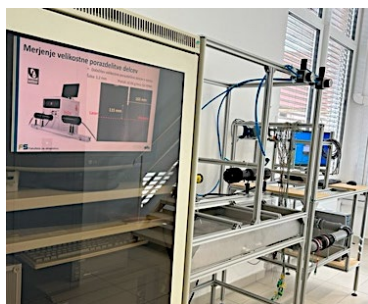
Laboratorijski bobna za oblaganje delcev FS UM

Laboratorijska naprava za oblaganje delcev z vodnimi suspenzijami in raztopinami. Dovod raztopine prek šobe s hkratnim konvekcijskim sušenjem v frekvenčno kontroliranem vrtečem perforiranem bobnu. Možen je razvoj računalniškega modela za izračun oblaganja in sušenja vlažnih poroznih delcev. Vključuje sistem za karakterizacijo velikosti in meritev hitrosti razpršenih delcev ter kapljic v dejanskem času.



Mešalni sistem IKA/ Sušilnik z lebdečim slojem IKA, FS UM

Mešalna naprava za mešanje v mešalnih posodah do 10 l. Uporaba različnih vrst mešal. Ima sistem za aeracijo. Merjenje navora in karakteristike moči za Nenewtonske tekočine. Možna kombinacija s 3D-računalniškim izračunom mešanja. Sušilnik z lebdečim slojem omogoča testiranje hitrosti fluidizacije delcev in sušenje manjših količin vlažnih delcev. Možen je razvoj računalniškega modela za izračun sušenja ciljnega vlažnega poroznega delca.



Ekperimentalni sistem za karakterizacijo mikrofiltrov FS UM

Sistem za merjenje tlačnih razmer v sistemih s filtrom v pogojih neprekinjenega delovanja kot tudi zapiranja/odpiranja ventilov (hidravlični udar). Merjenje karakteristike mašenja filtrov. Možna kombinacija z razvojem računskih modelov za mašenje filtrov in modelov za izračun energijskih obremenitev filtracijskih membran.



Računalniški sistem z računalniško predavalnico Ansys HP/Ansys

Uporaba računalniške gručice FS HPC-CORE, računalniški laboratorij – učilnica s 15 delovnimi postajami. Programi: ANSYS Fluent, Ansys CFX, AVL-FIRE, OpenFOAM.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Razvoj eksperimentalnih in računalniških modelov za testiranje in optimizacijo naprav in postopkov s poudarkom na Računalniški dinamiki tekočin in postopkih v procesnem inženirstvu.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

- Friedrich Alexander University of Erlangen Nürnberg, Erlangen, ZRN
- Huazhong University of Science and Technology (HUST), Wuhan, Kitajska
- University of Udine, Udine, Italija
- Technical University Vienna, Dunaj, Avstrija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- University of Rijeka, Reka, Hrvaška

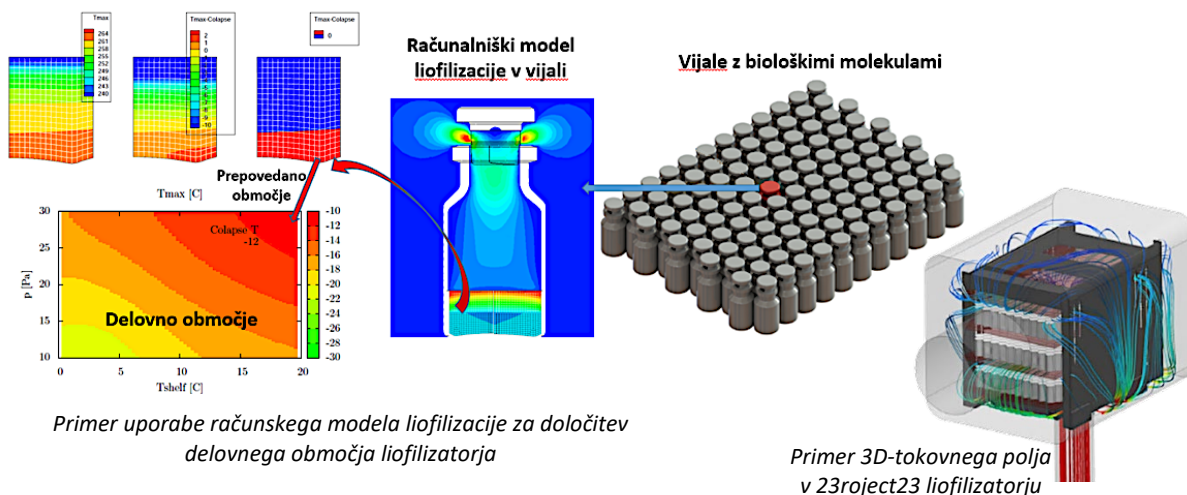
SODELOVANJE S PODJETJI

LEK, d. d., Slovenija; Novartis, d. o. o., Slovenija; Weishaupt GmbH, ZRN; RCPE, Avstrija; Plinacro, Hrvaška; HERA, Hrvaška, Hella Saturnus, Slovenija, Hisense Gorenje, Slovenija, BSH Nazarje, Slovenija; DEM, Slovenija; Nanocrystacell, d. o. o., Slovenija; ROTO, d. o. o., Slovenija; SILKEM, d. o. o, Slovenija; Nanocrystacell, Slovenija.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj računalniškega modela liofilizacije za uporabo v merilnem prenosu v farmacevtski praksi

Modeliranje in simulacije procesa liofilizacije za uporabo pri razvoju in prenosu tehnološkega procesa, razvita v okviru večletnega sodelovanja s podjetjem LEK, omogoča boljše razumevanje in poenostavitev razvoja in prenosa procesa, zmanjšanje stroškov ter zmanjšanje porabe energije, ki se porabi pri procesu liofilizacije. Razviti računski model in virtualna simulacija liofilizacije omogoča hitrejši in stroškovno učinkovitejši razvoj in prenos procesa, in ker razvoj temelji na znanju in razumevanju procesa, je s tem tudi zmanjšano tveganje za napake in probleme pri tehnološkem prenosu na večjo skalo oziroma pri merilnem prenosu. Razviti ciljni računski model procesa v vijali tvori osnovo za prav tako razvit in v praksi preverjen 3D računalniški model celotnega liofilizatorja, preverjenega tako v laboratorijskem merilu (300 vijal) kot v industrijskem merilu (60.000 vijal).



PUBLIKACIJE

1. KAMENIK, Blaž, HRIBERŠEK, Matjaž, ZADRAVEC, Matej. Simulation of ice deposition in a freeze dryer condenser : a computational fluid dynamics study. *Applied thermal engineering*. June 2024, vol. 247, DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2024.123019.
2. RAMŠAK, Matjaž, HRIBERŠEK, Matjaž. Vial wall effect on freeze-drying speed. *Journal of pharmaceutical sciences*. May 2024, vol. 113, iss. 5, DOI: 10.1016/j.xphs.2023.12.005.
3. WEDEL, Jana, STEINMANN, Paul, ŠTRAKL, Mitja, HRIBERŠEK, Matjaž, RAVNIK, Jure. Risk assessment of infection by airborne droplets and aerosols at different levels of cardiovascular activity. *Archives of computational methods in engineering*. [Print ed.]. Oct. 2021, vol. 28, iss. 6, str. 4297–4316.
4. GOMBOC, Timi, ZADRAVEC, Matej, ILJAŽ, Jurij, SAGADIN, Gregor, HRIBERŠEK, Matjaž. Numerical model of three stage spray drying for zeolite 4A – water suspensions coupled with a CFD flow field. *International journal of simulation modelling*. June 2019, vol. 18. DOI: 10.2507/IJSIMM18(2)462.
5. GOMBOC, Timi, ILJAŽ, Jurij, RAVNIK, Jure, HRIBERŠEK, Matjaž. Spherical porous particle drying using BEM approach. *Engineering analysis with boundary elements*. Nov. 2019, vol. 108. DOI: 10.1016/j.enganabound.2019.07.019

ARIS PROGRAM P2-0196 Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Modeliranje liofilizacije. LEK, d. d., 2015–2019.
- Modeliranje filtracije. Novartis, d. o. o., 2019–2023.
- Modeliranje toplotnih razmer v avtomobilskih svetilih. Hella Saturnus, 2008–2023.
- A numerical model of translational and rotational momentum transfer of small non-spherical rigid particles in fluid dominated two-phase flows. DFG (ZRN) raziskovalni projekt, 2018–2022.
- A numerical model for translational and rotational momentum transfer of soft deformable micro particles in dilute two-phase flows. DFG (ZRN) raziskovalni projekt, 2023–2026.
- CFD Lyophilization modeling. RCPE (Avstrija), 2021–2022.
- Numerical simulations of combustion phenomena in an industrial burner by parallel CFD. MAX WEISHAUP GmbH (ZRN), 2020–2025.
- Modeliranje tokovnih in temperaturnih razmer v rotirajočih elementih. ARIS L2-4082, 2011–2014.
- Vzoredne iterativne strategije reševanja problemov računalniške dinamike tekočin prostorskega toka. ARIS Z2-7992, 1998–2001.
- Razvoj hidravličnih karakteristik vodnih turbin. ARIS Z2-7992, 1999–2000.

ČLANSTVA

- GAMM – Gesellschaft für Angewandte Mechanik und Mathematik
- ERCOFTAC – European Research Community on Flow, Turbulence and Combustion
- SDM – Slovensko društvo za mehaniko
- SZE – Slovensko združenje za energetiko

1.6 LABORATORIJ ZA TERMODINAMIKO, ZGOREVANJE IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Niko Samec

E-naslov: niko.samec@um.si

Tel.: 02 220 7733

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/sl/c/laboratorij-za-termodinamiko-zgorevanje-in-okoljsko-inzenirstvo>

Modeliranje, kontrola in preprečevanje vplivov industrijskih in komunalnih onesnaževanj na okolje so pomembne vsebine okoljevarstvenega inženirstva. Na to področje spadajo tudi problemi uporabe novih in alternativnih goriv ter racionalna izraba obstoječih goriv predvsem s stališča povečanja učinkovitosti zgorevanja in zmanjševanja nastajanja škodljivih snovi. Velik del raziskav predstavljata numerično modeliranje in simulacija procesov zgorevanja. Področje uporabe sega v vse vrste industrijskih panog, kjer se pojavljajo problemi z odpadnimi snovmi, ter na področje komunalnih odpadkov, njihovega shranjevanja in okolju neškodljivega uničevanja oziroma recikliranja. Raziskave so pomembne za ohranjanje okolja in zdravja ljudi ter omogočajo trajnostno rabo naravnih virov in zmanjšanje negativnih vplivov industrijskih dejavnosti na okolje.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**Plinski analizator produktov zgorevanja RBR Ecom**

Omogoča izvajanje meritev koncentracij sestavin dimnih plinov.

**TOC analizator**

Omogoča določanje skupnega organskega ogljika v snoveh.

**Bombni kalorimeter IKA C 6000**

Omogoča določanje zgornje in spodnje kurilne vrednosti trdnih goriv in sežigni ostankov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Numerično modeliranje in simulacija procesov zgorevanja plinastih, kapljevih in trdnih goriv.
- Snovanje postopkov čiščenja dimnih plinov.
- Analiza dimnih plinov.
- Termodinamične lastnosti obnovljivih goriv.
- Postopki energijske predelave odpadkov.
- Optimizacija postopkov ravnanja z odpadki.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

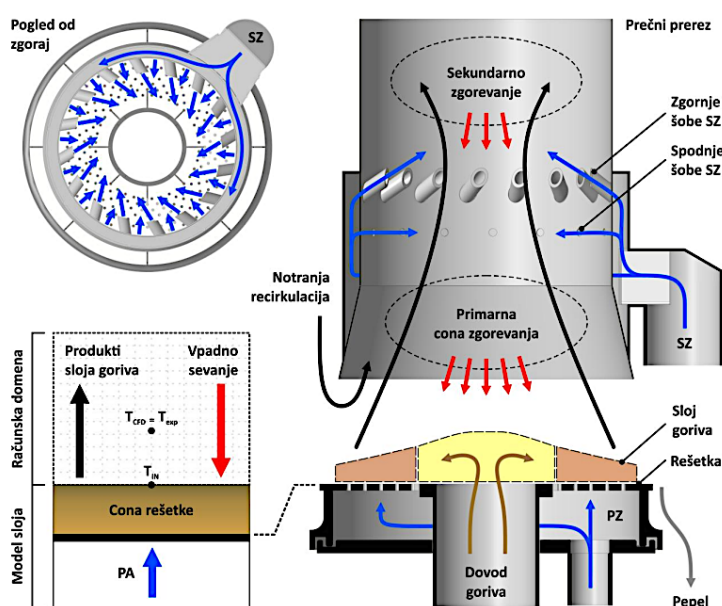
- Univerza v Ljubljani, FS, Ljubljana, Slovenija
- Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenija
- Inštitut za okoljevarstvo in senzorje, Maribor, Slovenija
- Univerza v Zagrebu, FSB, Zagreb, Hrvaška
- Univerza v Beogradu, FS, Beograd, Srbija
- Univerza v Podgorici, FS, Podgorica, Črna gora

SODELOVANJE S PODJETJI

AlpaCem Anhovo, TEŠ, HSE, Energetika Celje, Energetika Maribor, Snaga Maribor, Surovina Maribor, Cinkarna Celje, Valtis Maribor, Voka Celje, Weishaupt Schwendi itd.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvili smo empirično numerični **model stopnjskega zgorevanja manjših delcev trdnih goriv** na cilindrični rešetki, s ciljem zmanjševanja emisij PM₅ in NO_x.



Strategija simulacije zgorevanja po stopnjah

PUBLIKACIJE

1. KOKALJ, Filip, ZADRAVEC, Tomas, JOVOVIĆ, Aleksandar M., SAMEC, Niko. Small wood pellet boiler 3-D CFD study for improved flue gas emissions employing flue gas recirculation and air staging. *Thermal science*. 2023, vol. 27, iss. 1, str. 89–101. ISSN 0354-9836. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=85641>, <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=85641>, DOI: 10.2298/TSCI2301089K. [COBISS.SI-ID 144637187], [JCR, SNIP, WoS, Scopus]
2. ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. The impact of secondary air boundary conditions on CFD results in small-scale wood pellet combustion. *Fuel*. [Print ed.]. 15 September 2022, vol. 324 (124451), str. 19. ISSN 0016-2361. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124451. [COBISS.SI-ID 108600835], [JCR, SNIP, WoS do 2. 9. 2023: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.75, Scopus do 5. 9. 2023: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.75]
3. ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. Influence of air staging strategies on flue gas sensible heat losses and gaseous emissions of a wood pellet boiler: An experimental study. *Renewable energy*. [Print ed.]. Nov. 2021, vol. 178, str. 532–548, ilustr. ISSN 0960-1481. DOI: 10.1016/j.renene.2021.05.150. [COBISS.SI-ID 73900291], [JCR, SNIP, WoS do 26. 8. 2023: št. citatov (TC): 14, čistih citatov (CI): 11, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.75, Scopus do 2. 9. 2023: št. citatov (TC): 16, čistih citatov (CI): 13, čistih citatov na avtorja (CIAu): 3.25]
4. ZADRAVEC, Tomas, RAJH, Boštjan, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko. CFD modelling of air staged combustion in a wood pellet boiler using the coupled modelling approach. *Thermal science and engineering progress*. [Online ed.]. 1 Dec. 2020, vol. 20, [art. no.] 100715, str. 1–13. ISSN 2451-9049. DOI: 10.1016/j.tsep.2020.100715. [COBISS.SI-ID 33172483], [JCR, SNIP, WoS do 12. 8. 2023: št. citatov (TC): 14, čistih citatov (CI): 11, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.75, Scopus do 9. 9. 2023: št. citatov (TC): 20, čistih citatov (CI): 17, čistih citatov na avtorja (CIAu): 4.25]

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- EKART, Janez, KOKALJ, Filip, SAMEC, Niko, BRUMEC, Vilijana, FIŠER, Jure, KROŠLIN, Tadej, POLANEC, Brigita, KURNIK, Natalija, DVORŠAK, Slavko, KOVAČ, Peter. Postopek pridobivanja trdnih goriv z določenimi fizikalno kemijskimi lastnostmi iz nenevarnih odpadnih materialov : patent št. SI 23896 A z dne 30. 4. 2013, patentna prijava št. P-201100389 z dne 29. 9. 2011. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2013. [11, 2] str. [COBISS.SI-ID 16936726]kategorija: SU (S); tip dela je verificiral OSICT.
- OJSTRŠEK, Alenka, ROŠ, Milenko, LOBNIK, Aleksandra, FAKIN, Darinka, SAMEC, Niko. Postopek čiščenja tekstilnih barvalnih odpadnih vod s kombinacijo naravnih nosilcev biomase v biofiltru : patent št. SI22584 (A), 2009-02-28. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2009. [2] f. [COBISS.SI-ID 11844118]kategorija: SU (S); tip dela je verificiral OSICT.

ARIS PROGRAM: P2-0196 Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- ERASMUS + Greenes
- ERASMUS + WamPPP
- Bilateralni projekti s Črno goro, Dansko in Kitajsko

ČLANSTVA

- Inženirska zbornica Slovenije
- Adria Section of Combustion Institute

1.7 LABORATORIJ ZA TURBINSKE STROJE



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Ignacij Biluš

E-naslov: ignacijo.bilus@um.si

Tel.: 02 220 7742

Splet: <http://kepoi.fs.um.si/sl/c/laboratorij-za-turbinske-stroje>

V laboratoriju izvajamo celovite numerične simulacije in laboratorijske eksperimente, ki se osredotočajo na analizo tokovnih pojavov na področju hidravličnih turbinskih strojev. Aktivno raziskujemo pojav kavitacije, kar zajema numerično in eksperimentalno napovedovanje kavitacijskih obratovalnih karakteristik in erozije v kombinaciji z abrazijo delcev.

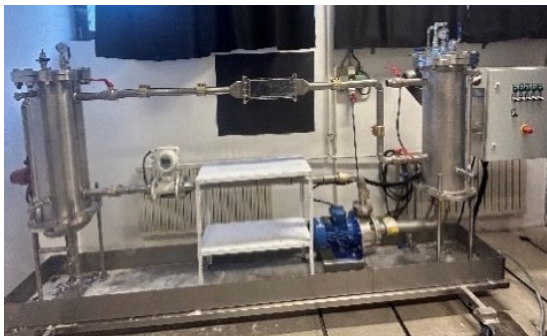
Naše raziskave vključujejo določanje integralnih obratovalnih karakteristik, analizo sekundarnih pojavov ter merjenje vibracij in hrupa v različnih režimih delovanja hidravličnih sistemov. Slednje je pomembno za izboljšanje učinkovitosti hidravličnih strojev, zmanjšanje stroškov obratovanja, povečanje zanesljivosti delovanja in razvoj trajnostnih energetskih sistemov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Postrojenje za merjenje karakteristik ventilatorjev UM FS LTS

Postrojenje omogoča merjenje obratovalnih karakteristik (energijske razlike, volumnskega pretoka, navora, pogonske moči, hidravlične moči, izkoristka) ventilatorjev in puhal do moči 5,5 kW.



Kavitacijska merilna proga Energoconsulting, d. o. o.

Eksperimentalna merilna proga omogoča analizo in vizualizacijo kavitacijskih obratovalnih režimov na potopljenih telesih pri spremenljivih sistemskih tlakih. Na površini potopljenih teles (vstavkov) je možno spremljati oziroma napovedovati kavitacijsko erozijo z metodo barvanja površine vstavka. Merilna proga lahko obratuje tudi s suspendiranimi trdnimi delci, s čimer je mogoče spremljati abrazijo površine zaradi delovanja delcev v toku.



Postrojenje za merjenje karakteristik vodnih črpalk UM FS LTS

Postrojenje omogoča meritev osnovnih in kavitacijskih obratovalnih karakteristik vodnih črpalk do pretoka 63 m³/h in moči do 7,5 kW. Na postrojenju sta možni tudi analiza in vizualizacija kavitacijskih fluktuacij v sesalni cevi črpalke.



Postrojenje za merjenje karakteristik vetrnih turbin UM FS LTS

Postrojenje omogoča določitev osnovnih karakteristik modelnih vetrnih turbin do premera 0,5 m v zunanjem toku. Na rotor vetrne turbine je priključen električni generator z variabilnim navorom in merilnim sistemom za merjenje vrtilne frekvence, navora in električne napetosti ter toka na generatorju.



Merilnik hrupa CR:831B Cirrus Research plc.

Merilnik hrupa CR:831B omogoča meritev hrupa od 21 dB(A) do 140 dB(A) oziroma od 14 dB(Z) do 140 dB(Z).

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Izvedba meritev pretoka, tlaka, vibracij, hrupa na terenu.
- Izvedba meritev obratovalnih karakteristik rotacijskih turbinskih strojev.
- Numerične simulacije v hidravličnih tokovnih sistemih.
- Energetske analize in pregledi.

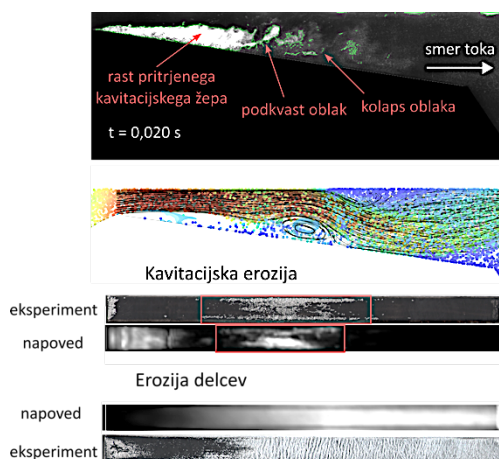
SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- International University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering, Reka, Hrvaška
- University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Srbija
- University of Trieste, Faculty of Civil Engineering, Trst, Italija

SODELOVANJE S PODJETJI

Paloma, d. d., Dravske elektrarne Maribor, d. o. o., Messer Slovenija, d. o. o., Palfinger proizvodnja, d. o. o., Menerga, d. o. o., Bodočnost Maribor, d. o. o., Plineks, d. o. o., Kovinarstvo Bučar, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK



V hidravličnih sistemih pogosto prihaja do poškodb zaradi kavitacije, ki se lahko pojavi v toku ob padcu tlaka in zaradi delcev, ki so lahko prisotni v toku. Za načrtovanje hidravličnih sistemov ima velik pomen ob sposobnosti napovedovanja toka in pojavov v toku z Računalniško dinamiko tekočin (RDT) tudi napoved pojava erozije tako zaradi kavitacije kot zaradi delcev v toku.

Sestavili smo **numerični model, ki omogoča napoved erozije** zaradi kavitacije in delcev v sklopu komercialnega programa za RDT, ter ga validirali na primeru Venturijevega kanala.

PUBLIKACIJE

1. KEVORKIJAN, Luka, LEŠNIK, Luka, BILUŠ, Ignacijo. Cavitation erosion modelling on a radial divergent test section using RANS. *Strojniški vestnik*. 2022, vol. 68, iss. 2, str. 71–81. ISSN 0039-2480. DOI: 10.5545/sv-jme.2021.7364.
2. BILUŠ, Ignacijo, HOČEVAR, Marko, DULAR, Matevž, LEŠNIK, Luka. Numerical prediction of various cavitation erosion mechanisms. *Journal of fluids engineering : Transactions of the ASME*. April 2020, vol. 142, iss. 4, str. 041402-1-041402-8. ISSN 0098-2202. DOI: 10.1115/1.4045365.
3. BILUŠ, Ignacijo, LEŠNIK, Luka. Experimental and numerical analysis of wind turbine model. *Machines, technologies, materials*. [Print ed.]. 2019, year 13, iss. 5, str. 206–209, ilustr. ISSN 1313-0226.
4. BILUŠ, Ignacijo, BIZIAN, Benjamin, LEŠNIK, Luka, ŠIROK, Brane, PEČNIK, Boštjan, DULAR, Matevž. Non-contact method for analysis of cavitating flows. *Ultrasonics*. 2017, vol. 81, str. 178–186, ilustr. ISSN 0041-624X. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=126835>, DOI: 10.1016/j.ultras.2017.03.011.
5. LEŠNIK, Luka, PALOMAR TORRES, A., TORRES JIMÉNEZ, Eloisa, MATA, C., VOLMAJER VALH, Julija, KEVORKIJAN, Luka, BILUŠ, Ignacijo. The effect of HDPE and LDPE pyrolytic oils on cavitation formation in a common-rail diesel injector. *Fuel*. [Print ed.]. 15 December 2022, vol. 330 (125581), 14 str. ISSN 0016-2361. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.125581.

ARIS PROGRAM: P2-0196 Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu

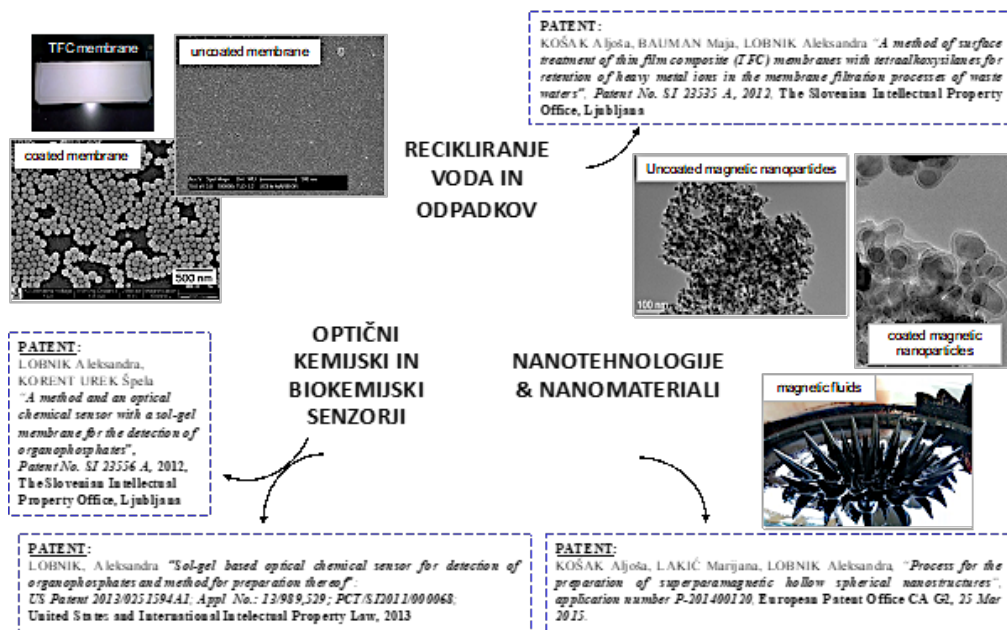
1.8 CENTER ZA SENZORSKO TEHNIKO



Vodja centra
red. prof. dr. Aleksandra Lobnik
 Tel.: 02 220 7912
 E-naslov: aleksandra.lobnik@um.si

Center za senzorsko tehniko (CST), ustanovljen leta 2001 na Fakulteti za strojništvo, se posveča varovanju okolja in zdravja ter opravlja standardizirane okoljske meritve. Specializiran je za razvoj novih metod in senzorjev za določanje ekoloških parametrov odpadnih voda in tehnoloških ter procesnih parametrov v različnih industrijskih sektorjih. Velik poudarek daje razvoju biosenzorjev, mikrosenzorjev in sol-gel nanomaterialov ter njihovi praktični uporabi. CST tudi aktivno sodeluje v prenosu znanja v industrijo prek seminarjev, tečajev ter sodelovanja v nacionalnih in evropskih razvojnih projektih. Organizira izobraževalne dogodke, kot so delavnice, konference in seminarji, med katerimi izstopa konferenca NANOAPP. Sodeluje z različnimi domačimi in mednarodnimi laboratoriji ter inštituti in je del Centra odličnosti za nanoznanost in nanotehnologije, NANOCENTER.

Dejavnosti Centra za senzorske tehnologije (CST) vključujejo področja recikliranja voda in odpadkov, razvoj optičnih kemijskih in biokemijskih senzorskih receptorjev ter razvoj nanomaterialov za okoljske in senzorske aplikacije. CST je kot soavtor prispeval k več kot 30 patentom in patentnih prijavi, od katerih je 15 mednarodnih.



2. KONSTRUIRANJE IN OBLIKOVANJE

Na področju konstrukterstva in oblikovanja deluje 7 laboratorijev:

LABORATORIJ:	VODJA:
2.1 Laboratorij za integriran razvoj izdelkov in CAD	Bojan Dolšak
2.2 Laboratorij za inženirsko oblikovanje	Sonja Šterman
2.3 Laboratorij za strojne elemente in konstrukcije	Nenad Gubelj
2.4 Laboratorij za transportne naprave, sisteme in logistiko	Tone Lerher
2.5 Laboratorij za varjenje	Tomaž Vuherer
2.6 Laboratorij za vrednotenje konstrukcij	Srečko Glodež
2.7 Laboratorij za zahtevne inženirske simulacije in eksperimentiranje	Zoran Ren



Predstojnik Katedre za konstruiranje in oblikovanje

red. prof. dr. Bojan Dolšak

E-naslov: bojan.dolsak@um.si

Tel.: 02 220 7691, 031 659 301

Splet: <https://www.fs.um.si/o-nas/organiziranost/katedre-instituti-centri/katedra-za-konstruiranje-in-oblikovanje/>

2.1 LABORATORIJ ZA INTEGRIRAN RAZVOJ IZDELKOV IN CAD IPD CAD LAB



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Bojan Dolšak

E-naslov: bojan.dolsak@um.si

Tel.: 02 220 7691, 031 659 301

Splet: <https://ipd.fs.um.si/>

Naš laboratorij združuje načela integriranega razvoja izdelkov in računalniško podprtega konstruiranja (CAD) z vizijo postati vodilno središče inovativnega raziskovanja ter izobraževanja na področju računalniško podprtega načrtovanja in celovitega razvoja izdelkov. Naši člani so strokovnjaki z različnih področij, kar nam omogoča optimizacijo razvojnega cikla izdelkov, zmanjševanje stroškov ter povečevanje funkcionalnosti, zmožljivosti in varnosti izdelkov. Sodelujemo z akademskimi in industrijskimi partnerji za premikanje meja na področju integriranega razvoja izdelkov in CAD. Pri svojem delu uporabljamo najnovejšo programsko opremo za razvoj, konstruiranje, oblikovanje, simulacije in testiranje izdelkov. Poleg tega imamo tudi napredno strojno opremo in vire za podporo procesu razvoja izdelkov, kot so 3D-skenerji in tiskalniki, ki omogočajo učinkovito vizualizacijo, analizo različnih rešitev in njihovo stalno izboljševanje.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Creator 4 Flashforge Zhejiang Flashforge 3D Technology Co., Ltd., Kitajska

Gre za visoko zmogljiv 3D-tiskalnik za industrijsko uporabo. 3D-tiskalnik Flashforge Creator 4, opremljen s tremi različnimi izmenljivimi ekstruderji, lahko tiska s fleksibilnimi filamenti, inženirskimi filamenti in kompozitnimi filamenti iz ogljikovih vlaken, kar je dobra izbira za komercialno proizvodnjo. 3D-tiskalnik omogoča 3D-tiskanje z dvema različnima materialoma sočasno, kar omogoča tudi sočasni tisk z uporabo podpor. Flashforge Creator 4 ponuja volumen 3D-tiskanja kar do 400 x 350 x 500 mm.



Atos 2 400 GOM Gom GmbH, Nemčija

Gre za visoko zmogljiv 3D-optični skener, namenjen za prostorsko – 3D-skeniranje objektov (izdelkov). Skener je zasnovan za uporabo v različnih industrijskih aplikacijah, pri čemer lahko koristimo tri različno velike merne volumne in tako dosegamo natančnost skeniranega modela v velikostnem razredu 0,02 mm. Tipične aplikacije skenerja so optična 3D-metrologija, kakovostna kontrola, vzvratno inženirstvo, prostorske vizualizacije.



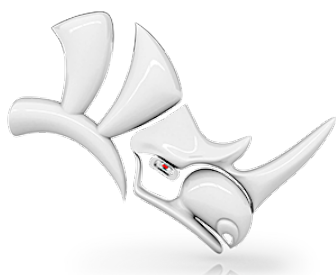
SLS 2 HP HP Inc., ZDA

Ta 3D-skener se uporablja za zajemanje tridimenzionalnih objektov in površin, pri čemer kot posebnost ponuja možnost zajemanja tekstur površine objektov. Skener lahko deluje v 6 različnih mernih volumnih in s samodejnim sestavljanjem skenogramov. Ta naprava je zasnovana za visoko natančno (do 0,05 mm) in hitro skeniranje predmetov, kar je uporabno v različnih industrijskih in oblikovalskih aplikacijah.



Mole 3DMakerPro Shenzhen Jimuyida Technology Co., Ltd., Kitajska

Mole omogoča visoko natančno 3D-skeniranje objektov z natančnostjo do 0,05 mm za zajemanje drobnih podrobnosti. Z enkratnim območjem zajema 200 x 100 mm in hitrostjo skeniranja do 10 FPS lahko hitro poskenira srednje velik objekt. Skeniranje poteka s pomočjo sistema vizualnega sledenja na osnovi umetne inteligence in NIR (Near Infrared) tehnologije, kar omogoča kakovosten zajem predmetov različnih barv in tekstur. Zajete 3D-skene je mogoče izpisati v najpogostejše uporabljene formate datotek 3D OBJ/STL/PLY, ki podpirajo takojšnjo uporabo ali nadaljnjo delo s 3D-skenom.



Lynx 3DMakerPro Shenzhen Jimuyida Technology Co., Ltd., Kitajska

Lynx s posamičnim zajemom 250 x 400 mm in optično stabilizacijo slike ter 1 naprednim vizualnim sledenjem brez markerjev omogoča skeniranje večjih predmetov velikosti tudi do 5000 x 5000 x 5000 mm. Ta 3D-skener zagotavlja natančnost 0,10 mm in ločljivost 0,30 mm, kar omogoča kreiranje natančnih in podrobnih oblakov točk ter tako doseže visoko raven reprodukcije predmetov, primernih za industrijske namene.

Rhinoceros 3D Robert McNeel & Associates, ZDA

Rhino3D je napreden program za površinsko 3D-modeliranje in oblikovanje. Program omogoča natančno modeliranje 3D-objektov in (prostih) površin, ustvarjanje visokokakovostnih renderiranih slik in animacij ter uporabo vizualnega programskega jezika Grasshopper za ustvarjanje parametričnih modelov. Rhino3D verzija 7 ponuja široko paleto orodij za ustvarjalno oblikovanje, kot so na primer orodja za Sub-D modeliranje in orodja za manipulacijo s poligonskimi modeli.



ANSYS Ansys Inc., Canonsburg, Pennsylvania, ZDA je vsestransko zmogljiv programski paket za numerične simulacije, ki omogoča natančne analize različnih mehanskih in fizikalnih sistemov v virtualnem okolju. Program se uvršča med vodilna orodja na področju simulacij trdnin, tekočin, toplotnih procesov in elektromagnetnih pojavov. Z naprednimi funkcijami omogoča izvedbo raznovrstnih simulacij, vključno s statičnimi, dinamičnimi, modalnimi, toplotnimi, elektromagnetnimi in mnogimi drugimi analizami. Poleg tega podpira širok spekter materialnih modelov, kar omogoča natančne simulacije različnih realnih materialov in kompleksnih sistemov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

Laboratorij se pri svojem delu osredotoča na iskanje inovativnih rešitev in se ponaša s svojo zavezanostjo k odličnosti. V okviru laboratorija izvajamo različne razvojne projekte za slovenska podjetja in tako rezultate znanstvenih raziskav prenašamo tudi v širše okolje. Pogosto v te projekte vključujemo tudi študente, ki tako pridobijo dragoceno izkušnjo, medtem ko podjetja pridobijo vpogled v njihove kompetence. Ti projekti ne služijo zgolj prenosu znanja in iskanju tehnoloških rešitev, ampak tudi vzpostavljajo povezavo med študenti in njihovim prihodnjim delovnim okoljem. Pri izvajanju zahtevnejših in obsežnejših razvojnih projektov se povezujemo tudi z drugimi sorodnimi laboratoriji na fakulteti in tako zagotovimo celovitost ponujenih rešitev. V dveh primerih so bili rezultati razvojnih projektov tudi zaščiteni s patentom, pri čemer smo kot izumitelji navedeni tudi člani laboratorija.

Pri nas izveste še več o tem, kako lahko skupaj premagamo vaše razvojne izzive. Naša ponudba storitev in podpore gospodarstvu vključuje:

- oblikovanje in razvoj inovativnih izdelkov,
- računalniško podprto konstruiranje (CAD) in s tem povezane inženirske analize,
- razvoj naprednih materialov na osnovi zelenega mehanskega odziva,
- hitro prototipiranje in 3D-tisk v procesu razvoja izdelka,
- vzvratno inženirstvo in analize izdelkov,
- optimizacijo oblikovanja izdelkov in proizvodnih procesov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

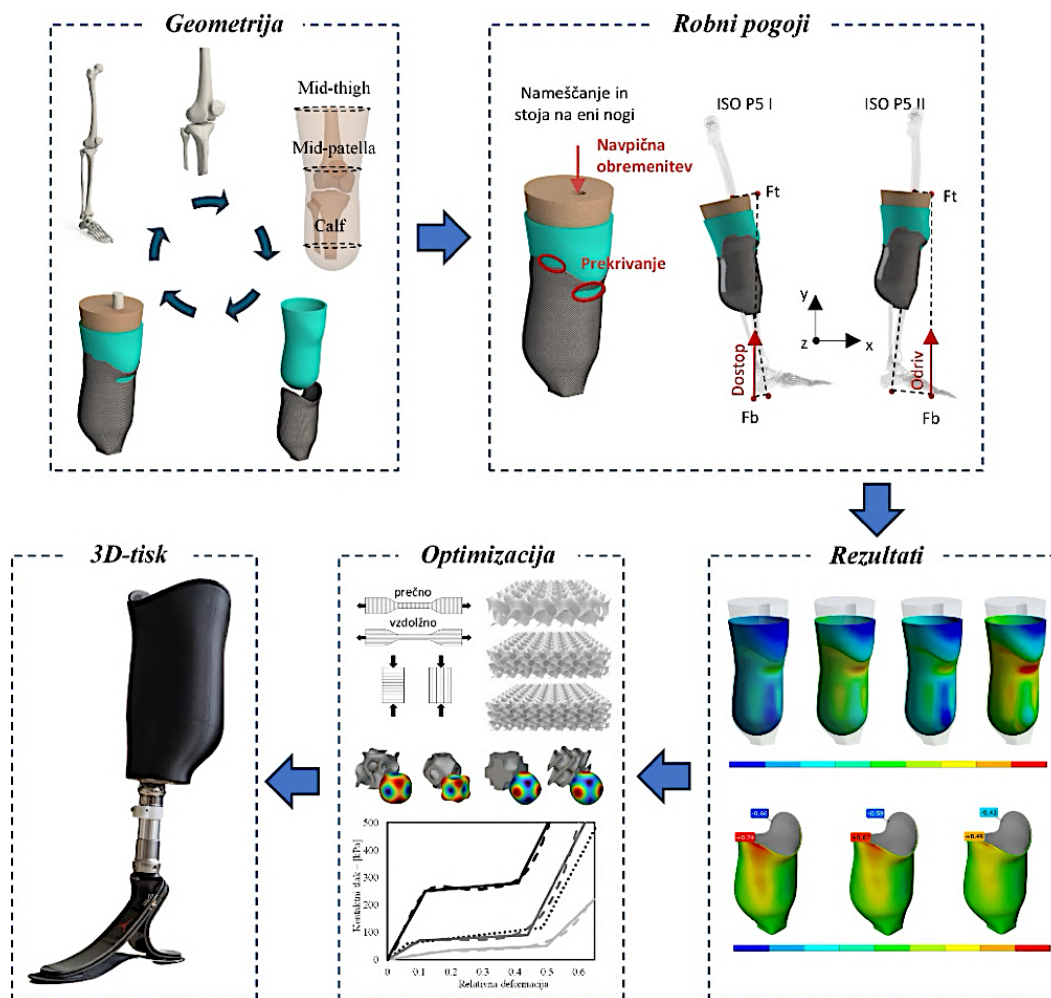
- Center for Engineering Software and Dynamic Testing and Centre for Information Technologies, University of Kragujevac, Srbija
- Lehrstuhl für Angewandte Mechanik, School of Engineering and Design, Technische Universität München, Nemčija
- Department of Mechanical Engineering, Politecnico di Milano, Italija
- Department of Management, Information and Production, Engineering, University of Bergamo, Italija
- AIST - Advanced Industrial Science and Technology, Tokio, Japonska
- Bioengineering Research Group, Manchester University, Manchester, Velika Britanija
- Inštitut za športno medicino, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru, Slovenija
- Univerzitetni klinični center Maribor, Maribor, Slovenija
- Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenija - Soča, Ljubljana, Slovenija
- Centre for Health and Technology, University of Antwerp, Antwerp Belgija
- Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Universität Bayreuth, Bayreuth, Nemčija
- Fakultet strojarstva, računarstva i elektrotehnike, Sveučilište u Mostaru, Mostar, Bosna in Hercegovina
- Mašinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici, Zenica, Bosna in Hercegovina

SODELOVANJE S PODJETJI

Additio, d. o. o., AddiFlex, d. o. o., LEK, d. d., ELAN, d. o. o., GORENJE, d. d., PIŠEK - Vitli KRPAN, d. o. o., KGS Krajnc, d. o. o., ARCONT, d. d., Modularis TECH, d. o. o., MVA, d. o. o., SSR-SUB Sarl, Soltec, d. o. o., Irnas, d. o. o., TVT tirna vozila, d. o. o., Hella Saturnus Slovenija, d. o. o., Livar, d. d., Medicop, d. o. o., Talum, d. d., Alpina, d. d., Aplast, d. o. o., Boxmark, d. o. o., Ergonomske rešitve, d. o. o., Farmtech, d. o. o., Prefa, d. o. o., Isokon, d. o. o., Pokrajinski muzej Maribor, Posl, d. o. o., Svit-Zolar, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Računalniško modeliranje generičnega transtibialnega krna za razvoj protetičnih ležišč in vložkov iz celičnih struktur s pomočjo dodajalnih tehnologij. Razviti generični model omogoča objektivno ocenjevanje numeričnih rezultatov in relativno primerjavo parametrov, kot sta kontaktni tlak in deformacija, ki pomembno vplivata na udobje in stabilnost proteze med uporabo. Z uporabo metode končnih elementov lahko napovemo interakcijo med krnom in protezo v virtualnem okolju, s čimer prispevamo k razvoju novih materialov in oblik protetičnih ležišč in vložkov.



PUBLIKACIJE

1. SLAVKOVIČ, Vukašin, HANŽELIČ, Blaž, PLESEC, Vasja, MILENKOVIČ, Strahinja, HARIH, Gregor. Thermo-mechanical behavior and strain rate sensitivity of 3D-printed polylactic acid (PLA) below glass transition temperature (T_g). *Polymers*. May 2024, vol. 16, iss. 11, DOI: 10.3390/polym16111526.
2. PLESEC, Vasja, HARIH, Gregor. Development of a generic numerical transtibial model for limb-prosthesis system evaluation. *Applied sciences*. Feb. 2023, vol. 13, iss. 4, str. 19, DOI: 10.3390/app13042339.
3. HARIH, Gregor, KALC, Miloš, VOGRIN, Matjaž, FODOR-MÜHLDORFER, Marion. Finite element human hand model: Validation and ergonomic considerations. *International journal of industrial ergonomics*, Sep. 2021, vol. 85 (103186), str. [1]–8, DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103186.
4. CUPAR, Andrej, KALJUN, Jasmin, DOLŠAK, Bojan, HARIH, Gregor. 3D printed deformable product handle material for improved ergonomics. *International journal of industrial ergonomics*, March 2021, vol. 82 (103080), str. [1]–7, DOI: 10.1016/j.ergon.2020.103080.
5. RAY, Tony, KALJUN, Jasmin, STRAŽE, Aleš. Comparison of the vibration damping of the wood species used for the body of an electric guitar on the vibration response of open-strings. *Materials*, 2021, vol. 14, iss. 18, str. 1–13, DOI: 10.3390/ma14185281.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- HUMAR, Jani, KOROŠEC, Albert, GOLJEVŠČEK, Aleksander, GLODEŽ, Srečko, PEHAN, Stanislav. Vozilo: SI 25951 A, 2021-07-30. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2021.
- KRAJNC, Mitja, DOLŠAK, Bojan. Naprava in metoda za praznjenje bagske izkopne zajemalke: SI 23107 A, 2011-01-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011.

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Raziskava uporabnosti stohastičnih in urejenih celičnih struktur na mezo in makroravni v splošnem strojništvu. ARIS BI-BA/24-25-021, 2024–2025.
- Razvoj numeričnega modela človeške roke za ergonomsko oblikovanje izdelkov. Z2-8185, 2017–2019.
- ERGO WORK - Joining academia and business for new opportunities in creating ERGOnomic WORKplaces. LLP Centralised projects, ERASMUS MP, Knowledge Alliances, 2013–2015.
- Ekspertni sistem za inženirske analize po metodi končnih elementov. J2-0600, 1998–2001.

ČLANSTVA

- SLAIS – Slovensko društvo za umetno inteligenco

2.2 LABORATORIJ ZA INŽENIRSKO OBLIKOVANJE 

Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Sonja Šterman

E-naslov: sonja.sterman@um.si

Tel.: 02 220 7966

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-inzenirsko-oblikovanje/>

Interdisciplinarna znanja članov pokrivajo več področij industrijskega oblikovanja in oblikovanje izdelkov po meri, konceptno in ergonomsko oblikovanje, od konstruktivnega do evolutivnega s 3D-skenerjem, aplikacijami s 3D-tiskom in drugimi sorodnimi tehnologijami hitre izdelave.

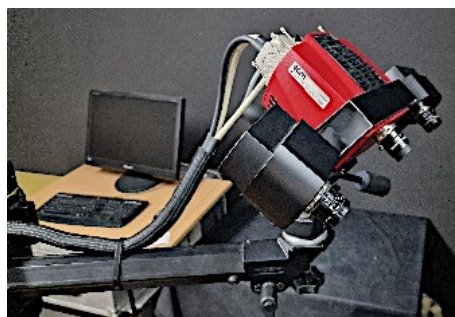
Na področju industrijskega oblikovanja sodelujemo z različnimi podjetji, za katera oblikujemo in modeliramo različne predmete, opravimo 3D-skeniranje, vzvratni inženiring in hitre izdelave prototipov za različne namene, kot so ohišja elektronskih naprav, plastična embalaža, platenke, projektiranje kalupov in orodij za platenke, oblikovanje karoserij za avtomobile in avtomobilske dele, kolesa, kuhinjske in sanitarne armature, arhitekturne prototipe, stole, obutev in dodatke, inovativne pripomočke itd.

Prav tako sodelujemo z muzeji, galerijami ter drugimi institucijami pri ohranjanju kulturne dediščine in pri virtualni predstavitvi 3D-objektov s pomočjo digitalizacije 3D-artefaktov, kot so kipi, reliefi in drugi trodimenzijski objekti. Vpeti smo v projektnih skupinah znotraj podjetij pri razvoju novih izdelkov in pri pregledu merske kontrole velikih objektov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**Svetlobni šotori ProPin**

Svetlobni šotori v obliki kock dimenzij 60, 80 in 150 cm ponujajo enakomerno in mehko osvetlitev za fotografiranje izdelkov manjše in večje velikosti. Je zelo preprost za namestitev, prav tako pa se ga da kompaktno zložiti. Tekstilni material ponuja belo ozadje, podlaga ima vrtljivo dno za lažje premikanje fotografiranih izdelkov. Ob šotorih se uporablja tudi studijska fotografska osvetlitev.

**Atos II 400 GOM GmbH**

Skener služi za natančno 3D-skeniranje objektov. 3D-digitalizacija lahko služi tudi kot metrološka meritev za namen analize odstopanja oblike ali kot 3D-model za nadaljnjo obdelavo, vzvratno inženirstvo ali poustvaritev objekta. Sistem zajema v mernih volumnih 135 mm, 350 mm in 1200 mm, odvisno od paketa leč. Je kompatibilen in komplementaren s fotogrametričnim sistemom TRITOP, ki omogoča zajem večjih objektov z večjo točnostjo in opsijsko dodaja barvno teksturo zajetemu objektu.



GOM Tritop fotogrametrična kamera GOM GmbH

TRITOP je digitalna 3D-fotogrametrična kamera, ki omogoča 3D-digitalizacijo točk v prostoru ter določenih linij in robov, ki jih predhodno umestimo na objekt. Sistemu ATOS omogoča podlago 3D-referenčnih prostorskih točk, na katere ATOS dodaja 3D-skenograme.



HP SLS 2 HP

HP SLS 2 je 3D-skener, ki se uporablja za zajemanje tridimenzionalnih objektov in površin. Posebnost tega skenerja je možnost zajemanja tekstur površine objektov. Skener lahko deluje v različnih mernih volumnih in s samodejnim sestavljanjem skenogramov. Ta naprava je zasnovana za visoko natančno (do 0,05 mm) in hitro skeniranje predmetov, kar je uporabno v različnih industrijskih in oblikovalskih aplikacijah.



Lynx 3D scanner 3DMakerPro Skener s posamičnim zajemom 250 x 400 mm in optično stabilizacijo slike ter naprednim vizualnim sledenjem brez markerjev omogoča skeniranje večjih predmetov velikosti do 5000 x 5000 x 5000 mm. 3D-skener omogoča natančnost 0,10 mm in ločljivost 0,30 mm, kar omogoča kreiranje natančnih in podrobnih oblakov točk ter tako doseže visoko raven reprodukcije predmetov, primernih za industrijske namene.



Metashape Agisoft je programska oprema za fotogrametrijo in ustvarjanje tridimenzionalnih modelov. Program omogoča združevanje več posnetkov istega objekta ali območja za ustvarjanje natančnih digitalnih modelov terena, 3D-modelov in teksturiranih površin. Lahko zajemamo slike iz različnih virov, kot so zračni posnetki, satelitske slike ali fotografije s kamero. Obdelamo in analiziramo jih za različne namene: geodezijo, arheologijo, gradbeništvo, geologijo in druge panoge, ki zahtevajo natančno 3D-modeliranje iz slik.



3D-tiskalnik Sermoon D1 Creality

Deluje s tehnologijo FFF. V delovnem volumnu 270 x 250 x 310 mm lahko iz plastičnih materialov PLA, ASA, TPU in PETG izdela bolj ali manj kompleksne izdelke.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Oblikovanje serijskih in unikatnih izdelkov za naročnike
- 3D-skeniranje
- 3D-tisk
- 3D-modeliranje
- 3D-vizualizacija
- Vzratni inženiring
- Ohranjanje kulturne dediščine

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Pokrajinski muzej Maribor, Maribor, Slovenija
- Pokrajinski muzej Celje, Celje, Slovenija
- Pokrajinski muzej Murska Sobota, Murska Sobota, Slovenija
- Sveučilište Sjever, Varaždin, Hrvaška
- Nottingham Trent University, Nottingham School of Art & Design, Nottingham, Združeno kraljestvo
- Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Universität Bayreuth, Bayreuth, Nemčija
- Fakultet strojarstva, računarstva i elektrotehnike, Sveučilište u Mostaru, Mostar, Bosna in Hercegovina
- Mašinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Akademija likovnih umjetnosti, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici, Zenica, Bosna in Hercegovina

SODELOVANJE S PODJETJI

Sinch Adria, d. o. o., Ergonomske rešitve, d. o. o., Farmtech, d. o. o., Isokon, d. o. o., Medicop, d. o. o., Alpina, d. d., Boxmark, d. o. o., Prefa, d. o. o., Pokrajinski muzej Maribor, Svit-Zolar, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI/UMETNIŠKI DOSEŽEK

Pri oblikovanju za naročnike smo sodelovali z razvojno skupino podjetja Farmtech, d. o. o., in oblikovali **prikolico za raztros organskih gnojil**. Srednji razred enoosnih in dvoosnih trosilnikov Superfex od 6 do 12 ton skupne mase je namenjen za optimalno trošenje vseh organskih gnojil v kmetijstvu. Odlikuje jih visoka učinkovitost, natančnost in večnamenska uporabnost. V Laboratoriju za inženirsko oblikovanje smo koncipirali zunanost, bočne linije in zadnji pokrov prikolice. Spremenjena je tudi nosilna konstrukcija podvozja skupaj z geometrijo vzdolžnega nosilca, ki v novem dizajnu omogoča lažje čiščenje in vzdrževanje, hkrati pa, ob prihranku materiala, ponuja višjo togost prikolice.



PUBLIKACIJE

1. HARIH, Gregor, KALJUN, Jasmin, DOLŠAK, Bojan. Influence of product interface material stiffness on human tactile perception during a grasping task. *Applied sciences*. Sept. 2022, vol. 12, iss. 17 (8867), str. 11, ilustr. ISSN 2076-3417. DOI: 10.3390/app12178867. [COBISS.SI-ID 120501507]
2. RAŠOVIĆ, Nebojša, ČEKIĆ, Ahmet, KALJUN, Jasmin. Design and simulation of the controlled failure of custom-built rigid shaft coupling. *International journal of simulation modelling*. Sept. 2022, vol. 21, no. 3, str. 383–394. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM21-3-596. [COBISS.SI-ID 120515587]
3. RAY, Tony, KALJUN, Jasmin, DOLŠAK, Bojan. Numerical model application to predict the sound quality of an instrument. *International journal of simulation modelling*. Dec. 2021, vol. 20, no. 4, str. 696–706. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM20-4-580. [COBISS.SI-ID 89035779]
4. RAY, Tony, KALJUN, Jasmin, STRAŽE, Aleš. Comparison of the vibration damping of the wood species used for the body of an electric guitar on the vibration response of open-strings. *Materials*. 2021, vol. 14, iss. 18, str. 1–13, ilustr. ISSN 1996-1944. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/18/5281>, <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=131617>, DOI: 10.3390/ma14185281. [COBISS.SI-ID 76586755]
5. RAY, Tony, KALJUN, Jasmin, ŽVEPLAN, Ervin, STRAŽE, Aleš. Selection of wood based on acoustic properties for the solid body of electric guitar. *Archives of Acoustics*. 2019, vol. 44, no. 1, str. 51–58, ilustr. ISSN 2300-262X. <http://acoustics.ippt.gov.pl/index.php/aa/article/view/2287>. [COBISS.SI-ID 3007113]

ARRS PROGRAM

P2-0123 – Oblačilno inženirstvo in tekstilni materiali

P2-0063 – Konstruiranje celičnih struktur

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Redesigning PPE: enhancing the comfort and safety of healthcare workers wearing isolation gowns to treat patients with COVID-19'. AHRC AH/V015842/1, 1. 2. 2021–31. 7. 2022.
- ARACNE - Advocating the Role of silk Art and Cultural heritage at National and European scale. HORIZON-CL2-2022-HERITAGE-01-02, 1. 3. 2023–28. 2. 2026.
- Raziskava uporabnosti stohastičnih in urejenih celičnih struktur na mezo in makro nivoju v splošnem strojništvu. ARIS BI-BA/24-25-021, 2024–2025.

2.3 LABORATORIJ ZA STROJNE ELEMENTE IN KONSTRUKCIJE



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Nenad GubeljakE-naslov: nenad.gubeljak@um.si

Tel.: 02 220 7661

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-strojne-elemente-in-konstrukcije/>

Vrhunsko usposobljen tim strokovnjakov in najsodobnejša infrastruktura laboratorija omogočata izvedbo znanstvenih raziskav ter razvojnega in strokovnega dela na področju karakterizacije mehanskih lastnosti ter napetostno-deformacijskega obnašanja strojnih elementov, konstrukcijskih komponent in naprav. Med široko paleto ciljev posebej izpostavljam razvoj novih eksperimentalnih metod za spremljanje degradacije materiala in določanje mejnih stanj komponent. S tem želimo razviti konstrukcijske komponente z izboljšano statično in dinamično lomno odpornostjo ter zagotoviti varno obratovanje ključnih konstrukcijskih sistemov skozi celotno obdobje obratovanja. Pri doseganju zastavljenih ciljev se opiramo na numerične trdnostne analize heterogenih materialov, ki jih eksperimentalno verificiramo ter razvijamo metode in sisteme za spremljanje in diagnostiko stanja materiala konstrukcij. To predstavlja povratno zanko v sistemu strojnega učenja in prenosa umetne inteligence na stroje in naprave. Poleg tega laboratorij gradi in vzpostavlja različne nadzorne sisteme za zgodnjo diagnostiko degradacije stanja materiala konstrukcijskih komponent ter razvija eksperimentalne metode in postopke za verifikacijo in analizo teoretičnih in numeričnih rezultatov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**HBM 50 Rotech**

HBM 50 je računalniško podprt stroj za balansiranje osi, gredi in diskov z maso do 50 kg, ki omogoča eno- in dvoosno balansiranje gredi v skladu s standardom ISO 1940-1.

**ROUGOSURF 10-G TESA**

Rougosurf 10-G je prenosni in vsestranski merilnik hrapavosti, ki se lahko uporablja v delavnici za vhodni pregled ali v laboratoriju. To ročno orodje omogoča meritev in določitev več parametrov hrapavosti, ki se lahko uporabljajo v številnih aplikacijah.



HARTIP 1500 Bulutmak

HARTIP 1500 je prenosni merilec trdote, ki se lahko uporablja za hitro meritev trdote na različnih kovinskih materialih ter podaja rezultate, ekvivalentne parametrom HV, HRC in HRB.



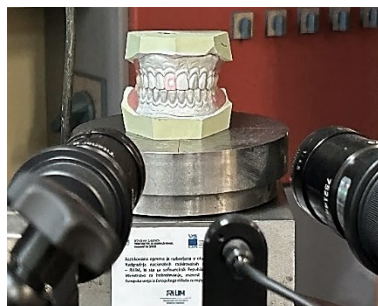
LEICA TS30 Leica-Geosystems

Leica TS 30 je laserski merilni sistem za meritev koordinat točk v prostoru, ki omogoča natančno meritev dimenzij večjih konstrukcijskih komponent na večjih razdaljah.



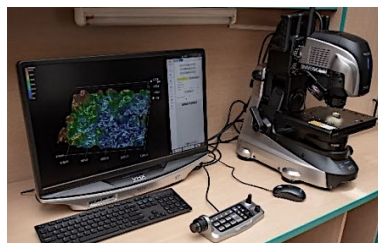
PULSTEC 360 mm Pulstec Industrial Co., Ltd.

Pulstec 360 mm je naprava za natančno brezkontaktno meritev zaostalih napetosti na površini materiala. Naprava omogoča meritev zaostalih napetosti na jeklu, železu, aluminiju in aluminijastih zlitinah ter zvarnih spojih.



ARAMIS 12M Carl Zeiss GOM Metrology GmbH

ARAMIS 12M merilna oprema za stereo-optično spremljanje deformacij na površini materiala. Stereo-optični sistem ARAMIS 12M omogoča spremljanje pomikov, deformacij in napetosti na površini materiala med testiranjem pod obremenitvijo s hitrostjo snemanja od 25 do 100 slik na sekundo z 12 mio merilnih točk. Na osnovi DIC (Digital Image Correlation) tehnike sistem vrši popolno avtomatično merjenje premikov in deformacij v opazovanem polju od 80 x 60 mm² do 910 x 675 mm². Sistem omogoča merjenje in analizo 3D-pomikov izbranih diskretnih točk.



KEYENCE VHX 7000 Keyence Ltd.

Digitalni stereo-mikroskopa Keyence VHX 7000 omogoča sinhronizirano z drugimi sistemi spremljanje sprememb na površini materiala med testiranjem pod obremenitvijo do povečave x200 oziroma na stacionarnem stavivu s povečavo x 6000. Vzorci se pregledujejo na stacionarnem stavivu z motorizirano x-y koordinatno mizo in rotirajočo glavo za samodejno menjavo povečav z objektivni ter polarizacijskimi in DIC-filtri.



MATELECT DCM 2 MATELECT Ltd UK

To je mikroprocesorski inštrument za merjenje globine razpok v kovinah med obremenjevanjem. Uporablja metodo pulznega enosmernega toka (DCPD), ki je že dobro uveljavljena tehnika in je zajeta v standardu ASTM 647. Tehnika vključuje prehod konstantnega toka skozi preskušano kovino in merjenje nastalega padca napetosti, ki nastane na vzorcu. Prisotnost naraščajoče napake bo to napetost spremenila in z ustreznim umerjanjem lahko dobimo meritev dolžine razpoke ali globine napake.



OPTOMET Vibrometer Optomet GmbH Darmstadt

Infrardeči laserski vibrometer je namenjen merjenju vibracij na strojnih komponentah in napravah. Zasnovan je na tehnologiji digitalnega infrardečega kratkovalovnega valovanja z valovno dolžino 1550 nm in izhodno močjo 10 mW. Lasersko kratkovalno infrardeče skeniranje izvaja s pomočjo Mach-Zehnedrjevega interferometra, obdelavo podatkov na osnovi Field-Programmable Gate Arrays-FPGA pa v realnem času. Sistem vrši generiranje signala iz nabora vnaprej določenih funkcij ali z lastno funkcijo. Sistem je sposoben vizualizirati v živo s 3D-animacijo in vizualizacijo vibracij v enotočkovnem načinu.



MTS servo-hidravlični stroji za enoosna in dvoosna testiranja MTS System USA s samostoječima aktuatorjema omogočajo statična in dinamična testiranja na nizki in povišani temperaturi na standardnih in nestandardnih preizkušancih iz različnih materialov ter strojnih komponent. Inštaliran je MTS sistem z dvema samostoječima agregatoma za ± 250 kN in ± 100 kN ter dva fleksibilna aktuatorja s kapaciteto ± 100 kN, vsi s pomikom ± 75 mm, ki sta pritrjena na skupno horizontalno platformo. Hidravlični agregati imajo bočne hidravlične ležaje, kar omogoča testiranje izven centralne osi pri dodatnih bočnih reakcijskih silah in s tem testiranje komponent, ki so prostorsko vpete na različnih mestih.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Laboratorij ponuja tudi strokovno podporo gospodarstvu z izvajanjem meritev v laboratoriju ter na strojih in konstrukcijah med obratovanjem. Prav tako laboratorij za potrebe gospodarstva razvija mehanske sisteme, stroje in naprave z ustreznimi pogoni in senzorji.
- Ocena celovitosti strojnih komponent in konstrukcij.
- Analiza porušitve strojev in naprav.
- Določitev mehanskega obnašanja inženirskih materialov in komponent, ki so izpostavljene nizkocikličnemu in visokocikličnemu obremenjevanju v območju od -40 °C do $+175$ °C temperature.
- Mehanska karakterizacija lomnega obnašanja materialov v skladu s standardi za utrujanje ASTM E-647, testiranje lomne žilavosti ASTM E-399 in odpornostnih krivulj ASTM E-1820.
- Snovanje standardnih in nestandardnih testiranj v skladu z različnimi potrebami naročnikov ter razvoj nove merilne opreme, tehnologije in postopkov.
- Razvoj opreme za spremljanje stanja konstrukcij glede na deformacijsko in vibracijsko obnašanje med obremenjevanjem.
- Zasnova postopkov nadzora in pregleda konstrukcij v primeru ugotovljenih napak ali prisotnosti razpok v skladu s postopki in standardi ISO in EU.
- Numerično modeliranje, optimizacija topološke geometrije naprav in komponent na področju medicine ter za splošne strojne in konstrukcijske namene.
- Brezkontaktna meritve zaostalih napetosti na površini materialov in konstrukcijskih komponentah.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- University of Arizona, Tucson, ZDA
- University of Gent, Gent, Belgija
- Université Paris PSL, Mines Pariz, Francija
- Xidan University, X'ian, LR Kitajska
- University of Zenica, Faculty of Mechanical Engineering, Zenica, Bosna in Hercegovina
- University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Beograd, Srbija
- University of Kragujevac, Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac, Srbija
- University of Zagreb, Faculty of Mechanical and Naval Engineering, Zagreb, Hrvaška
- University of Rijeka, Technical Faculty, Reka, Hrvaška
- University of Mar del Plata, Faculty of Mechanical Engineering, Mar del Plata, Argentina
- University of Stuttgart, Institute of Materials Testing, Stuttgart, Nemčija
- Budapest University of Technology and Economics-BME, Budimpešta, Madžarska
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- University of Michoacan, Faculty of Mechanical Engineering, Morelia, Mehika
- Mechanical Engineering Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moskva, Rusija
- Sveučilište Sjever-UNIN, Varaždin, Hrvaška
- Metalna jezgra Međimurja, Čakovec, Hrvaška
- RMIT Melbourne, Melbourne, Avstralija
- UNIVERSITY OF PRINCETON, Department of Civil and Environmental Eng., Princeton, ZDA

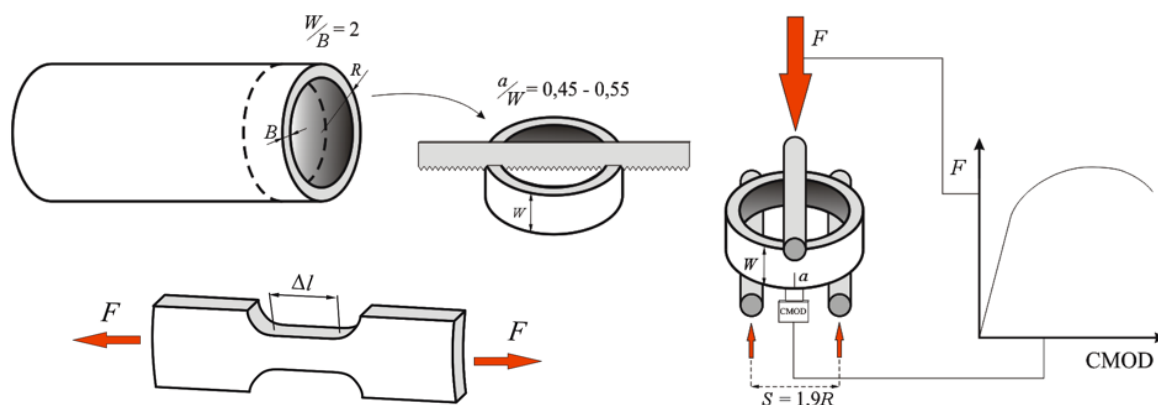
SODELOVANJE S PODJETJI

ARCONT, d. o. o., Gornja Radgona, C&G d. o. o., Ljubljana, DEM d. o. o., Maribor, ELAN, d. d., Begunje, ELES, d. o. o., Ljubljana, FARMTECH, d. o. o., Ljutomer, GKN, d. o. o., Zreče, Talum, d. d., Kidričevo, Končar, d. o. o., Zagreb, Lagerhof, d. o. o., Podplat, Ledinek Engineering, d. o. o., Hoče, Livarna, d. d., Maribor, Doring Hytronic, d. o. o., Muta, MR, d. o. o., Maribor, Steklarna Rogaška, d. o. o., Rogaška Slatina, Slovenske železnice, d. o. o., Ljubljana, Calcit, d. o. o., Kamnik, TCG Unitech, d. o. o., E-inženiring, d. o. o., Ljubljana, Operato, d. o. o., Maribor.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Postopek za določitev lomnomehanskih parametrov z uporabo obroča ($R \leq 700$ mm).

Skupaj z Raziskovalnim inštitutom za mehaniko Ruske federacije je bil razvit in patentiran postopek za določitev lomne žilavosti tankostenih cevnih materialov, ki je uspešno uporabljen v reaktorski tehniki nuklearnih elektrarn, da oceni celovitosti cevovodov v termoelektrarnah.



PUBLIKACIJE

1. FAŠUN, Gašper, CHAPETTI, Mirco Daniel, GUBELJAK, Nenad. *Fatigue integrity analysis of a howitzer cannon by using a fracture mechanics approach. Engineering fracture mechanics. [Print ed.]. Nov. 2023, vol. 292, [article no.] 109672, 13 str. ISSN 0013-7944. DOI: 10.1016/j.engfracmech.2023.109672. [COBISS.SI-ID 169989891], [JCR, SNIP, WoS, Scopus].*
2. MILKOVIĆ, Marijana, NJEGOVEC, Matej, PREDAN, Jožef, JAVORNIK, Jure, DONLAGIĆ, Denis, GUBELJAK, Nenad. *Monitoring surface state of AA7075-T6 during dynamic loading with FBG sensor. International journal of simulation modelling. Dec. 2023, vol. 22, no. 4, str. 631–642. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM22-4-663. [COBISS.SI-ID 177641987], [JCR, SNIP].*
3. CHAPETTI, Mirco Daniel, GUBELJAK, Nenad, KOZAK, Dražan. *Intrinsic fatigue limit and the minimum fatigue crack growth threshold. Materials. Sept. 2023, vol. 16, iss. 17, [article no.] 5874, str. 1–20, ilustr., graf. prikazi. ISSN 1996 944 DOI: 10.3390/ma16175874. [COBISS.SI-ID 163221251].*
4. GUAN, Yu, LI, Wei, HUANG, Dongmei, GUBELJAK, Nenad. *A new LBFNN algorithm to solve FPK equations for stochastic dynamical systems under Gaussian or Non-Gaussian excitation : an introduction. Chaos, solitons and fractals. [Print ed.]. August 2023, vol. 173 (113641), str. 12. DOI: 10.1016/j.chaos.2023.113641. [COBISS.SI-ID 155656963].*
5. TOMERLIN, Damir, KOZAK, Dražan, FERLIČ, Luka, GUBELJAK, Nenad. *Experimental and numerical analysis of fracture mechanics behavior of heterogeneous zones in S690QL1 grade high strength steel (HSS) welded joint. Materials. Oct. 2023, vol. 16, iss. 21, [article no.] 6929, str. 31, ilustr. ISSN 1996-944. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=86434>. [COBISS.SI-ID 171432195], [JCR, SNIP, WoS, Scopus].*

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- GUBELJAK, Nenad. Method for determining additional mechanical loads of a transmission power line conductor: European patent specification EP 3 396 348 B1, 2023-05-10. Munich: European Patent Office, 2023. str. 16, ilustr. [COBISS.SI-ID 20704534] patentna družina: EP3396348A1, 2018-10-31; P-201700119, 2017-04-26; SI25126A, 2017-07-31; MA45866A, 2019-06-12.
- MATVIENKO, Yury G., GUBELJAK, Nenad. Modelj dlja opredelenija treščinostojkosti trub: RU 2564696 C1, 10. 10. 2015. Moskva: Federaljnaja služba po intelektualnoj sostvennosti, 2015. loč. pag. [COBISS.SI-ID 19076630], patentna družina: Ruska patentna prijava 2014122236/28(036059), 2. 6. 2014.

ARIS PROGRAM: P2-0137: Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Novi računalniško podprti koncepti testiranja loma in utrujenosti ter postopki ocenjevanja za večmaterialne in večplastne sisteme. COMET projekt, 2017–2021.
- Razvoj tehnik za karakterizacijo novih materialov »NoMaTec«. COMET projekt 2022–2026.
- Multiscale Numerical Modelling and Experimental Investigation of Ageing Processes in Sintered Structural »MultiSintAge«. Projekt Croatian Science Foundation, 1. 11. 2019–30. 4. 2023.

ČLANSTVA

- ESIS – European Structure Integrity Society
- ASTM – American Standards for Testing Materials
- CIGRE – International Council on Large Electric Systems

2.4 LABORATORIJ ZA TRANSPORTNE NAPRAVE, SISTEME IN LOGISTIKO



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Tone Lerher

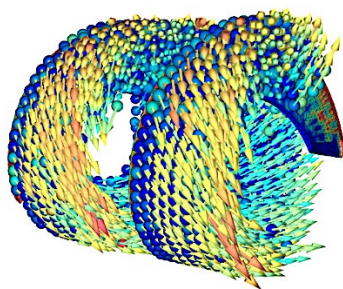
E-naslov: tone.lerher@um.si

Tel.: 02 220 7725

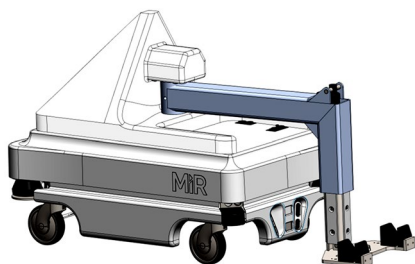
Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-transportne-naprave-sisteme-in-logistiko/>

Laboratorij za transportne naprave, sisteme in logistiko (LTN) deluje na področju razvoja in konstruiranja transportnih in dviznih naprav ter skladiščno-komisionirnih sistemov. Težišče temeljnega raziskovalnega dela laboratorija LTN obsega razvoj sodobnih analitičnih in numeričnih modelov za analize in optimiranje transportnih, dviznih, mobilnih robotskih in skladiščno-komisionirnih sistemov. Industrijske (aplikativne) raziskave so usmerjene v razvoj in konstruiranje prototipov transportne in dvizne tehnike, skladiščno-komisionirnih sistemov, logistične analize toka materiala v intralogistiki, uporabo senzorskih sistemov ter identifikacijo in sledenje logističnim procesom. Pri svojem delu uporabljamo sodobne standarde in tehnične predpise ter specialna računalniško podprta orodja, ki omogočajo razvoj, modeliranje, simulacije, optimiranje in analizo transportne in dvizne tehnike ter skladiščno-komisionirnih sistemov.

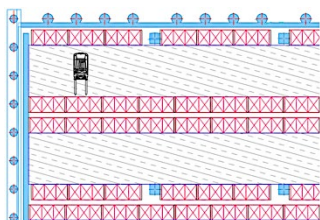
VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



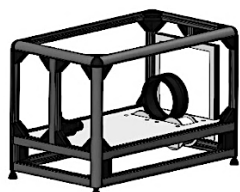
ANSYS ROCKY Synopsys, Inc. je specializirano računalniško podprto orodje za modeliranje in analizo transporta sipkih materialov in prahov ter temelji na metodi diskretnih elementov (DEM; ang. Discrete Element Method). Z orodjem Ansys Rocky lahko natančno proučujemo odvisnosti in relacije med posameznimi delci, ki nastopijo v fazi transporta. Slednje je ključno za razumevanje transporta delcev in povečanje učinkovitosti transportnih sistemov z vidika doseganja zahtevane zmogljivosti, analize mešalnih procesov, merjenja obrabe izpostavljenih delov transporterja, analize odporov pri gibanju transporterja ipd.



SOLID WORKS Dassault Systèmes za konstruiranje in modeliranje transportnih in dviznih naprav je zmogljivo programsko orodje za računalniško podprto načrtovanje CAD. V laboratoriju uporabljamo SolidWorks za oblikovanje različnih inženirskih izzivov s poudarkom na modeliranju transportnih in dviznih naprav ter njihovih sistemov. SolidWorks se odlikuje po več ključnih funkcionalnostih, vključno z možnostjo 3D-modeliranja, ustvarjanjem tehniških risb in načrtov ter izvajanjem strukturnih analiz transportnih in dviznih naprav.



AUTO CAD Autodesk, Inc. za načrtovanje transportno-skladiščnih sistemov je programsko orodje, ki ga v laboratoriju uporabljamo za logistične analize toka materiala pri načrtovanju transportno-skladiščnih sistemov. AutoCAD omogoča prikaz tlorisa (ang. Layout) proizvodno-skladiščnega sistema oziroma logističnih procesov ter izdelavo natančnih tehničnih risb, načrtov in 3D-modelov.



Naprava za karakterizacijo sipkih snovi z rotirajočim bobnom je bila izdelana v laboratoriju LTN in je namenjena materialni karakterizaciji sipkih snovi, kar vključuje analizo dinamike nasipnega kota, kohezijskega indeksa in notranjega trenja. Uporablja se za določevanje lastnosti sipkih snovi pri transportu.

V laboratoriju se uporabljajo tudi lastna programska oprema in moduli, ki so razviti v okviru API Application Programming Interface. Slednje omogoča dodatno prilagajanje in izboljšanje naših orodij za optimalno delovanje v specifičnih projektih.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Načrtovanje, modeliranje in optimizacija intralogističnih sistemov.
- Analiza toka materiala intralogističnih sistemov.
- Numerične simulacije sipkega materiala in praškov z metodo diskretnih elementov DEM.
- Načrtovanje in konstruiranje transportnih in dvignih naprav ter njihovih sistemov.
- Izdelava strokovnih mnenj s področja transportno-skladiščnih sistemov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI USTANOVAMI

- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- University of Belgrade, Beograd, Srbija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- Cracow University of Technology, Cracow, Poljska
- University of West Bohemia, Bohemia, Češka
- Tomas Bata University, Zlin, Češka
- Vilnius Gediminas Technical University, Vilna, Litva
- Saarland University, Saarland, Nemčija
- Technische Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt, Nemčija
- Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška
- Yuan Ze University, Taoyuan City, Tajvan
- Texas State University, San Marcos, ZDA
- North Carolina State University, Chapel Hill, ZDA
- Oregon State University, Corvallis, ZDA
- Cranfield University, Cranfield, Združeno kraljestvo
- Granutools Rue Jean Lambert Defrêne, Awans, Belgija

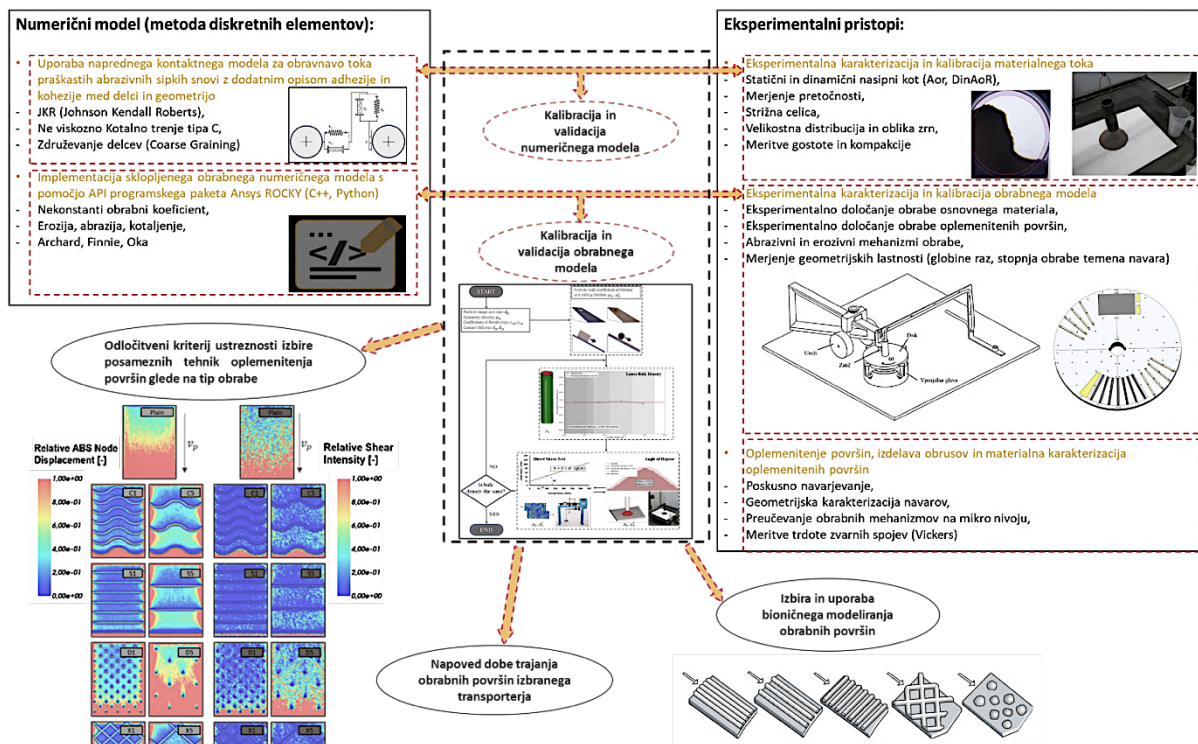
SODELOVANJE S PODJETJI

Pišek Vitli-Krpan, d. o. o., ETRA, d. o. o., Štore Steel, d. o. o., Siemens, d. o. o., SICK, d. o. o., ter drugimi podjetji s področja transportno-skladiščnih sistemov.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Model za napovedovanje obrabe in dobe trajanja transportnih sistemov za sipke snovi.

Za zagotavljanje natančnih in zanesljivih napovedi obrabe oplemenitenih površin ter pričakovane dobe trajanja transporterjev smo razvili kalibriran numerični model, namenjen analizi različnih transportnih sistemov za sipke snovi. Numerični model temelji na metodi diskretnih elementov (DEM) in je podprt z eksperimentalnimi analizami z vidika kalibracije in materialne karakterizacije oplemenitenih površin in sipkih snovi.



PUBLIKACIJE

- MOTALN, Marko, LERHER, Tone. Innovative approaches to wear reduction in horizontal powder screw conveyors : a design of experiments-guided numerical study. Applied sciences. April 2024, vol. 14, iss. 7, [article no.] 3064, str. 24, ilustr. ISSN 2076-3417. DOI: 10.3390/app14073064.
- EKREN, Banu Y., LERHER, Tone, KÜÇÜKYAŞAR, Melis, JERMAN, Boris. Cost and performance comparison of tier-captive SBS/RS with a novel AVS/RS/ML. International Journal of Production Research. 2023, str. 1–15, ilustr. ISSN 0020-7543. DOI: 10.1080/00207543.2023.2199101.
- KOSANIĆ, Nenad, MAROLT, Jakob, ZRNIĆ, Nenad Đ., LERHER, Tone. Travel time model for multiple-deep shuttle-based storage and retrieval systems. International Journal of Production Research. 2023, str. 1–34, ilustr. ISSN 0020-7543. DOI: 10.1080/00207543.2023.2221750.
- HERCOG, Darko, LERHER, Tone, TRUNTIČ, Mitja, TEŽAK, Oto. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. Sensors. July 2023, vol. 23, iss. 23, [article no.] 6739, str. 20. ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s23156739.
- BENČAK, Primož, HERCOG, Darko, LERHER, Tone. Indoor positioning system based on bluetooth low energy technology and a nature-inspired optimization algorithm. Electronics. 2022, vol. 11, iss. 3, str. 1–27, ilustr. ISSN 2079-9292. DOI: 10.3390/electronics11030308.

ARIS PROGRAM: P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Napredni intralogistični sistemi: Integracija avtomatiziranih vertikalnih dviznih modulov in avtomatiziranih regalnih skladiščnih sistemov z mobilnimi robotskimi vozički. BI-NO/20-22-012 Bilateralni SLO-NO raziskovalni projekt, 2020–2022.
- Izboljšanje notranje in distribucijske logistike z uporabo transportnih podatkov v oskrbni verige. Bilateralni SLO-LT raziskovalni projekt BI-LT/20-22-012, 2020–2022.

ČLANSTVA

- Slovenski inštitut za standardizacijo SIST – SIST/TC DTN Dvigalne in transportne naprave.
- Mednarodno strokovno društvo Verein Netzwerk Logistik VNL, Avstrija.

2.5 LABORATORIJ ZA VARJENJE



Vodja laboratorija
doc. dr Tomaz Vuherer, IWE, IWI-c
 E-naslov: tomaz.vuherer@um.si
 Tel.: 02 220 7677
 Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-varjenje/>

V laboratoriju disponiramo z odlično raziskovalno opremo ter posebnim znanjem na področju testiranja materialov in zvarnih spojev, kar nam omogoča izvedbo znanstvenih raziskav in razvojnih aktivnosti na področjih zvarov, materialov in tehnologij varjenja. Naš temeljni fokus je na karakterizaciji zvarov in spojev, zlasti kovinskih, polimernih in kompozitnih materialov. Cilji naših raziskav so oblikovanje in optimizacija varilnih tehnologij ter doseganje želenih mehanskih, tehnoloških in metalurških lastnosti zvarjenih in spojenih materialov skozi celotno življenjsko dobo zvarnega spoja. Naš laboratorij je specializiran za izvajanje različnih mehanskih preizkusov, mehaniko loma, utrujanje materialov in analizo rasti razpoke, kar potrjuje naša odlična ekspertiza na področju preizkušanja materiala in zvarnih spojev.

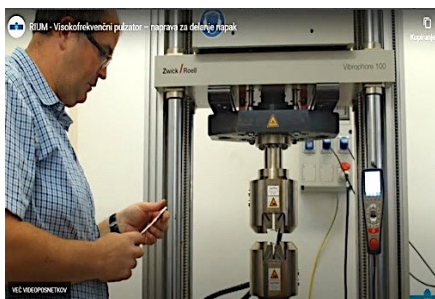
VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Varmig 271-i LCD (MAG, MIG, FCAW, REO); **Vartig 221 AC/DC** (TIG, REO); **VPS 4000** (MAG/MIG/FCAW REO); **Weldbee 500L** (MAG/MIG/FCAW/REO) **Daihen Varstroj**; **AVP A13, Rade Končar 1000 A** (EPP) **AVP**

Komplet za plamensko varjenje in rezanje Messer

Oprema omogoča izdelavo zvarnih spojev s postopki REO, MAG, MIG, TIG, EPP, FCAW ter rezanje osnovnega materiala in zvarov.



Vibrophore 100 Zwick je resonančni trgalni stroj z zmogljivostjo 100 kN, ki je namenjen utrujanju materialov, izdelavi S-N krivulj, Vöhlerjevih krivulj s frekvencami do 100 Hz. Preskušanje lahko poteka na nateg ali upogib. S prednastavitvijo stroja pa je nanj mogoče izvajati statične natezne, upogibne in strižne preskuse. Prav tako je namenjen lomno mehanskim preskusom, za izdelavo razpok pred preskušanjem, izvedbi lomno mehanskega preskusa ter markiranja po preskusu z utrujanjem. Stroj si delimo z laboratorijem za vrednotenje konstrukcij.



Instrumentirano **Charpy kladivo Amsler RPK 300** z lastnim programom Vuhi-Charpy 2024-ver1 je namenjeno poglobljenemu študiju udarnega preizkušanja, kjer se lahko določi celotna energija za lom, ki se razdeli v energijo za nastanek razpoke in energijo za širjenje razpoke. Prav tako se določita obnašanje materiala med samim lomom in odstotek žilavega loma.



Servo hidravlični trgalni stroj Amsler 20 t Amsler je namenjen statičnemu preizkušanju zvarov in materialov. Na njem je mogoče izvajati natezne, tlačne, upogibne in strižne preskuse zvarov in materialov. Zmogljivost trgalnega stroja je 200 kN in ima natezno področje in tlačno področje. Z lastno instrumentacijo stroja in ekstenziometri je mogoče zajemati signale direktno na računalniku. Na voljo so: - vijajna vpenjala od M6 do M24, okrogla vpenjala od \varnothing 25 mm in ploščata vpenjala do 20 x 50 mm.



Cracktronic 160 Nm Rumul je namenjen merjenju širjenja razpoke v materialu in zvaru pri dinamičnih obremenitvah. Stroj je resonančni, kar omogoča hitro ciklično obremenjevanje materialov s frekvenco do 100 Hz. Na njem je mogoče izdelovati Vöhlerjeve in S-N krivulje za materiale in zvarne spoje. Namenjen je tudi izdelavi razpok za mehaniko loma v fazi predutrujanja in v fazi poutrujanja materiala in zvarov.

Fractomat Rumul v kombinaciji z Rumul Cracktronic 160 Nm omogoča spremljanje rasti razpoke pri različnih dinamičnih obremenitvah v materialih in zvarih. To je mogoče s trganjem folije, ki jo nalepimo na material in omogoča merjenje razpoke na 1 μm natančno. S tem je mogoče določiti hitrost širjenja razpoke in Parisovo krivuljo, kako se razpoka širi skozi določen material ali zvar. Te nam omogočajo napovedovanje preostale dobe trajanja materiala ali komponente, narejene iz tega materiala. Fraktomat je prenosen in ga je mogoče uporabiti tudi na drugih strojih, kot je Vibrophore 100, ali drugje na terenu za spremljanje rasti razpoke pri dinamičnih obremenitvah.



Rotacijski upogibni stroj UBM-200 Zwick je namenjen dinamičnemu obremenjevanju z rotacijskim upogibom za določevanje S-N in Vöhlerjevih krivulj na materialih. Lahko deluje v kontroli pomika ali v kontroli sile pri frekvencah do 85 Hz. Z njim lahko preizkušamo material na utrujanje in z rezultati napovedujemo dobo trajanja ali preostalo dobo trajanja materialov, komponent in zvarov. Stroj zmore obremenitve do 200 Nm. Na stroju pa lahko izdelujemo utrujenostno razpoko na preizkušancih okroglih oblik s prej predpripravljeno zarezo. Nato pa preizkušance uporabimo za mehaniko loma.



Simulator toplotnega cikla varjenja Smitweld 1405 Smitweld

Simulator toplotnega cikla varjenja je odlična izbira za izdelavo mikrostruktur, ki se pojavljajo v toplotno vplivanem področju, kot je na primer grobozrnati del TVP, finozrnati del TVP, interkritičen TVP in podkritičen del TVP. Tako omogoča celovit študij posameznih delov TVP, ki se pojavljajo v zvaru. Prav tako omogoča simulacijo nastajanja zaostalih napetosti, ki je posledica oviranega krčenja pri varjenju.

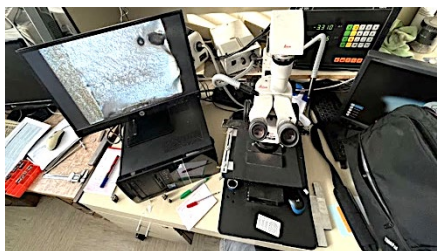


Trgalni stroj Smitweld 1405 – 10 kN Smitweld

Mehanski trgalni stroj je namenjen statičnim nateznim, tlačnim, upogibnim in strižnim preskusom. Na njem je mogoče izvajati tudi dinamične preskuse z nizko frekvenco utrujanja, da se preizkušanci ne grejejo med utrujanjem, primeren je tudi za testiranje kompozitnih materialov in plastike. Dodatno lahko nanj priključimo natezno tlačne obremenilne 20 N ali 200 N, kar je primerno za testiranje vzorcev z majhnim presekom. Ko na stroj priključimo CMOD-senzor, lahko na njem izvajamo lomno mehanske preskuse.



Vishay RS200 Vishay je namenjen merjenju makro zaostalih napetosti na materialu in zvarnih spojih. Sistem deluje tako, da meri mikro deformacije zaradi vrtnja luknje, ki se deformira zaradi prisotnih zaostalih napetosti v materialu. Meritve se izvajajo s tri-elementarno uporovno merilno rozeto, ki jo nalepimo na material. S pomočjo treh Wheatstonovih mostičkov, ki merijo deformacije v posameznih uporovnih lističih, lahko izmerimo deformacije in preračunamo sproščene zaostale napetosti. Dobimo glavni zaostali napetosti in kot usmerjenosti glavnih zaostalih napetosti glede na položaj merilne rozete.



Stereo optični mikroskop Leica Wild M10 Leica

Omogoča opazovanje in merjenje razpok, ki se pojavijo v materialu ali pri utrujanju materiala. Nepogrešljiv je pri merjenju oblike razpoke, pri vrednotenju lomno mehanskih preskusov, kjer se na prelomljenih površinah preizkušanca izmerita oblika in fronta utrujenostne razpoke ter napredovanje razpoke pri lomno mehanskem preskusu. Omogoča povečave do 200x z različnimi koti osvetlitve.



Merilniki trdote Shimadzu HMV-2000 Zwick

Namenjeni so polavtomatskim meritvam trdote po Vickersu, Brinellu in Rockwellu. Merilnik trdote Shimadzu HMV-2000 omogoča merjenje trdot in mikrotrdot po Vickersu z obtežbo od 2 g do 2 kg na materialu ali v različnih mikrostrukturah zvarnega spoja. Mikroskop ma merilniku trdote omogoča povečave 100x in 500x. Merilnik trdote po Zwicku je prav tako namenjen merjenju trdot po Vickersu in Brinellu, kjer je možno meriti trdote z obtežbami do 10 kg. Prenosni merilnik kraut je namenjen meritvam trdot na terenu po metodi Vickers in Rockwell.



Merilni sistem National instruments

Namenjen je zajemanju signalov deformacij iz uporovnih merilnih lističev, merjenju sile, pomikov, pospeškov, tlakov na raznih strojih med obratovanjem in preizkušanjem. Prav tako je mogoče opremo prenesti na teren in tam izvajati meritve raznih veličin, hitrost zajemanja podatkov je mogoče do 2 M/s. Oprema je sestavljena iz različnih modulov – SCXI 1000 ohišje, SCXI1100 napetostni + termoelementi, SCXI 1520 Wheatstonov mostični ojačevalnik, SCXI 1314, SCXI terminal bloki in več kartic za zajemanje podatkov z različnimi hitrostmi zajemanja podatkov z dodatnimi senzorji.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

Laboratorij za varjenje ponuja podporo podjetjem na različnih ravneh:



- na ravni zasnove in načrtovanja varilne tehnologije,
- na ravni standardnih mehanskih preizkusih zvarov in materialov,
- na ravni dinamičnih preiskav zvarnih spojev in materialov,
- na ravni posebnih tehnoloških preizkusov zvarnih spojev in materialov,
- na ravni posebnih preiskav materialov in zvarov.

- Svetovanje pri izdelavi WPQR, WPS, planih varjenja in planih neporušnih preiskav.
- V laboratoriju je mogoče opraviti testna varjenja z različnimi postopki varjenja, kot so: REO, TIG, MIG, MAG, EPP in točkovno uporovno varjenje ter tako optimirati postopke varjenja.
- Mehansko testiranje zvarnih spojev in materialov (natezni preizkus, upogibni preizkus, instrumentiran preizkus udarne žilavosti, meritve trdot).
- Razno tehnološko preizkušanje zvarnih spojev in materialov.
- Dinamično preizkušanje zvarnih spojev in materialov, S-N krivulje, Vöhlerjeve krivulje.
- Merjenje hitrosti rasti razpok, Parisove krivulje.
- Mehaniko loma na zvarnih spojih in materialih.
- Simulacije materiala TVP na simulatorju toplotnega cikla varjenja.
- Toplotne obdelave manjših zvarnih spojev in materialov.
- Meritve zaostalih napetosti na zvarih, materialih in konstrukcijah.
- Spremljanje deformacij in napetosti med delovanjem konstrukcij z uporovnimi merilnimi lističi.
- Analiza raznih poškodb pri delovanju konstrukcij.
- Integriteta zvarnih spojev in napovedovanje dobe trajanja ter preostale dobe trajanja konstrukcij v obratovanju ali poškodovanih konstrukcij.

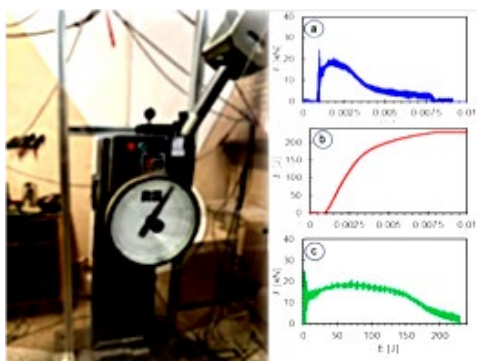
SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- MAGNA STEYR – Aerospace, Gradec, Avstrija
- The Boeing Company, Arlington, ZDA
- NASA, The National Aeronautics and Space Administration. Washington, D.C., ZDA
- ESA, European Space Agency, Pariz, Francija
- Research and Testing Institute Plzen Ltd., Plzen, Češka
- Metalurški inštitut Srbije, Beograd, Srbija
- Vojnotehnični inštitut Beograd, Beograd, Srbija
- Inštitut za Varilstvo, Ljubljana, Slovenija
- Rudarski inštitut Tuzla, Tuzla, BIH
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukrajina
- Military University of Technology in Warsaw, Wašava, Poljska
- Sveučilište u Zagrebu, Fakultet za strojarstvo in brodogranjo, Zagreb, Hrvaška
- Sveučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvaška
- Univerza v Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija
- Univerza v Beogradu, Tehnološko Metalurški Fakultet, Beograd, Srbija
- Univerza v Nišu, Mašinski Fakultet, Niš, Srbija
- Univerza v Novem Sadu, Novi Sad, Srbija
- Univerza Cirila in Metoda v Skopju, Mašinski fakultet, Skopje, Severna Makedonija
- Univerza v Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, BIH
- Univerza Djemal Bijedić, Mašinski Fakultet, Mostar, Mostar, BIH
- Sveučilište u Mostaru, Strojarski fakultet, Mostar, BIH
- Univerza istočno Sarajevo, Mašinski Fakultet, Sarajevo, BIH
- Univerza Črne Gore, Mašinski Fakultet, Podgorica, Črna gora
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija

SODELOVANJE S PODJETJI

ADK, d. o. o., PALFINGER, d. o. o., PALFINGER Marine, d. o. o., Maribor, Magna Steyr Aerospace, LESTRO-LEDINEK, d. o. o., DAIHEN VARSTROJ, d. d., INSTITUT ZA VARILSTVO, d. o. o., Ljubljana, MARTMETAL, d. o. o., SIJ ACRONI, d. o. o., SIJ Ravne systems, d. o. o., SIJ Metal Ravne, d. o. o., ŠTORE STEEL, d. o. o., VALJI, d. o. o., VALJI GROUP, d. o. o., TALUM, d. d., Kidričevo, TALUM rondelice, d. o. o., IMPOL-MONTAL, d. o. o., METALNA-SRM, d. o. o., FEROKOTAO, d. o. o., ARMATURE, d. o. o., FIBMARKT, d. o. o., PREMOGOVIK VELENJE, d. o. o., KOLDING, d. o. o., KOVINARSTVO BUČAR, d. o. o., ECOM Ruše, d. o. o., WELD, d. o. o., Elektroda Zagreb, d. d., MESSER Slovenija, d. o. o., ABVT, d. o. o., IPRO ING, d. o. o., INGVAR, d. o. o., METAL MIKULIČ, d. o. o., VIRS, d. o. o., URMAT, d. o. o., Elektroda Zagreb, d. d., JosS, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK



V lastni režiji smo **instrumentirali Charpy Kladio, ki omogoča spremljanje sile med lomom in spremljanje energije med lomom**. S pomočjo magnetnega senzorja lahko skupno energijo za lom razdelimo na energijo za lom in energijo za iniciacijo ter energijo za širjenje loma. Prav tako je mogoče določiti trenutek, ko se inicira razpoka iz mehanske zareze. Zajemanje poteka s frekvenco 4×10^6 podatkov na sekundo. Podatki pa se obdelujejo v lastno razvitem programu Vuhi – Charpy. Podatki pri instrumentiranem Charpy preskusu se uporabijo na heterogenih materialih, kot so zvarni spoji, in materialih za vojaške namene. Prav tako naš program uporabljajo v vojaške namene pri nas in v

tujini. Rezultati, pridobljeni s preskušanjem s kladivom Charpy, se uporabljajo v raziskovalne namene, kjer je bilo objavljenih kar nekaj publikacij.

PUBLIKACIJE

1. VUHERER, Tomaž, SMAILI, Fidan, BJELAJAC, Edvard, MANJGO, Mirza, LOJEN, Gorazd. *Simulation and mechanical properties of fine-grained heat-affected zone microstructure in 18CrNiMo7-6 steel. Materials. Sept. 2022, vol. 15, iss. 19 (6782), str. 1–14. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma15196782. [COBISS.SI-ID 125181699]*
2. VUHERER, Tomaž, MILČIČ, Miodrag, GLODEŽ, Srečko, MILČIČ, Dragan, RADOVIĆ, L., KRAMBERGER, Janez. *Fatigue and fracture behaviour of Friction Stir Welded AA-2024-T351 joints. Theoretical and Applied Fracture Mechanics. Aug. 2021, vol. 114 (103027), str. 1–13. ISSN 0167-8442. DOI: 10.1016/j.tafmec.2021.103027. [COBISS.SI-ID 66873603]*
3. LOJEN, Gorazd, VUHERER, Tomaž. *Optimization of PWHT of simulated HAZ subzones in P91 steel with respect to hardness and impact toughness. Metals. Sep. 2020, vol. 10, iss. 9, str. 1–21. ISSN 2075-4701. <https://www.mdpi.com/2075-4701/10/9/1215>, DOI: 10.3390/met10091215. [COBISS.SI-ID 27833603]*
4. BJELAJAC, Edvard, SKUMAVC, Andrej, SMAILI, Fidan, LOJEN, Gorazd, PREDAN, Jožef, VUHERER, Tomaž. *Experimental study of crack propagation through cladmed 316L/304 steel produced by the hot-roll bonding process. Metals. July 2023, vol. 13, iss. 7, 1273, str. 18, ilustr. ISSN 2075-4701. DOI: 10.3390/met13071273. [COBISS.SI-ID 161158403]*
5. MILOVIĆ, Ljubica, PETROVSKI, Blagoj, VUHERER, Tomaž. *Estimation of residual strength of a crack-containing welded pressure vessel exposed to a subzero operating temperature. Engineering failure analysis. 2019, vol. 106 (104167), str. 1–9. ISSN 1350-6307. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2019.104167. [COBISS.SI-ID 23001622]*

ARIS PROGRAM P2-0120 Tehnologije metastabilnih materialov

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Vpliv temperaturnih razmer na mikrostrukturo in mehanske lastnosti aditivno izdelanih materialov. N2-0328, ARIS, 2024–2027.
- Strukturne in površinske lastnosti vlakninskih membran za čiščenje in kromatografsko separacijo biomakromolekul. J2-1719, ARIS, 2019–2020.
- Vpliv različnih heterogenih lastnosti na konstrukcijsko celovitost zvara z napako. N2-0030, 2015–2018.
- Raziskava vpliva mesta brizganja in učinka steklenih vlaken na mehansko obnašanje konstrukcije iz kompozitnega polimera, izdelanega z brizganjem. Bilateralni projekt z Bosno in Hercegovino BI-BA/24-25-021) ARIS, 2024–2025.
- Zagotavljanje integritete ATIG zvarnih spojev na avstenitno feritnih duplex jeklih, varjenih z aktivnim praškom. Bilateralni projekt s Črno goro BI-ME/23-24-019 ARIS, 2023–2024.
- Določitev lastnosti žilavosti in trdnosti pri utrujanju novih adaptivno grajenih materialov v varih in toplotno vplivanem področju. Bilateralni projekt z Avstrijo BI-AT/18-19-016, ARIS, 2018–2019.
- Problematika zaostalih napetosti na konstrukcijah v energetiki. BI-BA/19-20-036, ARIS, 2019–2021.
- Optimizacija komponent iz brizgane plastike s stališča mehanike loma, bilateralni projekt z Bosno in Hercegovino. BI-BA/16-17-011, ARIS, 2016–2017.
- Elektro obločno TIG in plazma varjenje visoko legiranih Cr-Ni avstenitnih jekel in prelitih jekel z uporabo aktivnih topiteljev. Bilateralni projekt s Črno goro BI-ME/16-17-013, ARIS, 2016–2017.
- Zagotavljanje integritete dinamično obremenjenih varjenih konstrukcij, narejenih iz modernih visokotrnostnih jekel. Bilateralni projekt z Rusijo BI-RU/19-20-037, ARIS, 2019–2020.
- Zagotavljanje visoke zanesljivosti aluminijastih konstrukcij in njihovih delov v transportni tehniki. Bilateralni projekt s Srbijo BI-RS/20-21-041, ARIS, 2020–2021.
- Raziskovalni in aplikativni zaupni projekti za vesoljsko industrijo na področju izdelave in testiranja delov za vesoljske rakete za človeško posadko – sodelovanje v projektih z MAGNA Steyr, aerospace (Avstrija), The BOEING COMPANY (ZDA), The National Aeronautics and Space Administration – NASA (ZDA) in Europe Space Agency – ESA (Evropa), Projekt 2391319 + 2391484, projekt 2399284, projekt 2402695 + 2403276, projekt 2412289

ČLANSTVA

- IIW – International Institute of Welding
- ESIS – European Structure Integrity Society
- ASTM – American Standards for Testing Materials
- SIST – Slovenski inštitut za standardizacijo
- Društvo za varilno tehniko Maribor

2.6 LABORATORIJ ZA VREDNOTENJE KONSTRUKCIJ 

Vodja laboratorija
red. prof. dr. Srečko Glodež
 E-naslov: srecko.glodez@um.si
 Tel.: 02 220 7708
 Splet: <https://lavkon.fs.um.si/>

Dobro opremljen laboratorij omogoča raziskovalno in strokovno dejavnost na različnih področjih, ki se pretežno nanašajo na dimenzioniranje dinamično obremenjenih strojnih delov in konstrukcij v povezavi z visokocikličnim utrujanjem (HCF), malocikličnim utrujanjem (LCF) in mehaniko loma. Poleg tega se osredotočamo na različne numerične analize po metodi končnih elementov, strojne elemente, gonila (predvsem zobniška gonila) ter probleme s področij vibracij in hrupa. Zraven temeljnih raziskav izvajamo tudi aplikativne (strokovne) projekte za industrijo z različnimi partnerji doma in v tujini.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**ZwickRoel visokofrekvenčni pulzator Vibrophore 100 ZwickRoel**

Visokofrekvenčni preizkusni stroj Vibrophore 100 je namenjen tako statičnemu kot dinamičnemu preizkušanju inženirskih gradiv. Deluje na osnovi sistema za resonančno preskušanje z elektromagnetnim pogonom, kjer dinamično obremenitev povzroča resonančno nihanje sistema. Uporablja se za določevanje statične in dinamične trdnosti inženirskih gradiv. Glavne tehnične lastnosti stroja: razpon sile do 100 kN, testna frekvenca do 200 Hz, komplet čeljusti za valjaste vzorce $\varnothing 4$ - $\varnothing 17$ mm, komplet čeljusti za ploščate vzorce 0–10 mm. Preskusni stroj Vibrophore 100 se lahko uporablja tudi za nekatera testiranja mehanike loma, kot so določanje lomne žilavosti K_{Ic} različnih inženirskih materialov, spremljanje rasti utrujenostne razpoke in določanje Parisovih materialnih parametrov.

**ZwickRoel stroj za elektrodinamično testiranje LTM3 ZwickRoel**

Elektrodinamični preskusni stroj LTM3 omogoča tako dinamično kot statično preskušanje materialov in komponent. Zahvaljujoč nizki premični masi pogona je idealen za izvajanje preskusov utrujanja pod nateznimi, tlačnimi in upogibnimi obremenitvami. S širokim območjem hitrosti se LTM3 lahko uporablja za dinamične preizkuse utrujanja ter kvazistatične preizkuse na standardnih vzorcih iz plastike, kompozitnih vlaken in kovin. Glavne tehnične lastnosti stroja: razpon sile do 3 kN, testna frekvenca do 100 Hz, komplet čeljusti za valjaste vzorce $\varnothing 2,5$... $\varnothing 12$ mm, komplet čeljusti za ploščate vzorce 0...12 mm. Preskusni stroj LTM3 se lahko uporablja tudi za nekatera testiranja v mehaniki loma.

**ZwickRoel temperaturna komora za preizkušanje materialov ZwickRoel**

Temperaturna komora omogoča testiranje materialov znotraj temperaturnega območja od -80 °C do $+250$ °C. Visoka stopnja natančnosti pri vzdrževanju želene temperature zagotavlja zanesljive eksperimentalne rezultate. Komora omogoča preizkušanje materialov v ekstremnih temperaturnih pogojih, kot so hladne okolice ali visoke temperature, ki so ključne v določenih aplikacijah.



Kompaktno preizkuševališče za testiranje zobnikov

Preizkuševališče je uporabno za testiranje valjastih zobniških dvojic iz različnih inženirskih materialov (kovine, sintrani materiali, polimeri). Eksperimentalno testiranje je osredotočeno predvsem na obrabno obnašanje analiziranih zobnikov v različnih delovnih pogojih (mazan kontakt, suh kontakt, različne hitrosti vrtenja itd.).

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Mehanska karakterizacija kovinskih, polimernih in kompozitnih materialov. Eksperimentalno testiranje zajema statično in dinamično testiranje materialov in komponent.
- Izvedba statičnih in dinamičnih trdnostnih analiz po metodi končnih elementov.
- Meritev vibracij strojev in naprav ter osnovne meritve hrupa.
- Konstruiranja gonil različnih izvedb in elementov transmisij.
- Napredno računalniško modeliranje in konstruiranje.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

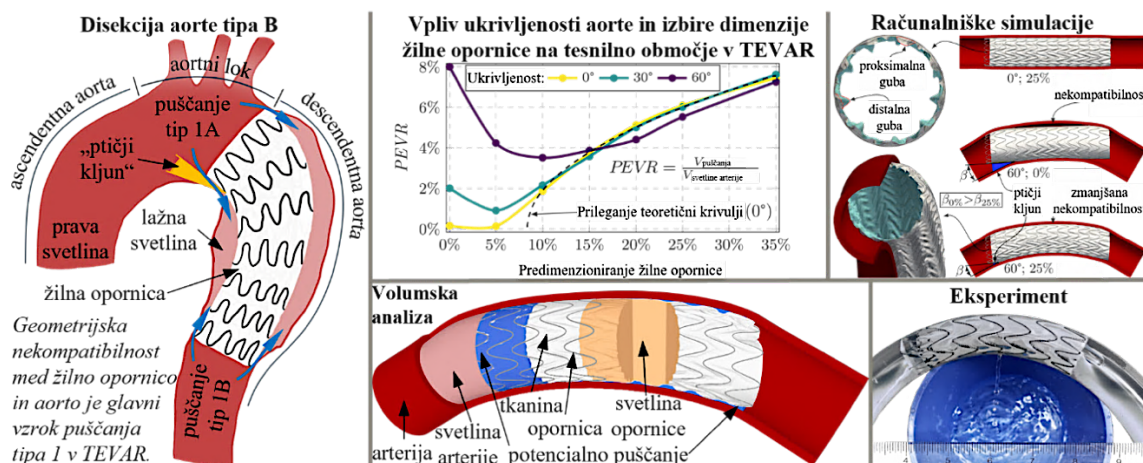
- Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija
- Inštitut za termomehaniko, Češka akademija znanosti, Praga, Češka
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- University of Belgrade, Beograd, Srbija
- University of Niš, Niš, Srbija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- University of Split, Split, Hrvaška
- University of Chicago, Chicago, ZDA

SODELOVANJE S PODJETJI

Paloma, d. d., Surovina, d. o. o., Calcit, d. o. o., Deutz Engineering, d. o. o., Rotis, d. o. o., Farnmech, d. o. o., Talum, d. d., AVL, Domel, d. o. o., Kolding, d. o. o., Mahle, d. o. o., RTC, d. o. o., SPC, d. o. o., Supra, d. o. o., Danfoss, d. o. o., Gea Vipoli, d. o. o., TBP, d. o. o., Container, d. o. o., Tial, d. o. o., Medicop, d. o. o., Podkrižnik, d. o. o., Roto, d. o. o., Metalna SMM, d. o. o., Dravske elektrarne, d. o. o., SIJ Ravne, d. o. o., Megametal, d. o. o., itd.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

V sklopu mednarodnega sodelovanja z Univerzo v Chicagu (The University of Chicago) je bil **razvit numerični model za virtualno vstavljanje žilnih opornic**. Računalniške simulacije vstavljanja žilnih opornic lahko pomembno prispevajo k varnosti in učinkovitosti znotrajžilnih posegov.



PUBLIKACIJE

1. ZUPANIČ, Franc, KLEMENC, Jernej, STEINACHER, Matej, GLODEŽ, Srečko. *Microstructure, mechanical properties and fatigue behaviour of a new high-strength aluminium alloy AA 6086*. *Journal of alloys and compounds*. [Print ed.]. April 2023, vol. 941, [article no.] 168976, str. 13. ISSN 0925-8388. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148321>, DOI: 10.1016/j.jallcom.2023.168976.
2. NEČEMER, Branko, ZUPANIČ, Franc, VUHERER, Tomaž, GLODEŽ, Srečko. *High-cycle fatigue behaviour of the aluminium alloy 5083-H111*. *Materials*. Mar. 2023, vol. 16, iss. 7, [article no.] 2674, str. 15. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma16072674.
3. POLANEC, Brigita, GLODEŽ, Srečko, BELŠAK, Aleš. *Noise evaluation of coated polymer gears*. *Polymers*. Feb. 2023, vol. 15, iss. 3, [article no.] 783, str. 22. ISSN 2073-4360. <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/3/783>, DOI: 10.3390/polym15030783.
4. DONIK, Žiga, NEČEMER, Branko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. *Finite element analysis of the mechanical performance of a two-layer polymer composite stent structure*. *Engineering failure analysis*. July 2022, vol. 137 (106267), str. 17. ISSN 1350-6307. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106267.
5. IGNATIJEV, Aljaž, NEČEMER, Branko, KRAMBERGER, Janez, GLODEŽ, Srečko. *Fatigue crack initiation and propagation in a PM-gear tooth root*. *Engineering failure analysis*. Aug. 2022, vol. 138 (106355), str. 10. ISSN 1350-6307. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106355.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- HUMAR, Jani, KOROŠEC, Albert, GOLJEVŠČEK, Aleksander, GLODEŽ, Srečko, PEHAN, Stanislav. *Vozilo* : patent SI 25951 A, 2021-07-30. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2021.
- ŠAFARIČ, Riko, KRAMBERGER, Janez, ŠORGO, Andrej, EKART, Janez, BRATINA, Božidar, KROŠLIN, Tadej, ŽILIČ FIŠER, Suzana, GÖNCZ, Péter, TAŠNER, Frančišek, TRČEK, Janja, KRAVANJA, Zdravko, BRUMEC, Vilijana, FIŠER, Jure. *Postopek za sušenje komunalnih in industrijskih muljev*: patent: SI24964 (A), 2016-10-28. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2016.
- KNEZ, Marko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. *Naprava za določevanje parametrov malocikličnega utrujanja z rotirajočim upogibnim preizkusom* : patent št. 22766 z dne 2. 11. 2009, patentna prijava št. P-200800075, z dne 1. 4. 2008. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2009.

ARIS PROGRAM P2-0063 Konstruiranje celičnih struktur

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Razvijanje naprednih metamaterialov z izboljšano odpornostjo pri vibracijskem utrujanju. Z2-50082, 1. 10. 2023–30. 9. 2025.
- Eksperimentalna in numerična analiza statičnega in dinamičnega upogibnega obremenjevanja kompozitov z gumeno matrico. N2-0326, 1. 10. 2023–30. 9. 2026.
- Razvoj in karakterizacija naprednih metamaterialov za lahke konstrukcije, predlog projekta.
- Razvoj in mehanska karakterizacija metamaterialov za lahke konstrukcije, bilateralni projekt s TU Graz 2023–2024.
- Razvoj in mehanska karakterizacija napredne biorazgradljive žilne opornice, bilateralni projekt z University of Chicago, ZDA, 2022–2024.

ČLANSTVA

- Slovensko društvo za mehaniko
- Slovensko društvo za tribologijo
- Članstvo v tehniških odborih SIST
- ESIS – European Structure Integrity Society

2.7 LABORATORIJ ZA ZAHTEVNE INŽENIRSKÉ SIMULACIJE IN EKSPERIMENTIRANJE LACE-X



Vodja laboratorija
red. prof. dr. Zoran Ren
 E-naslov: zoran.ren@um.si
 Tel.: 02 220 7702
 Splet: <http://lace.fs.um.si/>

Laboratorij se osredotoča na znanstveno raziskovanje novih metamaterialov z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi, predvsem pri visoko hitrostnih obremenitvah, kot so udarni učinki eksplozij ali trčenj. Glavni poudarek je na konceptualizaciji metamaterialov s celično notranjo strukturo, pri čemer uporabljamo najsodobnejše matematično in računalniško modeliranje ter izkoriščamo zmogljivosti visokozmogljivih računalnikov za optimizacijo na superračunalnikih. Po potrditvi ustreznosti virtualnih konceptov struktur metamaterialov uporabljamo najnovejše tehnike izdelave v sodelovanju z domačimi in mednarodnimi partnerji, da te koncepte ustvarimo tudi v fizični obliki. Nato izdelane vzorce metamaterialov celovito karakteriziramo z uporabo naprednih eksperimentalnih metod, kar potrjuje primernost ali izpostavi slabosti zasnovanih konceptov za določene aplikacije. Raziskujemo tudi geometrijsko karakterizacijo notranjih struktur materialov ter razvijamo kompleksne numerične modele in računalniške analize. S svojimi preizkuševališči, kot sta Split-Hopkinson-Pressure-Bar in Direct-Impact-Hopkinson-Bar, izvajamo eksperimentalno določanje materialnih lastnosti pri visokih in zelo visokih hitrostih obremenitve. Naše raziskave imajo velik aplikativni pomen v industriji, še posebej pri razvoju varnostnih elementov za ceste.



Računalniška simulacija naleta 38-tonskega tovornjaka na cestno varnostno ograjo



Gradiran TPMS celični metamaterial

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



HPC CORE@UM

HPC CORE@UM je mikrosuper računalnik s 3 TERAFLUPS računsko zmogljivostjo, zasnovan za izvajanje zahtevnih znanstvenih računalniških simulacij. Nameščena programska oprema omogoča izvajanje zahtevnih nelinearnih simulacij obnašanja trdnih snovi in tekočin, biomolekularne dinamike sistemov ter večfizikalnih problemov za širok spekter raziskovalnih in industrijskih aplikacij.



SHPB and DIHB – lastno prototipno preizkuševališče

SHPB – Split Hopkinson Pressure Bar in DIHB – Direct Impact Hopkinson Bar preizkuševališče je namenjeno eksperimentalnemu določanju mehanskih lastnosti inženirskih materialov pri visokih hitrostih deformacije, znotraj območja hitrosti deformacije od 100 do 8.000 s⁻¹. Velikost preizkusnega vzorca je omejena na premer 20 mm.



Mobilni sistem za sinhronizirano hitro digitalno snemanje prehodnih pojavov – lastne konfiguracije

Zasnovan je za napredno digitalno vizualizacijo izjemno hitrih prehodnih pojavov, kot so udarno deformiranje materialov, tvorba vrtničenja, kavitacija, brizganje, krhki zlomi, hitra rast razpok, učinki eksplozij ali izstrelkov itd. Analiza posnetkov takšnih pojavov z dvema ultra hitrima kamerama PHOTRON FASTCAM-SA-Z-2100K-M-128GB (2 milijona posnetkov/sekundo) in hitrim DEWESoft SIRIUSi HS 8x STG+ DAQ omogoča boljše razumevanje osnovnih fizikalnih zakonitosti teh pojavov in prispeva k izboljšanju sestave materialov, konstrukcij ali postopkov v inženirstvu in širše.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Načrtovanje in standardni izračuni mehanskih struktur in mehanizmov.
- Statične in dinamične računalniške analize linearnih in nelinearnih problemov trdnostne mehanike.
- Geometrijska karakterizacija kompleksnih celičnih materialov in struktur.
- Napredno računalniško modeliranje kompleksnih inženirskih pojavov.
- Razvoj in optimizacija celičnih metamaterialov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

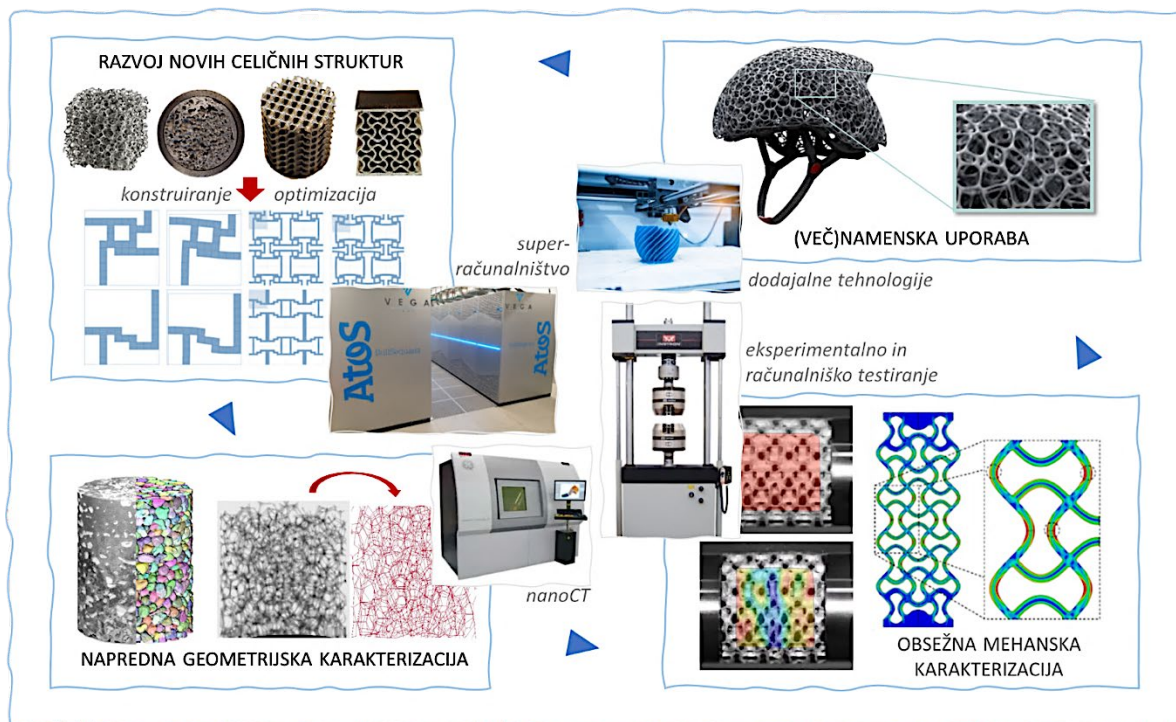
- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Sveučilište u Splitu, Split, Hrvaška
- Technical University of Prague, Praga, Češka
- Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences, Praga
- Poznan University of Technology, Poznan, Poljska
- Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg, Nemčija
- Politecnico di Milano, Milano, Italija
- University of Aveiro, Aveiro, Portugalska
- Izmir Institute of Technology, Izmir, Turčija
- Middle Eastern Technical University, Ankara, Turčija
- Korea Institute of Machinery and Materials, Daejeon, Koreja
- Waseda University, Tokyo, Japonska
- Kumamoto University, Kumamoto, Japonska
- National Institute of Technology, Kumamoto College, Kumamoto, Japonska
- National Institute of Technology, Okinawa College, Nago, Okinawa, Japonska
- The University of Newcastle, Newcastle, Avstralija
- Beijing Institute of Technology, Peking, Kitajska
- New York University, Abu Dabi, Emirati

SODELOVANJE S PODJETJI

Kveder, d. o. o., Petrič, d. o. o., Liko Liboje, d. d., LOSCO, d. o. o., Gorenje, d. d., KoDUS, s. p., M PLUS, d. o. o., BSH, d. o. o., Nazarje, Container, d. o. o., Danfoss Trata, d. o. o., GEM Motors, d. o. o., Medicop, d. o. o., Aluvar, d. o. o., Nafta Strojna, d. o. o., SACOM, d. o. o., (BiH), MARCEGAGLIA BUILDTECH (IT), RIMAC TECHNOLOGY, d. o. o., (HR), UNIPROMET, d. o. o., (SR), Hellenic Pipe Works S.A. (GR)

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj konceptov in optimizacija novih metamaterialov s celično notranjo strukturo z uporabo naprednih matematičnih in računalniških modelirnih tehnik v kombinaciji z visokozmogljivim računalništvom. Izdelava razvitih metamaterialov s pomočjo najnovejših tehnik v sodelovanju z mednarodnimi partnerji. Celovito karakteriziranje izdelanih metamaterialov z uporabo naprednih eksperimentalnih metod za potrditev primernosti njihove zasnove za določene aplikacije.



PUBLIKACIJE

- NOVAK, Nejc, AL-KETAN, Oraib, MAUKO, Anja, YILMAZ, Yunus Emre, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, TANAKA, Shigeru, HOKAMOTO, Kazuyuki, ROWSHAN, Reza, ABU AL-RUB, Rashid K., VESENJAK, Matej, REN, Zoran. Impact loading of additively manufactured metallic stochastic sheet-based cellular material. *International Journal of Impact Engineering*. [Print ed.]. April 2023, vol. 174, [article no.] 104527, str. 1–15. ISSN 0734-743X. DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2023.104527.
- MAUKO, Anja, SARIKAYA, Mustafa, GÜDEN, Mustafa, DUARTE, Isabel, BOROVIŠEK, Matej, VESENJAK, Matej, REN, Zoran. High strain-rate deformation analysis of open-cell aluminium foam. *Journal of Materials Research and Technology*. July-August 2023, vol. 25, str. 1208-1221, ilustr. ISSN 2238-7854. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=86511>, DOI: 10.1016/j.jmrt.2023.05.280.
- NOVAK, Nejc, TANAKA, Shigeru, HOKAMOTO, Kazuyuki, MAUKO, Anja, YILMAZ, Yunus Emre, AL-KETAN, Oraib, VESENJAK, Matej, REN, Zoran. High strain rate mechanical behaviour of uniform and hybrid metallic TPMS cellular structures. *Thin-walled structures*. Oct. 2023, vol. 191, str. 13. ISSN 0263-8231. DOI: 10.1016/j.tws.2023.111109.
- NOVAK, Nejc, BIASETTO, Lisa, REBESAN, Pietro, ZANINI, Filippo, CARMIGNATO, Simone, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, VESENJAK, Matej, REN, Zoran. Experimental and computational evaluation of tensile properties of additively manufactured hexa- and tetrachiral auxetic cellular structures. *Additive manufacturing*. [Print ed.]. Sep. 2021, vol. 45, str. [1]-18, ilustr. ISSN 2214-8604. DOI: 10.1016/j.addma.2021.102022.
- NOVAK, Nejc, AL-KETAN, Oraib, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, ROWSHAN, Reza, ABU AL-RUB, Rashid K., VESENJAK, Matej, REN, Zoran. Quasi-static and dynamic compressive behaviour of sheet TPMS cellular structures. *Composite structures*. [Print ed.]. Jun. 2021, vol. 266 (113801), str. 1–10. ISSN 0263-8223. DOI: 10.1016/j.compstruct.2021.113801.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- VESENJAK, Matej, NOVAK, Nejc, REN, Zoran. Osnosimetrična kiralna avksetična struktura : patent SI 26064 A, 2022-03-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2022.
- VESENJAK, Matej, NOVAK, Nejc, REN, Zoran. Axisymmetric chiral auxetic structure : patent application EP21197296.3, 2021.
- HOKAMOTO, Kazuyuki, OTSUKA, Masahiko, HIDA, Eiji, REN, Zoran, VESENJAK, Matej. Novel manufacturing method of metal pipe joined body having complicated hollow structure : JP 6821150 B2, 2021-01-27. [Chiyada-ku Tokyo]: Japan Patent Office, 2021.
- HOKAMOTO, Kazuyuki, OTSUKA, Masahiko, HIDA, Eiji, REN, Zoran, VESENJAK, Matej. Novel manufacturing method of metal pipe joined body having complicated hollow structure : JP6856208 B2, 2021-04-07. [Chiyada-ku Tokyo]: Japan Patent Office, 2021.

- BOROVIŠEK, Matej, REN, Zoran. Steel road safety barrier with trapezoidal reinforcement = Stahlstraßenleitplanke mit trapezförmiger Verstärkung = Barrière de sécurité routière en acier avec renforcement trapézoïdal : European patent specification EP2813620 B1, 2019-03-27. Munich: European Patent Office, 2019.

ARIS PROGRAM P2-0063 Design of Cellular Structures

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Razvoj in karakterizacija naprednih avksetičnih celičnih metamaterialov. Podoktorski projekt Z2-2648, 2020–2022.
- Razvoj večnamenskih avksentičnih celičnih struktur. Temeljni projekt J2-8186, 2017–2020.
- Topološka optimizacija gradiranih avksetičnih metamaterialov. Bilateralni slovensko-hrvaški raziskovalni projekt BI-HR/18-19-012, 2018–2019.
- Preliminary Analysis of Innovative Aerostructures Spectrum Powered by HPC – PAIAeroS, H2020: FF4EuroHPC, 1. 3. 2022–30. 5. 2023.
- Study on auxetic structures behavior under impact conditions. Temeljni mednarodni raziskovalni projekt Opening Fund SKLEST, Beijing Institute of Technology, 2017–2018.

ČLANSTVA

- SDM – Slovensko društvo za mehaniko
- SIST – Slovenski inštitut za standardizacijo
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure
- ASME – American Society of Mechanical Engineers
- IMechEng – Institution of Mechanical Engineers
- IROAST Kumamoto – International Advanced Science and Technology Research Organization
- GAAM – Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik
- Alexander von Humboldt
- NAFEMS – International Association for the Engineering Modelling, Analysis and Simulation Community
- USACM – U.S. National Congress on Computational Mechanics

3. TEHNOLOGIJA MATERIALOV

Na področju tehnologije materialov sta aktivna 2 laboratorija in 1 center:

LABORATORIJ:	VODJA:
3.1 Laboratorij za materiale	Franc Zupanič
3.2 Laboratorij za preoblikovanje materialov	Ivan Anžel
3.3 Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo	Ivan Anžel



Predstojnik Katedre za materiale in preoblikovanje
red. prof. dr. Ivan Anžel
 E-naslov: ivan.anzel@um.si
 Tel.: 02 220 7861
 Splet: <https://www.fs.um.si/tehnologija-materialov-in-preoblikovanje/>

3.1 LABORATORIJ ZA MATERIALE

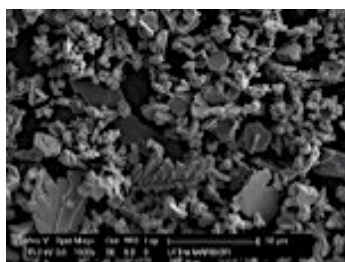


Vodja laboratorija
red. prof. dr. Franc Zupanič
 E-naslov: franc.zupanic@um.si
 Tel.: 02 220 7863
 Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-materiale/>

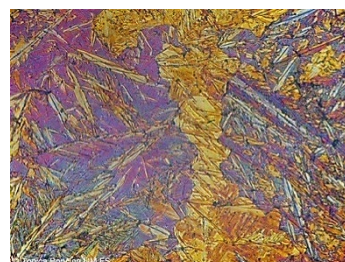
V Laboratoriju za materiale se posvečamo raziskavam in tehnologijam kovinskih materialov in njihovih kompozitov. Naše delo obsega sintezo novih zlitin in karakterizacijo materialov na različnih ravneh, vključno z makro-, mikro- in nanoobmočji. Pridobljeno znanje iz osnovnih raziskav uspešno uporabljamo v aplikativnih raziskavah ter za potrebe metalurške in kovinskopredelovalne industrije. Podjetjem v naši regiji ponujamo celovite raziskave materialov (metalografske, fraktografske, raziskave mehanskih lastnosti in druge). Poleg tega integriramo teoretično in praktično znanje o materialih v pedagoški proces, kjer skrbimo za izobraževanje mladih strokovnjakov na področjih strojništva, mehatronike in gospodarskega inženirstva. Študentje pridobijo poglobljeno razumevanje kovinskih, keramičnih, polimernih in kompozitnih materialov, tehnologij njihove izdelave in obdelave ter pristopov k mikrostrukturni in mehanski karakterizaciji materialov. Sledimo mednarodnemu razvoju materialov in tehnologij, pri čemer nova odkritja in znanja prenašamo v naše raziskovalno in izobraževalno delo.



Taljenje v vakuumski indukciji peči



Ekstrahiran vzorec Al-zlitine,
pripravljen po patentiranem postopku



Martenzitna struktura jekla, barvno
jedkanje in svetlobna mikroskopija

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Peči za taljenje zlitin in toplotno obdelavo Bosio
 Maksimalna temperatura 1100 °C.



Metalografski laboratorij

Metalografska priprava vzorcev. Priprava vzorcev za svetlobno in elektronsko vrstično mikroskopijo. Oprema za vlaganje vzorcev v umetno maso, brušenje, poliranje in jedkanje.



Precizna metalografska žaga IsoMet 1000 Buehler

Naprava IsoMet 1000 je 7-palčna [178 mm] gravitacijska namizna žaga, zasnovana za rezanje različnih vrst materialov z minimalnimi deformacijami materiala. Žaga je primerna za občutljive dele, saj uporablja samo gravitacijsko silo. Omogoča uporabo hladilne in mazalne tekočine ter nastavljivo hitrost rezanja (nastavljiva hitrost motorja do 1000 vrt/min).



Metalografska žaga Labotom-5 Struers

Ročni rezalni stroj za kovine. Moč motorja 2,6 kW (3,5 KM). Za 250 mm (10") rezalne plošče. Z rezalno mizo z 10 mm T-režami. Recirkulacijska hladilna enota omogoča hlajenje obdelovanca.



Vakuumska indukcijska taliilna peč Leybold-Heraeus z napravo za konti litje Techica-Guss GmbH

Celoten proces, od začetka taljenja do popolne ohladitve ulitka, poteka v vakuumu ali zaščitni atmosferi. Moč: največ 60 kW. Regulacija moči: Brezstopenjska, ročna, frekvenca: 4 kHz (srednjefrekvenčna indukcijska taliilna peč), vakuum 10^{-2} mbar, volumen lonca 3 l, minimalno polnjenje lonca približno 1,5 l, najvišja temperatura 2000 °C.



Merilnik makrotrdote DURAVISION 20 Emco-Test

Brinell meritve v skladu z EN ISO 6506, ASTM E10
 Rockwell meritve v z EN ISO 6508, ASTM E18
 Vickers meritve v z EN ISO 6507, ASTM E384, ASTM E92
 Območje preskusne obremenitve 9,8–2450 N (1–250 kg), nastavev višine z ročnim kolesom, merilno območje \varnothing 90 mm, maks. teža obdelovanca 200 kg.



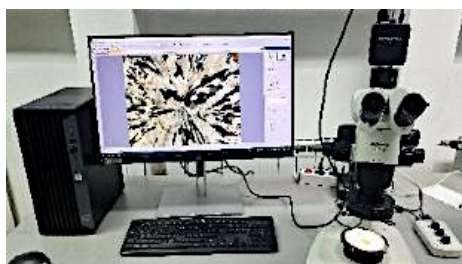
Merilnik mikrotrdote DURASCAN 50 Emco-Test

Avtomatiziran merilnik mikrotrdote omogoča posamezne meritve, meritve po metodi kartiranja (microhardnes mapping) po Vickersu HV0.01, HV0.025, HV0.05, HV0.1, HV0.2, HV0.3, HV0.5, HV1, HV2, HV2.5, HV3, HV5, HV10, HV20, HV30, HV50
 Avtomatska nastavev obremenitve (10 g–62,5 kg)



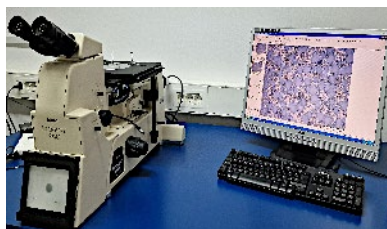
Mikro- in nanoindentacija Nanotest Vantage Micro Materials

Območje sile: od desetinke mN do 30 N
 Makrotrdota: od 2 N do 30 kN
 Mikrotrdota: manj kot 2 N, globina vtiska več kot 0,2 μm
 Nanotrđota: globina vtiska manj kot 0,2 μm
 Območje temperature: od sobne temperature do 400 °C
 Določanje lastnosti z mikro- in nanoindentacijo: vtisna trdota, Martensova trdota, vtisni elastični modul, odziv na razenje, topografija in hrapavost površine, koeficient trenja, plastično in elastično delo.



Stereomikroskop Olympus SZ10 s kamero EP50 Olympus

Povečave od 6,3x do 63x.



Invertni metalurški mikroskop Nikon Epiaphot 300 Nikon,

opremljen s programom za analizo slike Soft Analysis. Svetlobni mikroskop s kamero in z objektivni 5x, 10x, 20x, 20x, 50x in 100x ter okularji 10x omogoča analizo ravnih metalografsko pripravljenih vzorcev.



Elektronski vrstični mikroskop QUNTA 200 3D s FOKUSIRANIM IONSKIM SNO POM (SEM/FIB) FEI Company

Quanta 200 3D je okoljski vrstični elektronski mikroskop s sistemom dvojnih curkov – elektronskim in ionskim (dual beam). Mikroskop ima ime »okoljski« ali oznako »ESEM«, ker omogoča delo pri različnih tlakih in pri nastavljeni vlažnosti. Omogoča analizo neprevodnih vzorcev brez dodatne priprave vzorcev. Opremljen je z ionsko kolono in plinskim sistemom za nanos platine.



HRSEM elektronski vrstični mikroskop SIRON 400 FEI Company, opremljen z EDS-analizatorjem za mikrokemične analize INCA 350 Oxford Instruments

SIRON FEG je visokoločljivi vrstični elektronski mikroskop s poljsko emisijo elektronov. Schottkyjev izvor elektronov omogoča poljsko emisijo in elektronov curek z majhnim premerom in veliko gostoto. Ločljivost: 1,0 nm pri 15 kV ali 2,0 nm pri 1 kV.



Naprševalnik tankih kovinskih prevlek Jeol JFC 1100E Jeol

Naprava za pripravo prevodnih vzorcev za elektronsko vrstično mikroskopijo.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

Metalogrfska in fraktografska analiza:

- Metalografska priprava vzorcev, preiskava površin, razpok in prelomov.
- Svetlobna mikroskopija z analizo slike.
- Elektronska vrstična mikroskopija z mikrokemično EDS-analizo.
- Mikroskopija s fokusiranim ionskim snopom.
- Specialne metalografske tehnike (barvno jedkanje kovin, globoko jedkanje in ekstrakcija faz).

Mikroskopija:

- Okoljska vrstična mikroskopija polimernih materialov ter drugih električno in toplotno neprevodnih materialov ter fiksiranih bioloških vzorcev.
- Okoljska vrstična mikroskopija kompozitnih materialov.

Metalogrfska analiza plasti in prevlek:

- Meritve debeline.
- Opredelitev mikrostrukture prevlek (svetlobna in elektronska mikroskopija ter mikroskopija s fokusiranim ionskim snopom).
- Meritve mikrotrdote prevlek.

Meritve trdote in mikrotrdote:

- Meritve mikrotrdote HV.
- Meritve trdote HB, HV in HRC.

Mikro- in nanoindentacija:

- Določanje lastnosti z mikro- in nanoindentacijo: vtisna trdota, Martensova trdota, vtisni elastični modul, odziv na razenje, topografija in hrapavost površine, koeficient trenja, plastično, elastično delo.

Toplotna obdelava kovin:

- Eksperimentalna toplotna obdelava kovin na zraku.
- Analiza rezultatov toplotne obdelave (opredelitev trdote in mikrostrukture ter debeline obdelane površine).

Kontinuirno litje:

- Izdelava zlitin z vakuumskim indukcijskim taljenjem in litjem.
- Eksperimentalno kontinuirno litje specialnih zlitin.
- Določitev vrste materiala za kokile in livne lonce.
- Opredelitev parametrov za kontinuirno litje palic majhnih premerov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

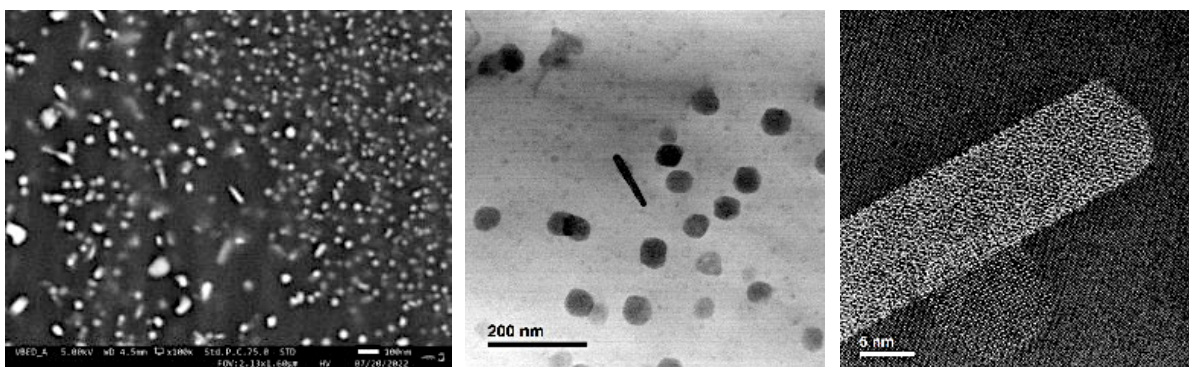
- Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
- Naravoslovnotehnična fakulteta UL, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za strojništvo, UL, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo UL, Ljubljana, Slovenija
- IMT Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- KIT – Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
- CIC BiomaGUNE - Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales, San Sebastián, Španija
- Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons (Forschungszentrum Jülich), Jülich, Nemčija
- HZDR-IBC, Dresden, Nemčija
- Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAR) Escola de Engenharia de Lorena (EEL), São Paulo, Brazilija
- Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A. Trst, Italija
- Istituto di Cristallografia - C.N.R. Sede Secondaria di Trieste, Trst, Italija
- TU Graz, Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis, Gradec, Avstrija
- University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Srbija
- Institut Ruđer Bošković, Laboratorij za optiku i optičke tanke slojeve, Zagreb, Hrvaška

SODELOVANJE S PODJETJI

Impol, Omco Metals Slovenija, Mariborska livarna, Cimos, Interkorn, Impol, Talum, Gselamn in Gselman, Premogovnik Velenje, Plana, Logicdata, Konus, Agis, Petrovič, d. o. o., in druga.

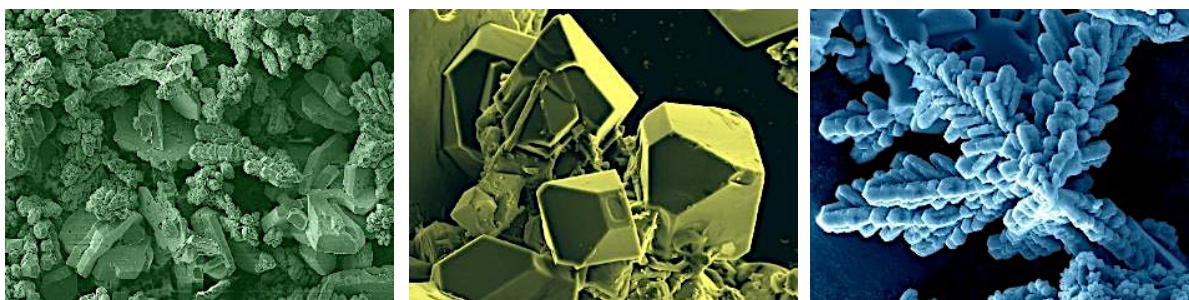
NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj novih aluminijevih visoktrdnostnih zlitin sodelovanje pri razvoju novih komercialnih aluminijevih zlitin skupine 6086. Razvili smo novo vrsto aluminijevih zlitin, ki imajo v mikrostrukturi tri vrste nanodelcev, dobro obstojnih pri povišanih temperaturah, hkrati pa pri sobni temperaturi zagotavljajo visoke ravni trdnosti, za kar smo pridobili evropski patent EPO. Te vrste nanodelcev so ikozaedrični (prostorski) kvazikristali, dodekaedrični (ploskovni) kvazikristali in urejena kristalna faza, z zgradbo L1₂. Glavna prednost teh zlitin je, da za doseganje želene mikrostrukture niso potrebne velike ohlajevalne hitrosti, ustrezna velikost in razporeditev nanodelcev pa se doseže s stopenjsko toplotno obdelavo. Toplotno obstojni nanodelci ohranijo trdnostne lastnosti zlitin vsaj do 450 °C, medtem ko se večina aluminijevih zlitin občutno zmehča že po segrevanju na 250 °C.



Slike elektronske vrstične (SEM) in presevne (TEM) mikroskopije kvazikristalnih delcev v aluminijevi osnovi

Razvoj nove 3D-metalografske metode priprave vzorcev z globokim jedkanjem in ekstrahiranjem delcev iz aluminijeve ali železove osnove. Metoda omogoča analizo 3D-morfologije kristalnih in kvazikristalnih faz, natančno mikrokemijsko analizo v vrstičnem (SEM) in elektronskem presevnem mikroskopu (TEM), praškasto rentgensko difrakcijo (XRD) in ugotovitev razporeditev posameznih faz v kompaktnem vzorcu.



Slike elektronske vrstične mikroskopije ekstrahiranih faz iz aluminijevih zlitin

PUBLIKACIJE

1. ZUPANIČ, Franc, GSPAN, Christian, BURJA, Jaka, BONČINA, Tonica. Quasicrystalline and L1₂ precipitates in a microalloyed Al-Mn-Cu alloy. *Materials today communications*. Mar. 2020, vol. 22, str. 1–6, ilustr. ISSN 2352-4928. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2019.100809
2. ZUPANIČ, Franc, ŽIST, Sandi, ALBU, Mihaela, LETOFSKY-PAPST, Ilse, BURJA, Jaka, VONČINA, Maja, BONČINA, Tonica. Dispersoids in Al-Mg-Si alloy AA 6086 modified by Sc and Y. *Materials*. April 2023, vol. 16, iss. 8, [article no.] 2949, str. 24. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma16082949.
3. MACERL, Matjaž, ZUPANIČ, Franc, HOČURŠČAK, Lara, KLOBČAR, Damjan, KOVÁCS, Andras, BONČINA, Tonica. Microstructure and properties after friction stir processing of twin-roll cast Al-Mn-Cu-Be alloy. *Crystals*. April 2022, vol. 12, iss. 5 (630), str. 18, ilustr. ISSN 2073-4352. DOI: 10.3390/cryst12050630.

4. BONČINA, Tonica, ALBU, Mihaela, ZUPANIČ, Franc. Ageing of Al-Mn-Cu-Be alloys for stimulating precipitation of icosahedral quasicrystals. *Metals*. July 2020, vol. 10, iss. 7 (937), str. 1–16.
5. ZUPANIČ, Franc, NUNES, Carlos A., COELHO, Gilberto Carvalho, CURY, Paula L., LOJEN, Gorazd, BONČINA, Tonica. Solidification of Be-free Ni-based dental alloy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2018, vol. 28, iss. 11, str. 2226-2235. ISSN 1003-6326. DOI: 10.1016/S1003-6326(18)64867-8.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica. Manufacturing of high strength and heat resistant aluminium alloys strengthened by dual precipitates = Herstellung von Hochfesten und wärmebeständigen durch dual-präzipitate verstärkten Aluminiumlegierungen = Fabrication d'alliages d'aluminium à haute résistance mécanique et thermique renforcés par des précipités doubles: European patent specification EP 3 456 853 B1, 2020-02-19. Munich: European Patent Office, 2020.
- ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica, LOJEN, Gorazd, NUNES, Carlos A., DOS SANTOS, Claudinei, COELHO, Gilberto Carvalho, ALKMIN, Luciano Braga, CORRÊA DE TOLEDO CURY, Paula Letícia. Izločevalno utrjena dentalna Ni-zlitina z velikim deležem Nb izdelana s postopkom kontinuirnega litja: patent št. SI 24599 A, datum objave 31. 7. 2015; patentna prijava št. P-201400313, datum prijave 15. 9. 2014. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015.
- BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc, MARKOLI, Boštjan. Procedure of dynamic deep etching and particle extraction from aluminium alloys: European patent EP2458033, granted 6.9.2013 ; published on 9.10.2013; application no. 11468004.4-2122, 4. October 2011. Munich: Europäisches Patentamt: = European Patent Office: = Office européen des brevets, 2013
- BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc. Postopek priprave vzorcev polimernih nanokompozitnih premazov za elektronsko mikroskopijo: patent št. SI 23688 A, datum objave 28. 9. 2012; patentna prijava št. P-201200144, datum vložitve prijave 10. 5. 2012. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.
- BONČINA, Tonica, ZUPANIČ, Franc, MARKOLI, Boštjan. Postopek dinamičnega globokega jedkanja in ekstrahiranja delcev iz aluminijevih zlitin: SI 23106 A, 2011-01-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011. 8 str. [COBISS.SI-ID 14779414]patentna družina: Patentna prijava št. P-201000313, 2010-10-11.
- MRVAR, Primož, MEDVED, Jože, ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica, STEINACHER, Matej. Postopek izdelave kompozitnih plošč iz magnezijevih zlitin in keramične pene in kompozitne plošče: patent: SI 23365 (A), 2011-11-30. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011.

ARIS PROGRAM

P2-0120 Tehnologije metastabilnih materialov

I0-0029 Infrastrukturalna dejavnost Univerze v Mariboru

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Nanostrukturne prevleke visokoentropijskih zlitin za uporabo v orodjarstvu. Aplikativni projekt.
- Vpliv temperaturnih razmer na mikrostrukturo in mehanske lastnosti aditivno izdelanih materialov. Temeljni projekt.
- Dostop do velikih infrastruktur v okviru projekta ReMade@ARI (REcyclable MAterials DEvelopment at Analytical Research Infrastructures).
- Dostop do velikih infrastruktur v okviru projekta NFFA.EU.

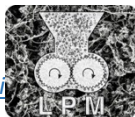
ČLANSTVA

- Slovensko društvo za mikroskopijo
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
- European Microscopy Society

3.2 LABORATORIJ ZA PREOBLIKOVANJE MATERIALOV



Vodja laboratorija
red. prof. dr Ivan Anžel
E-naslov: ivan.anzel@um.si
Tel.: 02 220 7861
Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-preoblikovanje-materialov/>



V laboratoriju za preoblikovanje materialov potekajo v okviru pedagoškega procesa na dodiplomskih in podiplomskih študijskih programih laboratorijske vaje, v okviru raziskovalnih dejavnosti pa študije in analize procesov ter pojavov pri preoblikovalnih oziroma oblikovalnih postopkih. Te dejavnosti sledijo temeljnemu cilju, da se z optimiranjem parametrov preoblikovanja oziroma oblikovanja izdelkov dosežejo željena, ciljna mikrostruktura in načrtovane lastnosti.

Na vseh področjih človeške aktivnosti se nenehno uvajajo novi materiali, posledično pa tudi alternativni postopki oblikovanja izdelkov. V laboratoriju za preoblikovanje materialov sledimo tem trendom z raziskovalnim delom na novem sistemu za kompondiranje, študijami izdelave sodobnih polimernih kompozitnih in hibridnih materialov s 3D-tiskanjem, analizami mehanizmov plastičnega tečenja pri sodobnih inženirskih materialih ter z razvojem posebnih preoblikovalnih postopkov (na primer ECAP). S ciljem, da na področju razvoja materialov in tehnologij sledimo trajnostnemu razvoju, potekajo tudi študije postopkov recikliranja materialov ter analize vpliva tehnoloških postopkov na okolje.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



PROCESS 11 ThermoFisher Scientific

Eksperimentalni sistem za kompondiranje nano- in mikrostrukturnih polimernih kompozitov in kovinskih stekel omogoča temeljne raziskave na področju sinteze polimernih kompozitov, kovinskih stekel ter kovinskih in keramičnih prašnih mešanic. Modularna zasnova sistema ponuja študij vpliva procesnih parametrov na mikrostrukturo in lastnosti kompozitov, študij geometrije polžev na homogenost mešanic, mehanizem mešanja in gnetenje, študij in merjenje reoloških lastnosti kompozitnih talin, študij vpliva aditivov (stabilizatorjev, lubrikantov, antioksidantov, UV-

stabilizatorjev, pigmentov ...) na lastnosti talin, vpliv tehnoloških parametrov na homogenost talin ter vpliv kristalizacije na zgradbo in lastnosti kovinskih stekel. Sistem omogoča tudi raziskave sposobnosti polimernih kompozitnih mešanic – polimernih zlitin za recikliranje. Ta laboratorijski ekstruder je idealen za različne vrste komponudiranja, kot so: 3D-filamenti, sistem za izdelavo folij, naprava za izdelavo pelet.



Naprava za spremljanje procesov v materialih z merjenjem električne upornosti je namenjena za spremljanje procesov kristalizacije taline ter omogoča sprotno in neporušno spremljanje: usmerjenega strjevanja (hitrost rasti strjevalne fronte, temperaturni gradient v tekočem), enakoosnega strjevanja (strjevalni interval, ohlajevalna hitrost) in toplotno obdelavo (kinetika ter mehanizmi faznih premen v trdnem stanju pri številnih toplotnih obdelavah: rekristalizacija, normalizacija, mehko žarjenje, popušcanje, cementiranje, nitridiranje, visoko temperaturna oksidacija ...).



HAAKE MiniJet Pro ThermoFisher Scientific

Naprava za injekcijsko brizganje polimernih in kompozitnih materialov omogoča brizganje različnih vzorčnih geometrij in standardnih testnih preizkušancev s pomočjo batnega brizgalnega sistema. Glavne lastnosti: majhen volumen vzorca od 2 do 12,5 ml materiala, hitra in preprosta uporaba, zamenljivi kalupi, testni primerki so lahko izdelani iz praškov, peletov ali neposrednega prenosa taline, geometrije vzorcev od uveljavljenih standardov do prilagojenih kalupov.



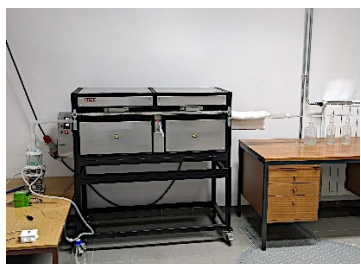
HAAKE MARS ThermoFisher Scientific

Reometer omogoča določitev reoloških lastnosti kompozitnih talin, mehanskih lastnosti kompozitnih materialov ter analizo vpliva procesnih parametrov izdelave na zgradbo, lastnosti in sposobnost recikliranja razvitih kompozitov. Z napravo lahko merimo viskoznost, elastičnost in s temperaturo povezane mehanske spremembe v vzorcih. S tovrstnimi meritvami lahko optimiziramo razvoj produktov, izboljšamo produktivnost in kakovost. Oblikovan je tako, da omogoči uporabo vseh povezanih sklopov, vključno z glavo in elektronskimi merilnimi sistemi, ki jih lahko poljubno menjavamo. Značilnosti: nadzorovana testna komora (od -150 °C do +600 °C), trdni objemki za dinamično mehansko termično analizo (DMTA), enostavna programska oprema HAAKE RheoWin.



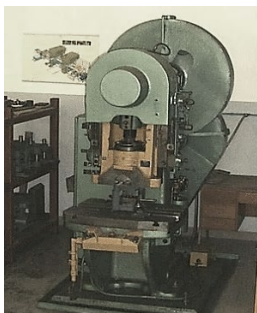
RAISE 3D E2 3D-tiskalnik z dvema neodvisnima šobama Proizvajalec

3D-tiskalnik ima nameščeni dve neodvisni šobi (IDEX – Independent Dual Extruders), zato je mogoč 3D-tisk z dvema različnima barvama ali kompatibilnima materialoma hkrati. Ker sta šobi povsem ločeni, lahko več objektov 3D-tiskamo z obema hkrati in tako razpolovimo čas 3D-tiska. Značilnosti: različni premeri konice šobe (0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1,0 mm), zaprta komora ohranjanja ambientne temperature tiska, 3D-tiskalnik je mogoče upravljati in spremljati na daljavo prek vgrajene kamere ter Wi-Fi ali Ethernet povezave, velika površina za tisk: 330 x 240 x 240 mm, širok spekter materialov do 300 °C, fleksibilna površina za tisk, ki omogoča varno odstranjevanje modelov.



USP-naprava za ultrazvočno razpršilno pirolizo lastne zasnove in izdelave.

Osnova naprave je ultrazvočni generator aerosola (UZ) s frekvenco 1,6 MHz, z najvišjo kapaciteto 0,5 L/h. Aerosol se transportira iz UZ generatorja z inertnim plinom (tipično N₂). Reaktor sestavljajo dve grelni coni in reakcijska cev. Grelni cone imajo dolžine 400 mm in maksimalno temperaturo 1000 °C, pri čemer obstaja možnost dodatka tretje cone. Reakcijska cev iz kvarčnega stekla ima dolžino 1800 mm in premer 35 mm, na dolžini 700 mm ima stransko cev, ki omogoča dovod redukcijskega plina, kot je npr. H₂. Osnovna izvedba lovilnega sistema predstavlja mokro lovljenje nanodelcev v kapljevinah in omogoča lovljenje v steklenih posodah in teflonskih posodah.



Ekscentrična stiskalnica AUE 600 kN Hiltman Lorenz

Obdelava in preoblikovanje materiala z manj vložena fizičnega napora, obdelava v krajšem času. Izrezovanje in luknjanje različnih izdelkov, lahko tudi polizdelkov, ki se lahko nadalje uporabijo pri drugih postopkih končne obdelave (strojna obdelava, termična obdelava itd.).



SMA testiranje Stacy

Naprava za trening enosmerne in dvosmerne oblikovne spomina spominskih zlitin. Naprava je dovolj občutljiva za merjenje majhnih obremenitev, ki jih zahtevajo majhni in tanki trakovi. Naprava omogoča termomehansko cikliranje do 200 °C ter razbremenitev in testiranje učinka dvosmerne oblikovne spomina.



Hidravlična stiskalnica VEB WEMA ZEULENRODA 250 MP Proizvajalec

Obdelovanje kovin v hladnem in vročem stanju. Preoblikovanje s postopki upogibanja, globokega vleka, stiskanja, tanjšanje materiala, protismerno in istosmerno iztiskovanje, kombinacije postopkov itd. Za postopke preoblikovanja večjih površin pločevine, odrezovanja in hkratnega upogibanja kosov.



Univerzalno eksperimentalno orodje FS - ITM 6502 - 010 Proizvajalec

Orodje za prosto stiskanje, upogibanje, obročni preizkus, tlačni preizkus za določanje krivulj plastičnosti.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Sistem za kompoundiranje podjetjem ponuja razvojno podporo na področju sinteze novih polimernih in kompozitnih materialov, na področju razvoja novih tehnoloških postopkov pa izdelave kompozitnih materialov s polimerno osnovo.
- Kompounderji ponujajo prilagodljive konfiguracije kompoundiranja za majhne serije bodisi za pilotno proizvodnjo bodisi za proizvodnje majhnih količin in so zelo primerni za raziskave in razvoj v polimernem, farmacevtskem, biološkem in nanotehnološkem sektorju.
- Študij vpliva parametrov izdelave na zgradbo in lastnosti kompozitnih in polimernih materialov, ob uporabi le nekaj gramov vhodnih surovin.
- Simulacija in optimizacija proizvodnega procesa kompoundiranja.
- Določanje reoloških lastnosti.
- Izdelava standardnih testnih preizkušancev iz polimernih in kompozitnih materialov s sistemom brizganja HAAKE MiniJet Pro za testiranje mehanskih, optičnih ali reoloških lastnosti vzorca.
- 3D-tisk za širok spekter materialov do 300 °C, velikost za tisk 330 x 240 x 240 mm.
- Sinteza nanodelcev.
- In situ meritve električne upornosti pri različnih toplotnih obdelavah.
- Obdelovanje kovin v hladnem in vročem stanju.
- Preoblikovanje z uporabo različnih orodij (prosto stiskanje, upogibanje, obročni preizkus, hladno iztiskovanje, globoki vlek, strižna izrezovalna orodja).

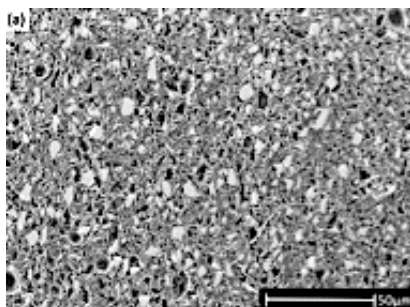
SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Inštitut za kovinske materiale in tehnologije Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov Slovenj Gradec, Slovenj Gradec, Slovenija
- Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: Sinteza in karakterizacija materialov, Ljubljana, Slovenija
- Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Medicinska fakulteta v Ljubljani. Ljubljana, Slovenija
- Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
- Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- IME RWTH Aachen, Aachen, Nemčija
- Metalurški fakultet Sisak, Sisak, Hrvaška

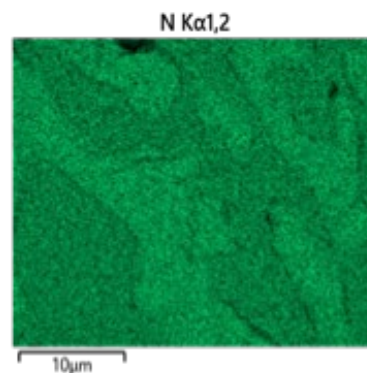
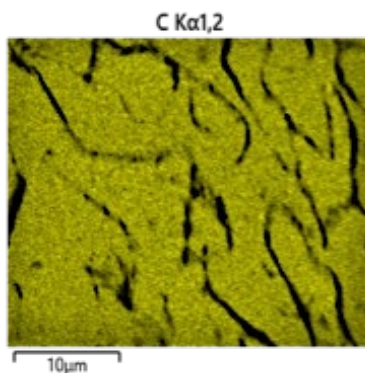
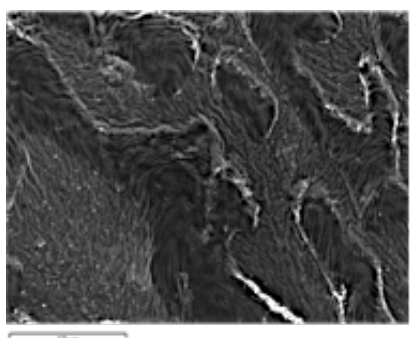
SODELOVANJE S PODJETJI

MLM, d. d., Farmtech, d. o. o., Paloma, d. d., Magneti, d. d., Impol, Weler Abrasive, Wire

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK



Razvoj novih tipov filamentov za 3D-tisk plastomagnetov ter razvoj novih hibridnih plastomagnetov, pri katerih je matica iz TPU in PA12, magnetni delci NdFeB pa so kombinacija delcev, izdelanih z »Melt spin« tehnologijo in plinsko atomizacijo.



PUBLIKACIJE

1. BRUNČKO, Mihael, KIRBIŠ, Peter, ANŽEL, Ivan, GUSEL, Leo, FEIZPOUR, Darja, IRGOLIČ, Tomaž, VUHERER, Tomaž. Evaluation of the impact and fracture toughness of a nanostructured bainitic steel with low retained austenite content. *Materials*. Feb. 2023, vol. 16, iss. 5, [article no.] 2003, str. 12. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma16052003. [COBISS.SI-ID 144522499], [JCR, SNIP, WoS, Scopus] financer: ARRS, Program, P2-0120, SI, Tehnologije metastabilnih materialov.
2. ELEN, Žiga, KRAJEWSKI, Marcin, ZUPANIČ, Franc, MAJERIČ, Peter, ŠVARC, Tilen, ANŽEL, Ivan, EKAR, Jernej, LIOU, Sz-Chian, KUBACKI, Jerzy, TOKARCZYK, Mateusz, RUDOLF, Rebeka. Melting point of dried gold nanoparticles prepared with ultrasonic spray pyrolysis and lyophilisation. *Nanotechnology reviews : Elektronski vir*. [Online ed.]. July 2023, vol. 12, iss. 1, str. 12. ISSN 2191-9097. DOI: 10.1515/ntrev-2022-0568. [COBISS.SI-ID 158645507], [JCR, SNIP, WoS, Scopus] financer: This research was funded by the Slovenian Research Agency Training and funding of a Young Researcher, (Co) Financing Agreements nos. 1000-19-0552, 1000-20-0552, and 1000-21-0552; ARRS, Programi, P2-0120, SI, Tehnologije metastabilnih materialov.
3. GÖKEN, J., SABA, N., ANŽEL, Ivan. Analysis of acoustic radiation of rectangular wooden panels made of spruce, maple and cherry wood. *Journal of alloys and compounds*. [Print ed.]. 25 October 2022, vol. 919 (165879), str. 10. ISSN 0925-8388. DOI: 10.1016/j.jallcom.2022.165879. [COBISS.SI-ID 112503299], [JCR, SNIP, WoS, Scopus].

4. FRAS ZEMLIJČ, Lidija, KRAŠEVAC GLASER, Tjaša, PLOHL, Olivija, ANŽEL, Ivan, ŠIMAT, Vida, ČAGALJ, Martina, MEŽNAR, Eva, MALIN, Valentina, STERNIŠA, Meta, SMOLE MOŽINA, Sonja. Biomass-derived plant extracts in macromolecular chitosan matrices as a green coating for PLA films. *Journal of functional biomaterials*. 2022, vol. 13, iss. 4 (228), str. 1–19, ilustr. ISSN 2079-4983. <https://www.mdpi.com/2079-4983/13/4/228>, DOI: 10.3390/jfb13040228. [COBISS.SI-ID 128975619], [JCR, SNIP, WoS do 7. 10. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.10, Scopus do 21. 9. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.10].
5. KIRBIŠ, Peter, ANŽEL, Ivan, BRUNČKO, Mihael. Kontinuirno litje visokoogljičnega nanostrukturiranega bainitnega jekla = Continuous casting of high carbon nanostructured bainitic steel. *Livarski vestnik : glasilo Društva livarjev Slovenije*. 2022, letn. 69, št. 1, str. 53–59, ilustr. ISSN 0024-5135. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-XGG17EBL>. [COBISS.SI-ID 104306179].

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- Jekla s hitro kinetiko tvorbe bainita in način izdelave omenjenega jekla : patent SI 25891 A, 2021-03-31. Kirbiš, Peter; Brunčko, Mihael; Anžel, Ivan; Večko Pirtovšek, Tatjana. Tip dela: 2.24 patent. Leto: 2021. COBISS.SI-ID 83654659.
- Merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov : Odločba o podelitvi patenta št. SI 22176 A, datum objave 30.06.2007; št. prijave P-200500302, datum prijave 07.11.2005. Brunčko, Mihael; Anžel, Ivan ; Bosio, Hugo. Tip dela: 2.24 patent. Leto: 2007. COBISS.SI-ID 10489366
- Merilna celica za spremljanje usmerjenega strjevanja: odločba o podelitvi patenta Urada Republike Slovenije za intelektualno lastnino št. SI 21765 A, (št. prijave P-200400115, datum prijave 14. 4. 2004, datum objave prijave 31. 10. 2005). Brunčko, Mihael; Anžel, Ivan ; Križman, Alojz. Tip dela: 2.24 patentLeto: 2005. COBISS.SI-ID 9994006

ARIS PROGRAM:

P2-0120 Tehnologije metastabilnih materialov
 IO-0029 Infrastrukturna dejavnost Univerze v Mariboru

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Nova generacija plastomagnetov. Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport, RRP št. 631-49/2020/1
- 3D-tiskani plastomagnetni. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, št. 4300-2/2027/149

ČLANSTVA

- Slovensko društvo za materiale
- Slovensko društvo za elektronsko mikroskopijo
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
- Društvo livarjev Slovenije

3.3 UNIVERZITETNI CENTER ZA ELEKTRONSKO MIKROSKOPIJO



Predstojnik centra
red. prof. dr. Ivan Anžel
 E-naslov: ivan.anzel@um.si
 Tel.: 02 220 7861



Splet: <https://www.fs.um.si/univerzitetni-center-za-elektronsko-mikroskopijo/>

Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo – UCEM je bil ustanovljen leta 2005, kot prvi infrastrukturni raziskovalni center na Univerzi v Mariboru, z namenom združevanja znanj in izkušenj na področju elektronske mikroskopije, ter kot raziskovalna podpora pri analiziranju vseh vrst kovinskih, keramičnih, polimernih, kompozitnih in hibridnih materialov. Delovanje UCEM-a je usmerjeno v povezovanje znanosti o materialih z materialografsko pripravo vzorcev in s tehnikami karakterizacije, ki jih elektronska mikroskopija v UCEM-u omogoča (SEI, BEI, analize EDX, analize EBSD, analize SXES, FIB idr.), s ciljem verodostojne identifikacije mikrostrukturnih konstituentov ter določitve lastnosti materialov v odvisnosti od tehnoloških postopkov

izdelave/obdelave. Možno je tudi opazovanje v okoljskem načinu, ki se uspešno uporablja za raziskave na področjih biologije, kemije in medicine. Prav tako se nudi podpora pri analizah specifičnih vzorcev, ki so slabo toplotno in električno prevodni, so mehki (npr. aerogeli), hlapljivi (npr. vanilini) ali pa tekoči (npr. oljne kapljice). Z uporabo ionske mikroskopije FIB/SEM je omogočena tudi fizikalna obdelava posameznih atomskih plasti vzorcev. S pomočjo znanja in izkušenj UCEM ponuja zanesljivo, kakovostno in strokovno kompetentno podporo pri karakterizaciji materialov. Raziskovalno delo na področju elektronske mikroskopije je povezano s pridobljenimi raziskovalnimi projekti in programi, v okviru katerih se uvajajo tudi novi načini in metode karakterizacije. Vsebine raziskovalnih programov in projektov vključujejo identifikacijo in karakterizacijo mikrostrukturnih elementov, analizo vpliva tehnologij izdelave na razvoj mikrostrukture in študije soodvisnosti med mikrostrukuro, lastnostmi in tehnologijo izdelave materiala.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



JSM-IT 800 SHL JEOL visokoločljivi vrstični elektronski mikroskop FEG SEM z EDX, EBSD in SXES spektrometri

Visokoločljiv vrstični elektronski mikroskop s poljsko emisijo elektronov je namenjen za opazovanje mikrostrukturnih konstituentov z uporabo različnih detektorjev (SED-topografija, BED-kompozicija oziroma Z-contrast, UHD-visokoločljiva topografija, UED-visokoločljiva kompozicija) pri različnih načinih opazovanja (STD, BD, LDF). S STEM-detektorjem je možno analizirati elektronsko presečne vzorce do debeline 50 nm. Z integriranimi EDX, EBSD in SXES spektrometri sistem omogoča kvalitativno in kvantitativno mikrokemično analizo, kristalografsko analizo faz, določitev orientacije kristalnih zrn, detekcijo lahkih elementov v sledovih in spektroskopijo kemijskega stanja atomov v mikrostrukturnih fazah. Sistem omogoča natančno mikrokemijsko analizo v zelo

kratkem času pri visoki ločljivosti. SXES-spektrometer, ki omogoča določitev energijskih stanj vezavnih elektronov oziroma gostoto stanj valenčnih elektronov, se odlikuje z vrhunsko energijsko ločljivostjo (1,2 eV). Mikroskop se odlikuje z visoko resolucijo (0,5 nm) pri pospeševalni napetosti 15 kV in odlično resolucijo (0,9 nm) pri zelo nizki pospeševalni napetosti 0,5 kV. Omogoča tudi opazovanje pri ekstremno nizkih pospeševalnih napetostih – 0,01 kV, kar je ugodno za opazovanje neprevodnih vzorcev (polimerni materiali, keramika, biološki preparati).



SIRION 400 NC FEI visokoločljivi vrstični elektronski mikroskop s poljsko emisijo elektronov, opremljen z EDX-analizatorjem,

je visoko ločljivi vrstični elektronski mikroskop s poljsko emisijo elektronov, ki omogoča izredno velike povečave in visoko ločljivost (1 nm). Opremljen je z EDX-spektrometrom za kvalitativno in semikvantitativno mikrokemično analizo ter omogoča kvalitativno in semikvantitativno mikrokemično točkovno in ploskovno analizo, kvalitativno linijsko analizo in ploskovno porazdelitev elementov (mapping). Analizirajo se lahko elementi od berilija do urana. Dobra ločljivost pri majhni pospeševalni napetosti omogoča tudi opazovanje neprevodnih vzorcev in materiale, ki vsebujejo komponente z majhnim atomskim številom. Vzorci se lahko opazujejo v visokem ali nizkem vakuumu (do 130

Pa). Mikroskop je opremljen z detektorjem SED (topografski kontrast) in BED (topografski in Z-contrast). Dodatno je na mikroskopu s STEM-detektorjem možno analizirati elektronsko presečne vzorce do debeline 50 nm.



QUANTA 200 3D-okoljski vrstični elektronski mikroskop FEI z ionsko puško in sistemom za nanašanje platine je okoljski vrstični elektronski mikroskop s toplotno emisijo elektronov. Mikroskop omogoča delo pri različnih tlakih in pri 100-odstotni vlažnosti. Okoljski način delovanja – ESEM je primeren za analizo in karakterizacijo neprevodnih vzorcev (polimerni materiali, keramika, neprevodne površinske plasti, biološki in medicinski preparati ...), še posebej pa je pomemben za opazovanje vlažnih, mastnih in umazanih vzorcev ter za opazovanje in-situ procesov (hidratizacija, raztapljanje ...). Ob elektronskem izvoru (elektronska puška) je mikroskop opremljen tudi z ionskim izvorom (ionska puška), ki poleg opazovanja površine omogoča tudi obdelavo površine in analizo mikrostrukture pod površino. Nestandardna oprema na mikroskopu je sistem za nanašanje platine, ki zaščiti površino pred poškodbami, ki bi nastale ob ionskem rezanju.



COOLING CROSS SECTION POLISHER IB-19520CCP JEOL

CCP-naprava je namenjena za vrhunsko pripravo prečnega prereza vzorca za opazovanje z vrstičnim elektronskim mikroskopom. Naprava je opremljena z nosilcem TVBA, ki omogoča prenos pripravljenega vzorca v vakuumu v komoro elektronskega mikroskopa JSM-IT 800 SHL tako, da vzorec po pripravi prečnega prereza ne pride v stik z atmosfero. CCP vsebuje tudi adapter CCA za naprševanje ogljika. V primerjavi z običajnim mehanskim poliranjem ustvari CCP zelo enoten prečni prerez brez napak zaradi rezkanja. Naprava je uporabna tudi za pripravo prečnih prerezov toplotno občutljivih materialov. Z opcijo prekinjenega rezkanja vzorcev (On-OFF-ON način), hlajenih s tekočim

dušikom (do $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$), se na površini poliranih vzorcev zmanjša koncentracija defektov, ki lahko nastanejo zaradi vpliva toplote.



CRYO ION SLICER IB-09090CIS JEOL

Naprava za avtomatsko pripravo tankih rezin za opazovanje s transmisijskim elektronskim mikroskopom (TEM). Za pripravo rezin se uporablja snop Ar ionov z možnostjo hlajenja nosilca vzorca do $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$.



ION SPUTTER JFC-1100E JEOL

Naprava za naprševanje tanke plasti zlata na površine slabo prevodnih ali električno neprevodnih vzorcev za opazovanje in preiskavo teh površin z vrstičnimi elektronskimi mikroskopi.



DIAMOND WIRE SAW MODEL 4500 WELL

Diamantna žaga na tanko žico z diamanti za precizno rezanje tankih rezin do debeline $100\text{ }\mu\text{m}$, za pripravo TEM-vzorcev.



Naprave za materialografsko pripravo vzorcev Buehler

Naprave za materialografsko pripravo vzorcev so namenjene pripravi površin različnih materialov za potrebe mikrostrukturne karakterizacije in analize z optičnim in elektronskim mikroskopom. Materialografska priprava vzorcev obsega: Rezanje vzorcev na precizni ali hitroreznici žagi; vlaganje vzorcev v umetno maso (hladno ali toplo vlaganje); brušenje in poliranje vzorcev na avtomatski brusno-polirni napravi; in kemijsko ali elektrolizno jedkanje.



NIKON Epiphot 300 s kamero OLYMPUS DP12 Olympus

Invertni metalurški optični mikroskop za mikrostrukturno karakterizacijo poliranih in jedkanih površin materialov, z možnostjo povečave od 50x do 1000x. S povezanim računalniškim programom AnalysIS je omogočeno tudi kvantitativno stereološko ocenjevanje mikrostrukture.



OLYMPUS SZX10 s kamero EP50 Olympus

Prilagodljiv stereomikroskop za rutinske preiskave. Mikroskop ima obseg povečave 10:1 z razponom 0,63x–6,3x povečave. Mikroskop je opremljen s podstavkom, ki omogoča nagib. S kamero EP50 je mogoče slikanje mikroskopskih vzorcev.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Priprave vzorcev za optično in elektronsko mikroskopijo.
- Mikrostrukturna karakterizacija in analiza materialov z optično in elektronsko mikroskopijo.
- Razvoj posebnih metod karakterizacije nanodelcev, nanostrukturnih materialov in drugih naprednih materialov.
- Analize in kontrolni pregledi zlitin žlahtnih kovin za nakit in zobno protetiko.
- Izvajanje infrastrukturne podpore uporabnikom, študentom dodiplomskega in podiplomskega študija, raziskovalcem na UM, UL ter drugim raziskovalnim organizacijam in podjetjem pri raziskavah na področju inženirskih materialov ter bioloških in medicinskih vzorcev.
- Analiza vzorcev keramičnih, kompozitnih in polimernih materialov.
- Priprava mehkih, mokrih in hlapljivih bioloških in medicinskih vzorcev z namenom ohranitve originalne oblike in strukture.
- Določanje lastnosti materialov in svetovanje o nadaljnji obdelavi materialov za doseganje želenih lastnosti ali reševanje tehnoloških težav pri obdelavi materialov.
- Kontrola kakovosti visoko zahtevnih industrijskih izdelkov in razvoj novih materialov ter tehnologij v podjetjih.
- Mikroskopija pri različnih tlakih v komori EM, ki omogoča analizo toplotno in električno neprevodnih vzorcev, ter spremljane in-situ procesov v komori.
- Mikroskopija z ionskim snopom (SEM/FIB).

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Inštitut za kovinske materiale in tehnologije Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov Slovenj Gradec, Slovenj Gradec, Slovenija
- Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Medicinska fakulteta v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
- Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

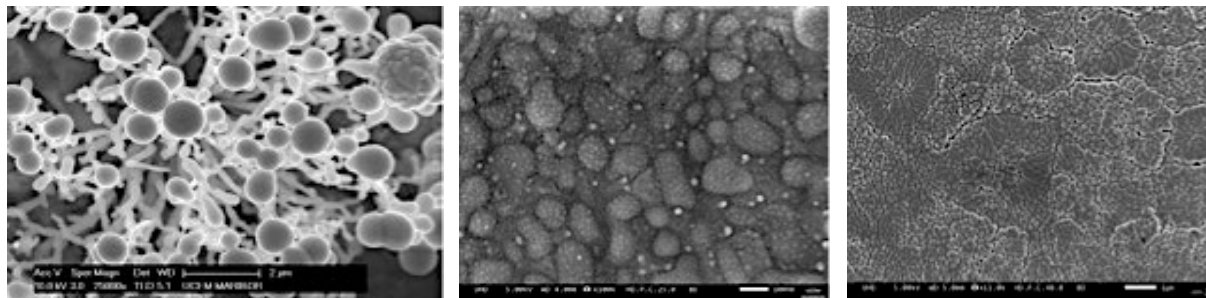
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- IME RWTH Aachen, Aachen, Nemčija
- Metalurški fakultet Sisak, Sisak, Hrvaška

SODELOVANJE S PODJETJI

Talum, Paloma, d. d., TÜV SÜD Sava, Magneti, d. d., Štore Steel, Unior Zreče, Impol, Zlatarna Celje, d. d., Weiler Abrasive, Wire, Magna Steyr, Slovenska industrija jekla, Acroni Jesenice, Metal Ravne, Cimos.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj tehnik mikrostrukturalne in mikrokemijske karakterizacije nanodelcev različnih kovinskih keramičnih in polimernih nanostrukturnih materialov.



Na posnetkih so nanodelci in mikrostruktura visokoentropijske zlitine iz sistema Ag-Pt-Cu-Ni po hitrem strjevanju.

PUBLIKACIJE

1. GÖKEN, J., SABA, N., ANŽEL, Ivan. Analysis of acoustic radiation of rectangular wooden panels made of spruce, maple and cherry wood. *Journal of alloys and compounds*. [Print ed.]. 25 October 2022, vol. 919 (165879), str. 10. ISSN 0925-8388. DOI: 10.1016/j.jallcom.2022.165879. [COBISS.SI-ID 112503299], [JCR, SNIP, WoS, Scopus]
2. JUG, Andraž, BRUNČKO, Mihael, RUDOLF, Rebeka, ANŽEL, Ivan. Oxidation behaviour of microstructurally highly metastable Ag-La alloy. *Materials*. Mar. 2022, vol. 15, iss. 6 (2295), str. 18. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma15062295. [COBISS.SI-ID 101707267], [JCR, SNIP, WoS do 14. 9. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.50, Scopus do 11. 9. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.50]
3. SIMIČ, Lidija, RUDOLF, Rebeka, MAJERIČ, Peter, ANŽEL, Ivan. Cast microstructure of a complex concentrated noble alloy Ag₂₀Pd₂₀Pt₂₀Cu₂₀Ni₂₀. *Materials*. July 2022, vol. 15, iss. 14 (4788), str. 14, ISSN 1996-1944. <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/14/4788>, DOI: 10.3390/ma15144788. [COBISS.SI-ID 114803715], [JCR, SNIP, WoS do 12. 12. 2022: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.00, Scopus do 20. 2. 2023: št. citatov (TC): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.00]
4. SIMIČ, Lidija, STOPIČ, Srečko, FRIEDRICH, Bernd, ZADRAVEC, Matej, JELEN, Žiga, BOBOVNIK, Rajko, ANŽEL, Ivan, RUDOLF, Rebeka. Synthesis of complex concentrated nanoparticles by Ultrasonic Spray Pyrolysis and lyophilisation. *Metals*. Oct. 2022, vol. 12, iss. 11 (1802), str. 1–16, ilustr. ISSN 2075-4701. DOI: 10.3390/met12111802. [COBISS.SI-ID 127093763], [JCR, SNIP, WoS do 12. 5. 2023: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.13, Scopus do 26. 4. 2023: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.13]
5. TIYYAGURA, Hanuma Reddy, MAJERIČ, Peter, BRAČIČ, Matej, ANŽEL, Ivan, RUDOLF, Rebeka. Gold inks for inkjet printing on photo paper: complementary characterisation. *Nanomaterials*. [Online ed.]. Feb. 2021, vol. 11, iss. 3 (599), str. 1–13, ilustr. ISSN 2079-4991. DOI: 10.3390/nano11030599. [COBISS.SI-ID 53366019], [JCR, SNIP, WoS do 17. 4. 2023: št. citatov (TC): 7, čistih citatov (CI): 4, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.80, Scopus do 29. 4. 2023: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1.00]

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- Jekla s hitro kinetiko tvorbe bainita in način izdelave omenjenega jekla : patent SI 25891 A, 2021-03-31. Kirbiš, Peter; Brunčko, Mihael ; Anžel, Ivan ; Večko Pirtovšek, Tatjana. Tip dela: 2.24 patent. Leto: 2021. COBISS.SI-ID 83654659.
- Merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov : Odločba o podelitvi patenta št. SI 22176 A, datum objave 30. 6. 2007; št. prijave P-200500302, datum prijave 7. 11. 2005. Brunčko, Mihael; Anžel, Ivan ; Bosio, Hugo. Tip dela: 2.24 patent. Leto: 2007. COBISS.SI-ID 10489366.

- Merilna celica za spremljanje usmerjenega strjevanja : odločba o podelitvi patenta Urada Republike Slovenije za intelektualno lastnino št. SI 21765 A, (št. prijave P-200400115, datum prijave 14. 4. 2004, datum objave prijave 31. 10. 2005). Brunčko, Mihael; Anžel, Ivan; Križman, Alojz. Tip dela: 2.24 patent Leto: 2005. COBISS.SI-ID 9994006.

ARIS PROGRAM

P2-0120 Tehnologije metastabilnih materialov
IO-0029 Infrastrukturna dejavnost Univerze v Mariboru

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Dostop do velikih infrastruktur v okviru projekta ReMade@ARI / REcyclable MAterials DEvelopment at Analytical Research Infrastructures
- Dostop do velikih infrastruktur v okviru projekta NFFA.EU

ČLANSTVA

- Slovensko društvo za materiale
- Slovensko društvo za elektronsko mikroskopijo
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
- Društvo livarjev Slovenije

4. MEHANIKA

Na področju mehanika deluje en laboratorij:

LABORATORIJ:	VODJA:
4.1 Laboratorij za aplikativno mehaniko	Boštjan Harl



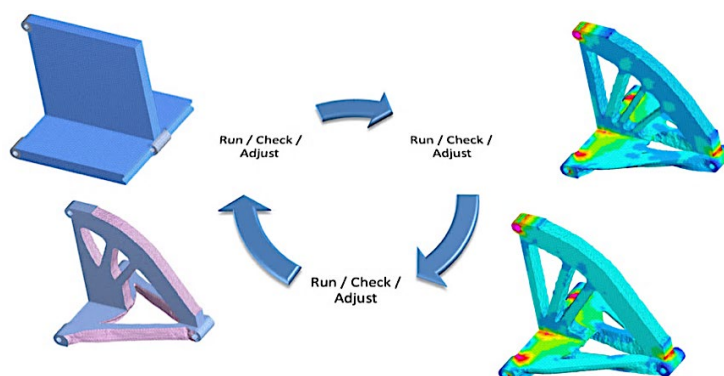
Predstojnik katedre za mehaniko
red. prof. dr. Nenad Gubeljak
E-naslov: nenad.gubeljak@um.si
Tel.: 02 220 7661
Splet: <https://www.fs.um.si/mehanika/>

4.1 LABORATORIJ ZA APLIKATIVNO MEHANIKO



Vodja laboratorija
doc. dr. Boštjan Harl
E-naslov: bostjan.harl@um.si
Tel.: 02 220 7809
Splet: <https://www.fs.um.si/mehanika/>

Delo v laboratoriju je razdeljeno na tri ključne sklope dejavnosti. Prvi sklop se osredotoča na razvoj metodologij in pripadajočih algoritmov za optimizacijo topologije nosilnih konstrukcijskih elementov. Ta pristop omogoča izboljšanje učinkovitosti in trdnosti konstrukcij z minimizacijo materiala. Drugi sklop zajema razvoj algoritmov in numeričnih postopkov za raziskovanje rasti razpok v različnih materialih in pod različnimi pogoji obremenitve. Ta segment omogoča boljše razumevanje mehanizmov rasti razpok ter napovedovanje obnašanja materialov v realnih pogojih. Tretji sklop obsega razvoj naprednih numeričnih algoritmov in pripadajoče programske opreme znotraj okvira numerične mehanike. To vključuje razvoj in implementacijo numeričnih optimizacijskih metod za izboljšanje natančnosti in učinkovitosti simulacij ter optimizacijo dizajna konstrukcij. Razvoj metodologij za optimizacijo konstrukcijskih delov ter algoritmov za analizo rasti razpok in naprednih numeričnih algoritmov v laboratoriju je ključen za izdelavo trdnih, varnih in ekonomičnih konstrukcij v različnih industrijah.



Topološki optimizacijski cikel

RAZISKOVALNA OPREMA



creo®

Programska oprema za **razvijanje in pisanje kode** Microsoft

Programska oprema za **topološko optimizacijo** CAESS

Programska oprema za **modeliranje in numerične simulacije** PTC

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Priprava numeričnih modelov, načrtovanje in izvedba optimizacije topologije nosilnih konstrukcijskih delov.
- Svetovanje pri načrtovanju in izvedbi projektov optimizacije različnih mehanskih sistemov.
- Razvoj namenskih algoritmov in pripadajoče programske opreme s področja numerične mehanike in optimizacijskih metod.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

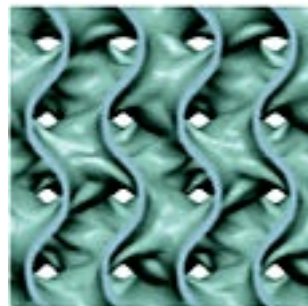
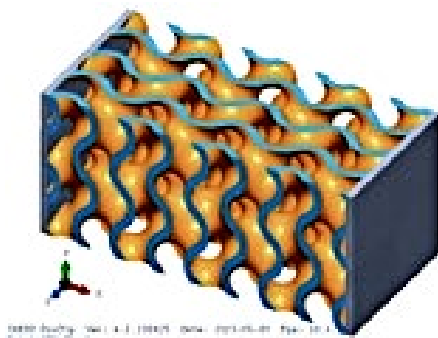
- Erich Schmid Institute of Materials Science, Leoben, Avstrija
- Materials Center Leoben, Leoben, Avstrija
- Vienna University of Technology, Dunaj, Avstrija
- Department of Mechanical and Mining Engineering, University of Jaen, Jaen, Španija
- Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Split, Split, Hrvaška
- Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija

SODELOVANJE S PODJETJI

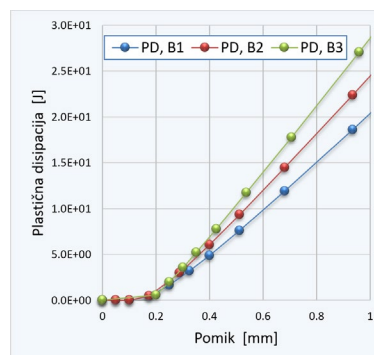
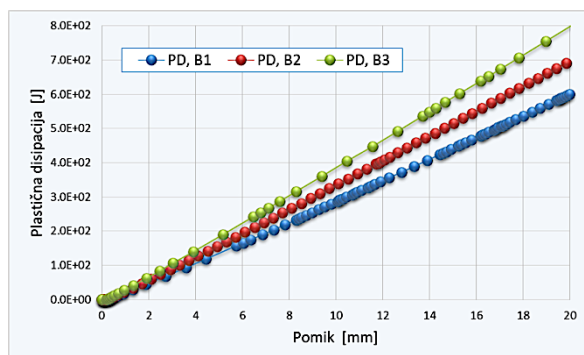
Elan, d. o. o, Begunje, Slovenija

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj postopka za fino oblikovanje celičnih struktur nosilnih konstrukcijskih delov z namenom doseganja določenih mehanskih lastnosti nosilnega dela. Razvit postopek omogoča fino oblikovanje različnih celičnih struktur, ki se lahko uporabljajo kot nosilni sklopi ali polnila. Postopek temelji na uporabi optimizacije topologije na ustrezno topološko procesirani domeni. Topološko procesiranje domene se vrši s pomočjo posebnega numeričnega orodja, ki ga imenujemo konfigurator.



Rezultati kažejo, da lahko s tem postopkom izboljšamo celične strukture tako, da prilagodimo na primer togost konstrukcijskega dela ali pa sposobnost disipacije energije prek plastifikacije materiala.



PUBLIKACIJE

1. KOLEDNIK, Otmar, ABHISHEK, Tiwari, POSCH, C., KEGL, Marko. *Configurational force based analysis of creep crack growth. International journal of fracture*, ISSN 0376-9429, July 2022, vol. 236, iss. 2, str. 175–199, doi: 10.1007/s10704-022-00645-z. [COBISS.SI-ID 119909379]
2. BRESCAKOVIC, Drazen, KEGL, Marko, KOLEDNIK, Otmar. *Interaction of crack and hole: effects on crack trajectory, crack driving force and fracture toughness. International journal of fracture*, ISSN 0376-9429, July 2022, vol. 236, iss. 1, str. 33–57, doi: 10.1007/s10704-021-00611-1. [COBISS.SI-ID 118609923]
3. RAMADANI, Riad, PAL, Snehashis, KEGL, Marko, PREDAN, Jožef, DRSTVENŠEK, Igor, PEHAN, Stanislav, BELŠAK, Aleš. *Topology optimization and additive manufacturing in producing lightweight and low vibration gear body. International journal of advanced manufacturing technology*, ISSN 0268-3768, Published: 03 March 2021, str. [1–13], doi: 10.1007/s00170-021-06841-w. [COBISS.SI-ID 54234371]
4. PREDAN, Jožef, KEGL, Marko, ABART, R., FISCHER, Franz Dieter, RAMMERSTORFER, Franz G. *On an alternative approach for simulating chemically induced crack pattern evolutions in a single crystal. International journal of solids and structures*, ISSN 0020-7683. [Print ed.], Oct. 2020, vol. 202, str. 575–586, doi: 10.1016/j.ijsolstr.2020.06.006. [COBISS.SI-ID 26865923]
5. TORRES JIMÉNEZ, Eloisa, DORADO VICENTE, Ruben, KEGL, Breda, KEGL, Marko. *One-dimensional modeling and simulation of injection processes of bioethanol-biodiesel and bioethanol-diesel fuel blends. Fuel*, ISSN 0016-2361. [Print ed.], Sep. 2018, vol. 227, str. 334–344. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236118307609>, doi: 10.1016/j.fuel.2018.04.118. [COBISS.SI-ID 21388566]

ARIS PROGRAM P2-0137 Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov

ČLANSTVA

- Slovensko društvo za mehaniko

5. PROIZVODNO STROJNIŠTVO

Na področju proizvodnega strojništva deluje 10 laboratorijev:

LABORATORIJ:	VODJA:
5.1 Laboratorij za dodajalno izdelavo	Igor Drstvenšek
5.2 Laboratorij za inteligentne obdelovalne sisteme	Mirko Ficko
5.3 Laboratorij za mehatroniko	Uroš Župerl
5.4 Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov	Borut Buchmeister
5.5 Laboratorij za odrezavanje	Simon Klančnik
5.6 Laboratorij za oljno hidravliko	Darko Lovrec
5.7 Laboratorij za prilagodljive obdelovalne sisteme	Mirko Ficko
5.8 Laboratorij za robotizacijo	Timi Karner
5.9 Laboratorij za simulacije diskretnih sistemov	Borut Buchmeister
5.10 Laboratorij za tehnološke meritve	Bojan Ačko



Predstojnik katedre za proizvodno strojništvo

red. prof. dr. Bojan Ačko

E-naslov: bojan.acko@um.si

Tel.: 02 220 7581

Splet: <https://www.fs.um.si/proizvodno-strojnistvo/>

5.1 LABORATORIJ ZA DODAJALNO IZDELAVO



Vodja laboratorija

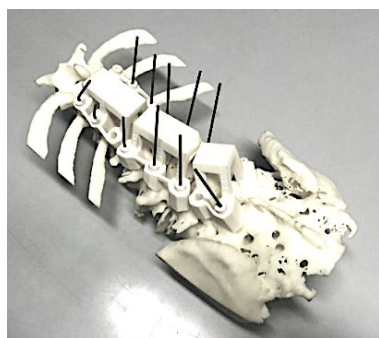
red. prof. dr. Igor Drstvenšek

E-naslov: igor.drstvensek@um.si

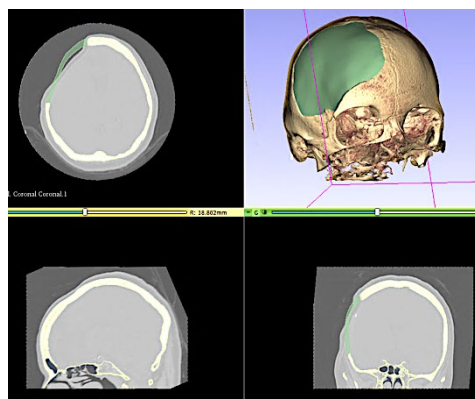
Tel.: 02 220 7593

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-dodajalno-izdelavo/>

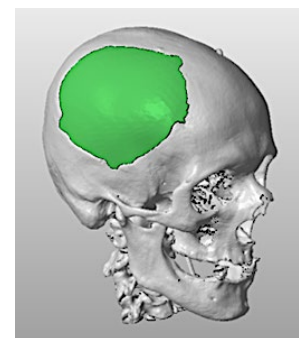
Laboratorij se ukvarja z razvojem in raziskavami na področju 3D-tiska, kot se popularno imenujejo dodajalne tehnologije. Ukvarjamo se z analizo procesov, ki se med postopki dodajalne izdelave dogajajo v materialih in s strukturno manipulacijo materialov, s katero želimo izboljšati njihovo obdelovalnost in storilnost postopkov. Na uporabniškem področju se ukvarjamo z uporabo dodajalne izdelave v medicini, predvsem na področjih nevrokirurgije, ortopedije, travmatologije in obrazne kirurgije, kjer sodelujemo z obema kliničnima centroma pri izdelavi medicinskih pripomočkov, prilagojenih posameznemu pacientu oziroma uporabniku. Od leta 2004 smo z različnimi nevrokirurškimi oddelki sodelovali pri več kot 50 kranioplastikah.



Vodila za postavitev pedikularnih vijakov



Modeliranje lobanjskega vsadka



Na medicinskem področju poleg konstruiranja medicinskih pripomočkov raziskujemo možnosti izdelave novih biozdružljivih materialov, predvsem kovinskih zlitin, ki posnemajo mehanske lastnosti kosti in omogočajo ustrezno osteointegracijo. Na industrijskem področju sodelujemo z mnogimi industrijskimi partnerji tako pri določanju obdelovalnih parametrov za različne polimerne in kovinske materiale kot pri razvoju novih naprav za dodajalno izdelavo oziroma pomožne procese pri dodajalni izdelavi.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Freemelt ONE Freemelt AB

FreemeltONE je naprava za dodajalno izdelavo (3D-tisk) kovinskih izdelkov s tehnologijo taljenja z elektronskim snopom. Opremljena je s 6 kW elektronskim topom in z delovnim prostorom premera 100 mm ter z višino 100 mm. Naprava deluje s kovinskimi prahovi granulacije od 0,07 do 0,15 mm in poteka v vakuumu. Vakuum, ki omogoča delovanje elektronskega topa, znaša med 10-6 hPa v cevi elektronskega topa in 10-7 hPa v delovnem prostoru. Taljenje v teh pogojih omogoča doseganje metalografskih in mehanskih lastnosti, ki jih v običajnih delovnih pogojih ni mogoče doseči. Naprava je popolnoma nastavljiva, kar predstavlja neomejene možnosti na področju raziskav materialov in izdelave novih zlitin ter materialov s funkcijsko stopnjevano mikrostrukturo.



LMP 200 Dentas

Naprava za dodajalno izdelavo (3D-tisk) kovinskih izdelkov s tehnologijo laserskega taljenja. Opremljena je z 200 W Yb:steklo laserjem in z delovnim prostorom velikosti 125 x 125 x 200 mm³. Debelina sloja je nastavljiva od 0,015 do 0,1 mm. Naprava deluje s kovinskimi prahovi granulacije od 0,03 do 0,06 mm in poteka v zaščitni atmosferi, kar omogoča uporabo reaktivnih materialov. Vsebuje integriran sistem za ravnanje z materialom, kar preprečuje njegovo kontaminacijo. Programska oprema omogoča poljubno spreminjanje procesnih parametrov in s tem izvajanje različnih poskusov ter razvoj novih materialov za dodajalno izdelavo.



Formiga P110 Velocis EOS

Naprava za lasersko sintranje polimernih materialov omogoča hitro izdelavo sorazmerno velikih kosov iz PA12 in drugih materialov. Opremljena je s 30 W CO₂ laserjem in z delovnim prostorom velikosti 240 x 190 x 300 mm³. Debelina sloja je nastavljiva od 0,06 do 0,1 mm. Naprava deluje s polimernimi prahovi in poteka v zaščitni atmosferi, kar preprečuje oksidacijo in zagotavlja izdelavo popolnoma funkcionalnih izdelkov.



ATO Lab + 3D Lab

Ultrazvočni atomizator je naprava, prilagojena delovanju v laboratorijskih razmerah. Jedro naprave predstavlja sklop plazemskega obloka, ki nastane med wolframovo elektrodo in elektrodo, pritrjeno na sonotrodo, ki vibrira s frekvenco 35 kHz. Naprava omogoča izdelavo prahov iz različnih kovinskih predoblik (okrogle palice ali žica). Prahi imajo sferično obliko, ki jo zahtevajo naprave za selektivno lasersko taljenje.



Lisa PRO Sinterit

Lisa pro je naprava za lasersko sintranje, ki zaradi svoje konstrukcije omogoča preizkuse z zelo raznolikimi polimernimi materiali pa tudi izdelavo manjših plastičnih prototipov iz materialov, kot so PA6, PA11, TPE in podobnih.



Asiga Pro 4K Asiga

Naprava za stereolitografijo, ki namesto laserja uporablja DLP-projektor za fotoaktivacijo polimernih smol. Naprava omogoča hitro izdelavo prototipnih modelov in razvoj novih fotopolimernih materialov.



Peč za termično obdelavo Dentas

Peč omogoča termično obdelavo kovinskih izdelkov, ki lahko poteka tako v vakuumu kot ob podpori različnih zaščitnih plinov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- 3D-tiskanje majhnih serij končnih izdelkov in prototipov.
- Vzratno inženirstvo.
- Uvajanje dodajalnih tehnologij v medicino.
- Tečajji za upravljalca strojev za lasersko sintranje in taljenje.
- Tečajji modeliranja v programskem okolju solidworks.
- Razvoj in izdelava medicinskih pripomočkov in modelov ter pomoč pri 3D-digitalnem načrtovanju operativnih posegov.

SODELOVANJA Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Zavod za gradbeništvo, Ljubljana, Slovenija
- UKC Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- OI Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- UKC Maribor, Maribor, Slovenija
- SB Celje, Celje, Slovenija
- SB Murska Sobota, Murska Sobota, Slovenija
- SB Ptuj, Ptuj, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- Management Center Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- Alto University, Helsinki, Finska

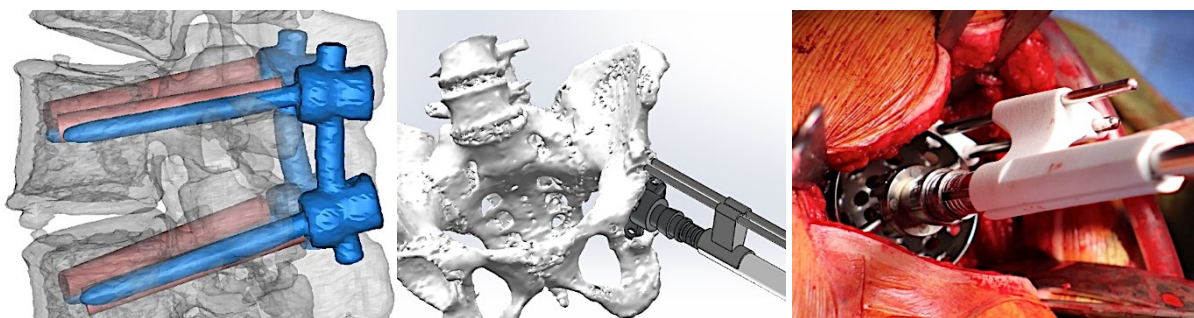
- University of Twente, Enschede, Nizozemska
- Loughborough University, Loughborough, Združeno kraljestvo
- SINTEF, Trondheim, Norveška
- Queen Mary Hospital, Hong Kong, Kitajska
- Hong Kong University, Hong Kong, Kitajska
- Technical University of Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romunija
- Technical University of Košice, Košice, Slovaška
- University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška

SODELOVANJE S PODJETJI

Talum, d. d., Kidričevo, Impol, d. d., Slovenska Bistrica, Cinkarna Celje, d. o. o., Celje, Dentas, d. o. o., Maribor, Seltron, d. o. o., Maribor, KOLN 3D, Ltd, Ženeva, Švica

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Uporaba računalniško podprtega konstruiranja, specialističnih kirurških znanj in tehnologij dodajalne izdelave pacientom ponuja individualno, bolj načrtovano, predvidljivejšo in zanesljivejšo obravnavo kot tradicionalna kirurgija. Natančno načrtovanje operacij je skupno vsem medicinskim področjem, kadar gre za invaziven poseg v človekovo telo, ne glede na medicinsko specializacijo. Načrtovanje kirurških posegov vedno temelji na diagnostičnih podatkih, ki jih morajo zajeti, predstaviti in ovrednotiti na način, ki ustreza končnemu cilju. Da bi razumeli splošne potrebe načrtovanja kirurških posegov, so v zadnjih 10 letih v Laboratoriju za dodajalno izdelavo Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru raziskali in analizirali precej kirurških primerov. Vsem primerom je skupna **rekonstrukcija diagnostičnih podatkov v trirazsežne modele**, ki jih pozneje uporabijo za načrtovanje, po potrditvi načrtovanih terapevtskih parametrov pa preoblikujejo v otipljiv kirurški pripomoček s pomočjo dodajalne izdelave. Proces trirazsežnega načrtovanja ima mnogo prednosti, zahteva pa nekaj znanj in spretnosti, ki med zdravniki niso običajne. Rezultati naših raziskav povzemajo posebnosti trirazsežnega načrtovanja in podajajo smernice za bolj razširjeno uporabo, pacientom prilagojenih medicinskih pripomočkov, narejenih s tehnologijami dodajalne izdelave.



PUBLIKACIJE

1. PAL, Snehashis, LOJEN, Gorazd, HUDAK, Radovan, RAJTUKOVA, Viktorija, BRAJLIH, Tomaž, KOKOL, Vanja, DRSTVENŠEK, Igor. As-fabricated surface morphologies of Ti-6Al-4V samples fabricated by different laser processing parameters in selective laser melting. *Additive manufacturing*. [Print ed.]. May 2020, vol. 33 (101147), str. 1–14, ilustr. ISSN 2214-8604. DOI: 10.1016/j.addma.2020.101147.
2. BRAJLIH, Tomaž, VALENTAN, Bogdan, BALIČ, Jože, DRSTVENŠEK, Igor. Speed and accuracy evaluation of additive manufacturing machines. *Rapid prototyping journal*. 2010, vol. 17, iss. 1, str. 64–75. ISSN 1355-2546. DOI: 10.1108/13552541111098644.
3. DRSTVENŠEK, Igor, ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica, BRAJLIH, Tomaž, PAL, Snehashis. Influence of local heat flow variations on geometrical deflections, microstructure, and tensile properties of Ti-6Al-4V products in powder bed fusion systems. *Journal of manufacturing processes*. [Print ed.]. May 2021, vol. 65, str. 382–396. ISSN 1526-6125. DOI: 10.1016/j.jmapro.2021.03.054.
4. PAL, Snehashis, GUBELJAK, Nenad, HUDAK, Radovan, LOJEN, Gorazd, RAJTUKOVA, Viktorija, BRAJLIH, Tomaž, DRSTVENŠEK, Igor. Evolution of the metallurgical properties of Ti-6Al-4V, produced with different laser processing

parameters, at constant energy density in selective laser melting. *Results in physics*. 2020, vol. 17 (103186), str. 1–9, ilustr. ISSN 2211-3797. DOI: 10.1016/j.rinp.2020.103186.

5. VAJDA, Jernej, BANOVIĆ, Luka, MIŠKO, Mihael, DRSTVENŠEK, Igor, MILOJEVIĆ, Marko, MAVER, Uroš, VIHAR, Boštjan. Algorithmic linearization improves Syringe-based extrusion in elastic systems using Hydrogel-based materials. *Materials & design*. May 2023, vol. 229, [article no.] 111884, str. 13. ISSN 0264-1275. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=84161>, <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=84161>, DOI: 10.1016/j.matdes.2023.111884.

ARIS PROGRAM P2-0137 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Razvoj varnih večnamenskih površin za katetre za preprečevanje nastanka biofilmov – DemoCat. L2-3163, 2024.
- Biofunkcionalizacija 3D-tiskanih kovinskih zlitin kot novo nastajajoča strategija za zmanjšanje neželenih učinkov ortopedskih vsadkov. J1-2470, 2020–2023.
- Napredne tehnologije obdelave individualiziranih 3D-tiskanih implantatov za preprečevanje bakterijskih okužb. J3-9262, 2018–2021.

ČLANSTVA

- Slovenski inštitut za standardizacijo, tehnični odbor SIST/TC VAR Varjenje
- European Technology Platform in Additive Manufacturing

5.2 LABORATORIJ ZA INTELIGENTNE OBDELOVALNE SISTEME



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. **Mirko Ficko**

E-naslov: mirko.ficko@um.si

Tel.: 02 220 7595

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-inteligentne-obdelovalne-sisteme/>

Laboratorij za inteligentne obdelovalne sisteme ima več kot 30 let izkušenj pri razvoju in uporabi inteligentnih obdelovalnih sistemov. Za analizo ter optimizacijo sistemov in vplivnih veličin procesov snuje ter izvaja poizkuse in računalniške inženirske simulacije ter razvija napovedovalne modele. Strojno učenje, evolucijske algoritme, inteligenco rojev ali umetnih nevronske mreže sodelavci laboratorija pogosto prenašajo tudi na druga področja. Laboratorij sledi razvoju umetne inteligence od globokega učenja do uporabe obsežnih jezikovnih modelov. Ukvarja se tudi z razvojem rešitev strojnega vida za obdelovalne stroje in sisteme. Laboratorij se ukvarja z izboljšanjem sposobnosti obdelovalnih in proizvodnih tehnologij.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



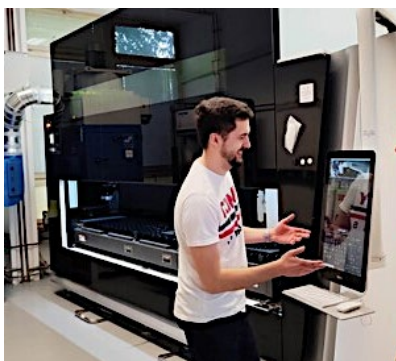
Petosni CNC-rezkalni stroj CV5-500 Mazak

Petosni CNC-rezkalni stroj omogoča petosno simultano rezkanje obdelovancev, pri čemer lahko obdelujemo obdelovance do premera 500 mm in višine 320 mm.



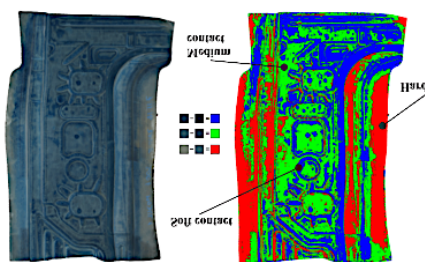
CNC-stroj za upogibanje pločevine TruBend 3066 Trumpf

CNC-stroj ima delovno dolžino upogibanja pločevine 2040 mm in omogoča potisno silo 660 kN. Opremljen je s sodobnim krmilnikom, ki omogoča simulacijo upogibanja pločevine z uporabo digitalnega dvojčka. Za avtomatsko merjenje kota in sprotno kompenzacijo elastične izravnave se uporablja ACB-laser, natančno doseganje pozicije pločevine pred upogibom pa je omogočeno s 4-osnim sistemom zadnjega prislona, ki omogoča tudi priklop industrijskega robota.



CNC-stroj za laserski razrez pločevine Bodor i7 Bodor

CNC-stroj za laserski razrez pločevine je namenjen laserskemu razrezu pločevine, režemo lahko širok spekter jekel (tudi nerjaveče) in druge materiale (na primer aluminij in medenino). Opremljen je z iterbijevim vlakenskim izvorom laserskega žarka moči 3 kW in delovnim prostorom velikosti 3048 x 1524 mm². Debelina rezanja pločevine je odvisna od vrste materiala in uporabljenega rezalnega plina, pri čemer je za rezalni plin možno uporabiti dušik in kisik.



Delovna postaja za izvajanje zahtevnih računalniških simulacij CAM in razvoj algoritmov z uporabo umetne inteligence

Delovno postajo sestavljajo visokozmogljiv procesor, nizkolatenčni delovni pomnilnik visoke kapacitete in grafično procesna enota z 10.496 jedri CUDA in s 384-bitno pasovno širino spominskega vmesnika. Visokozmogljive komponente omogočajo razvoj in testiranje optimizacijskih algoritmov, snovanje in učenje modelov umetne inteligence ter izvajanje kompleksnih numeričnih simulacij za računalniško podprto proizvodnjo.



Tracker Vantage E6 Max Faro

FARO Tracker Vantage E6 Max je visoko natančen laserski merilni instrument, ki omogoča določitev položaja in gibanja merjenega predmeta v tridimenzionalnem prostoru. Oprema vključuje prenosno lasersko sledilno napravo z baterijo za neodvisno delovanje, krogelne retroreflektorje s kompletom prijema in naslonov, brezžično senzorsko tipalo za merjenje skritih mest s kompletom priključkov z različnimi dolžinami stebra in premeri tipalne kroglice ter licenco za programsko opremo CAM2.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Izvajanje simulacij preoblikovanja pločevine
- Izvajanje simulacij obdelave z odrezavanjem
- Izvajanje eno- ter večkriterijskih optimalizacij proizvodnih postopkov in sistemov
- Snovanje in učenje modelov umetne inteligence
- Razvoj metodologije in izvedba tehnoloških meritev velikih naprav v zahtevnih okoljih

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Tehniška univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija
- Univerza v Novem Sadu, Fakulteta tehniških znanosti, Novi Sad, Srbija
- Univerza v Sarajevu, Fakulteta za strojništvo, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Campus 02, visoka strokovna šola v Gradcu, Gradec, Avstrija

SODELOVANJE S PODJETJI

Marovt, d. o. o., Inkolteh, d. o. o., SMM, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Analiza tuširnih slik preoblikovalnih orodij. Tuširanje preoblikovalnih orodij in analiza tuširne slike sta integralni del postopka izdelave orodij, ki služita za določanje prileganja orodja in preoblikovanca. Laboratorij ima edinstvene izkušnje na področju digitalizacije postopka tuširanja.



Zasnova sistema za analizo tuširne slike preoblikovalnih orodij

Zasnovan je sistem za analizo tuširne slike, ki je sestavljen iz 3D-digitalno optičnega zajemanja barvnih in geometrijskih informacij tuširanih preoblikovancev, predhodne obdelave zajetih podatkov z decimacijo, segmentacijo po metodi k-voditeljev, določanja stopnje svetlosti, mreženja (2D in 3D) in prikaza področij z informacijo o kakovosti naleganja na CAD-modelu. Ob tem je predstavljena tudi integracija analize tuširne slike z rezultati simulacije preoblikovanja za ocenjevanje naleganja orodij. Razviti so bili kazalniki za prikaz stopnje pokritosti oblakov točk, stopnje homogenosti in svetlostnih lastnosti posameznih razredov.

PUBLIKACIJE

1. GOTLIH, Janez, BREZOČNIK, Miran, PAL, Snehashis, DRSTVENŠEK, Igor, KARNER, Timi, BRAJLIH, Tomaž. A holistic approach to cooling system selection and injection molding process optimization based on non-dominated sorting. *Polymers*. Nov. 2022, vol. 14, iss. 22 (4842), str. 1–23, ilustr. ISSN 2073-4360. DOI: 10.3390/polym14224842. [COBISS.SI-ID 132370691]
2. GOTLIH, Janez, BREZOČNIK, Miran, KARNER, Timi. Stiffness-based cell setup optimization for robotic deburring with a rotary table. *Applied sciences*. Sep. 2021, vol. 11, iss. 17 (8213), str. 1–17, ilustr. ISSN 2076-3417. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/8213>, DOI: 10.3390/app11178213. [COBISS.SI-ID 75283459]
3. BERUS, Lucijano, KLANČNIK, Simon, BREZOČNIK, Miran, FICKO, Mirko. Classifying Parkinson's disease based on acoustic measures using artificial neural networks. *Sensors*, ISSN 1424-8220, 2019, vol. 19, no. 1, str. 1–15, ilustr. <https://dk.um.si/Dokument.php?id=132026>, doi: 10.3390/s19010016. [COBISS.SI-ID 21997846]
4. BRILI, Nika, FICKO, Mirko, KLANČNIK, Simon. Tool condition monitoring of the cutting capability of a turning tool based on thermography. *Sensors*, ISSN 1424-8220, Oct. 2021, vol. 21, iss. 19, str. 13, doi: 10.3390/s21196687. [COBISS.SI-ID 80136195]
5. FICKO, Mirko, BEGIĆ-HAJDAREVIĆ, Đerzija, HADZIABDIC, V., KLANČNIK, Simon. Multi-response optimisation of turning process parameters with GRA and TOPSIS methods. *International journal of simulation modelling*, ISSN 1726-4529, 2020, vol. 19, iss. 4, str. 547–558, doi: 10.2507/IJSIMM19-4-524. [COBISS.SI-ID 41317123]

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- BERUS, Lucijano, FICKO, Mirko. Sistem in metoda za ocenjevanje naleganja orodja za preoblikovanje pločevine: P-202200075, 13. 3. 2023. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport, 2023. str. [15]. [COBISS.SI-ID 160682243]

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Kognitivna geometrijska kontrola mehansko obdelanih odkovkov na osnovi množičnih podatkov iz obdelovalnega procesa. 1. 10. 2021–30. 9. 2024

5.3 LABORATORIJ ZA MEHATRONIKO 

Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Uroš ŽuperlE-naslov: uros.zuperl@um.si

Tel.: 02 220 7621

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-mehatroniko/>

Laboratorij za mehatroniko izvaja storitve na področju analiz in sintez zahtevnih mehatronskih sistemov. Ukvarja se z načrtovanjem krmilnih in regulacijskih postopkov vodenja tehničnih sistemov ter izvajanjem dinamičnih analiz obnašanja krmilnih in regulacijskih komponent različnih tehničnih izvedb. Laboratorij optimira regulacijske sisteme s pomočjo računalniških simulacijskih modelov ter analizira in sintetizira računalniške nadzorne sisteme za daljinsko vodenje in nadzor tehniških sistemov. Poleg tega se ukvarja s projektiranjem in vzdrževanjem električnih, elektronskih, pnevmatskih, hidravličnih in hibridnih sistemov avtomatskega vodenja na področjih proizvodnega strojništva, energetike, procesne tehnike in kmetijske mehanizacije. Laboratorij neprestano razvija inovativne rešitve za izboljšanje učinkovitosti in zanesljivosti mehatronskih sistemov ter prispeva k napredku v industriji z izvajanjem naprednih raziskav in praktičnih aplikacij.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**Popolnoma avtomatiziran Robotikbar FS, LAMEH**

Aplikacija treh industrijskih robotov in inteligentnega logističnega transportnega sistema za dostavo pijač pri realizaciji popolnoma avtomatiziranega bara. Z uporabo ročnih terminalov in vizualnega sistema kupec komunicira z roboti in izbira/naroča pijačo. Sistem vključuje pameten inovativen transportni sistem Montrac, ki zagotavlja, da je prava pijača postrežena pravi stranki, tudi brez nadzora, zahvaljujoč novi tehnologiji Chaos. Bar, ki so ga uporabili obiskovalci na sejmu Automatica v Nemčiji, je demonstracija, kako učinkovite in varne so lahko aplikacije industrijskih robotov in transporta brez centraliziranega nadzornega sistema

**Hidravlični servo sistem FS, LAMEH**

Hidravlična mehatronska servo-os, hidravlični cilindri s priključno ploščo, servo-ventil Moog, proporcionalni ventil Bosch, hidravlični agregat Klavivar, mikrofilter, elektronika, vodila stroja, sani z utežmi. Hidravlični servosistem služi za razvoj in testiranje kompleksnih algoritmov vodenja za elektrohidravlične premočrtne in rotacijske servopogone.

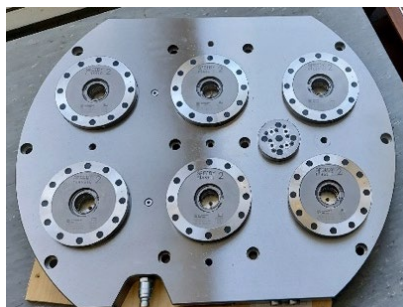
**ROEMHELD D8.0115 Roemheld Group**

Namenski hidravlični agregat z ustreznim krmiljem za hidravlične vpenjalne sisteme in sisteme z ničelnim pozicioniranjem. Agregat z delovnim tlakom 300 barov je odlična izbira za uporabo v vpenjalnih sistemih.

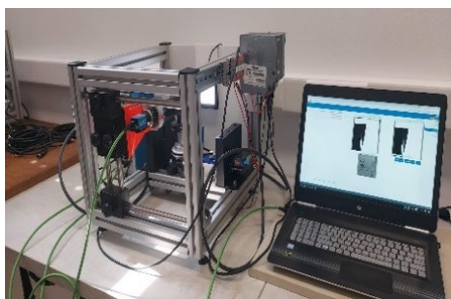


Industrijski krmilniki Siemens, Beckhoff, Phoenix contact, ProConOS

Industrijski krmilniki za izvedbo krmilnih in regulacijskih postopkov vodenja tehničnih sistemov.



Hitro vpenjalni hidravlični modul z integriranim vpenjalnim sistemom (NP modul) Roemheld Group Za kompatibilnost in izmenljivost med industrijskimi moduli v pametni orodjarni skrbi hitro vpenjalni hidravlični modul z integriranim vpenjalnim sistemom (NP modul), ki zagotavlja hitro vpenjanje s ponovljivim pozicioniranjem obdelovalnih palet, primežev, vpenjalnih priprav in obdelovancev. Hitro vpenjalni hidravlični modul je sestavljen iz 6-pinske hitro vpenjalne palete (pritrjena na mizo stroja) in hitro vpenjalne palete z integriranimi hidravličnimi vpenjali.



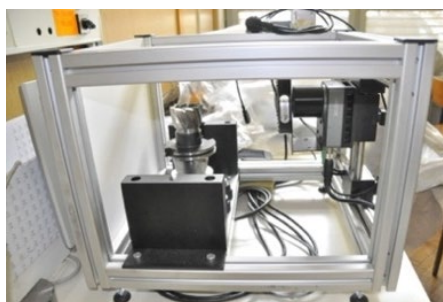
Sistem strojnega vida SICK 2D vision sensor FS, LAMEH

Sistem vsebuje elemente vizualnega sistema za merjenje obrabe orodja in detekcijo poškodb rezalnega roba skupaj s strojno opremo za povezavo senzorjev do IoT-aplikacij na senzorskem oblaku. Bistveni element je naprava za integracijo senzorjev z odprto programsko opremo za razvoj visoko zmogljivih, inovativnih ter uporabniku prilagojenih rešitev senzorskih oblačnih aplikacij za nadzor procesov.



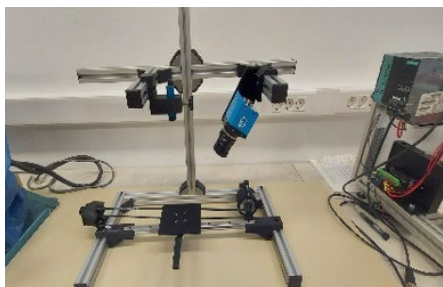
Laserska merilna celica SICK FS, LAMEH

Za zelo precizne meritve obrabe rezalnega roba in geometrije obdelovanca sta odlična izbira dva visoko zmogljiva, laserska merilna senzorja razdalje z visoko merilno natančnostjo in frekvenco 80 kHz, enostavno konfiguracijo z internetnimi vmesniki, vodenimi prek spletnih strežnikov, z merilnimi algoritmi, ki so neodvisni od površine obdelovanca, in z vmesniki za enostavno integracijo v večsenzorske merilne sisteme.



Optični merilni sistem NI1772 C FS, LAMEH

Vizualni sistem za nadzor stanja orodja. Služi za dimenzijsko kontrolo rezalnega orodja in merjenje obrabe orodja.



3D machine vision sensor SICK Ranger3 FS, LAMEH

Za inšpekcijo kakovosti površin, za inšpekcijo rezalne ploščice orodja in za hitre meritve oblik in barve odrezkov je odlična izbira majhna, zelo natančna 3D-kamera z ustrežno 1" optiko in velikimi hitrostmi merjenja, CMOS-senzorjem za velike 3D-zmogljivosti, z možnostjo integracije v sisteme z več kamerami in z ustreznim konfiguracijskim softverom (vizualizacijska orodja) v angleškem jeziku.



Halder Halder

Modularni T-utorni univerzalni vpenjalni modul (set) in senzorsko-nadzorni sistem za identifikacijo položaja obdelovanca v vpenjalni pripravi.



Halder Halder

Specialni vpenjalni in pozicionirni elementi za gradnjo vpenjalnih sistemov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Analiza in sinteza najzahtevnejših mehatronskih sistemov.
- Načrtovanje krmilnih in regulacijskih postopkov vodenja tehničnih sistemov.
- Izvajanje dinamičnih analiz obnašanja krmilnih in regulacijskih komponent različnih tehničnih izvedb.
- Optimiranje regulacijskih sistemov s pomočjo računalniških simulacijskih modelov.
- Analiza in sinteza računalniških nadzornih sistemov za daljinsko vodenje in nadzor tehniških sistemov.
- Projektiranje električnih, elektronskih, pnevmatskih, hidravličnih in hibridnih sistemov avtomatskega vodenja na področju proizvodnega strojništva, energetike, procesne tehnike, logistike in kmetijske mehanizacije.
- Funkcionalno izobraževanje s področja mehatronike ter krmilne in regulacijske tehnike.
- Uvajanje senzorske tehnike v obdelovalne procese.
- Snovanje sodobnih nadzornih sistemov procesov freziranja.
- Računalniško modeliranje, simuliranje in optimiranje procesov odrezavanja in vpenjanja.
- Snovanje, izdelava in testiranje modularnih vpenjalnih priprav za procese odrezavanja.
- Razvoj eksperimentalnih metod za preizkušanje rezalnih orodij in testiranje sodobnih rezalnih materialov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

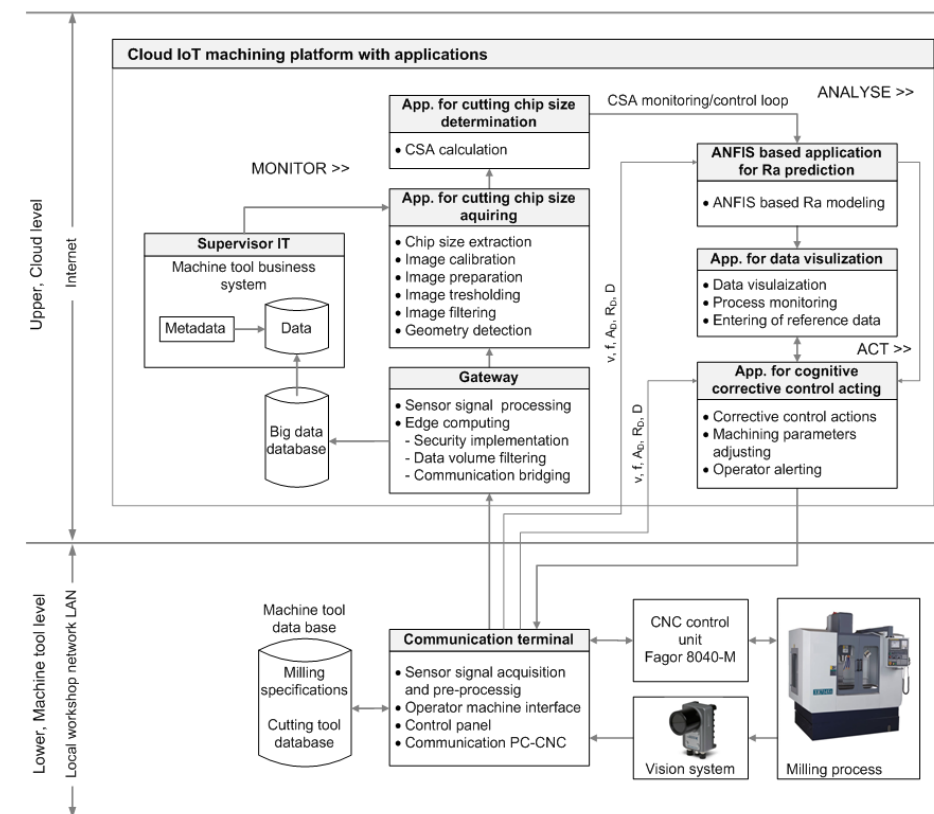
- Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- Technische Universität Wien, Dunaj, Avstrija
- University of applied sciences, Fachhochschule Technikum Wien, Dunaj, Avstrija
- Czech Technical University in Prague, Praga, Češka
- Kielce University of Technology, Kielce, Poljska
- University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija
- Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Skopje, Severna Makedonija

SODELOVANJE S PODJETJI

Štore steel, d. o. o., Halder, d. o. o., trgovina in storitve, Erwin Halder KG, Emo orodjarna, d. o. o, SICK, d. o. o., Trilobit, d. o. o., N&N, d. o. o., Beckhoff Avtomatizacija, d. o. o, Siemens Trgovsko in storitveno podjetje, d. o. o., ANSI Poslovne storitve Andrej Slekovec, s. p., PPS Štefan Časar, s. p.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj dvonivojskih kibernetsko fizičnih obdelovalnih sistemov za nadzor stanja rezalnega orodja, kakovosti obdelane površine, porabe energije in stabilnosti vpenjanja. Izdelana je struktura na oblaku temelječega sistema za sprotno spremljanje stanja orodja z zaznavanjem velikosti odrezkov pri čelnem rezkanju. Sistem je zasnovan tako, da povezuje IoT (Internet of Things) platformo za spremljanje stanja orodja v zasebnem oblaku z obdelovalnim strojem in optičnim sistemom v orodjarni. Optični sistem skrbi za zajem in prenos signalov velikosti odrezkov v aplikacijo IoT, kjer se uporabljajo kot indikator za ugotavljanje stanja orodja in kakovosti površine. Oblačna platforma IoT uporablja internetne analitične storitve v realnem času za spremljanje kakovosti površine in korekcijo procesa pri obdelavi materialov, kjer prihaja do nenadne obrabe in pogostih poškodb orodij.



Analične storitve v obliki internetnih aplikacij je mogoče deliti z drugimi geografsko porazdeljenimi proizvodnimi sistemi v obdelovalni delavnici. Umetna inteligenca, integrirana v platformo z zmogljivostjo prepoznavanja vzorcev, spremlja stanje kakovosti površine z identifikacijo trenutnega trenda izračunane rezalne sile in ščiti orodje pred prekomernimi obremenitvami s korekcijo procesnih parametrov.

PUBLIKACIJE

1. KOVAČIČ, Miha, ŽUPERL, Uroš. *Continuous caster final electromagnetic stirrers position optimization using genetic programming. Materials and manufacturing processes.* 31 May 2023, vol. 38, iss. [12], str. 9, ilustr. ISSN 1042-6914. DOI: 0.1080/10426914.2023.2219317.
2. KOVAČIČ, Miha, ŽUPERL, Uroš, BREZOČNIK, Miran. *Optimization of the rhomboidity of continuously cast billets using linear regression and genetic programming: A real industrial study. Advances in production engineering & management.* Dec. 2022, vol. 17, no. 4, str. 469–478. ISSN 1854-6250. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-QOYH8ZGS>, DOI: 10.14743/apem2022.4.449.
3. ŚWIDERSKI, Jacek, WŁODZIMIERZ, Makiela, DOBROWOLSKI, Tomasz, STĘPIEŃ, Krzysztof, ŽUPERL, Uroš. *The study of the roundness and cylindricity deviations of parts produced with the use of the additive manufacturing. International journal of advanced manufacturing technology.* Aug. 2022, vol. 121, iss. 11/12, str. 7427–7437. ISSN 0268-3768. DOI: 10.1007/s00170-022-09838-1.
4. ŽUPERL, Uroš, KOVAČIČ, Miha, BREZOČNIK, Miran. *An anfis-mechanistic simulator of tool loads in ball-end milling of layered metal materials. International journal of simulation modelling.* Dec. 2022, vol. 21, no. 4, str. 639–650. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM21-4-624.
5. KOVAČIČ, Miha, ŽUPERL, Uroš. *Modeling of tensile test results for low alloy steels by linear regression and genetic programming taking into account the non-metallic inclusions. Metals.* Aug. 2022, vol. 12, iss. 8 (1343), str. 1–17, ilustr. ISSN 2075-4701. DOI: 10.3390/met12081343.

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Metronet – network for novel measuring and manufacturing technologies. PL-0007-18-2223

ČLANSTVA

- DAAAM – Danube Adria Association For Automation & Manufacturing

5.4 LABORATORIJ ZA NAČRTOVANJE PROIZVODNIH SISTEMOV



Vodja laboratorija
red. prof. dr. Borut Buchmeister
 E-naslov: borut.buchmeister@um.si
 Tel.: 02 220 7631
 Splet: <http://lanps.fs.um.si/>

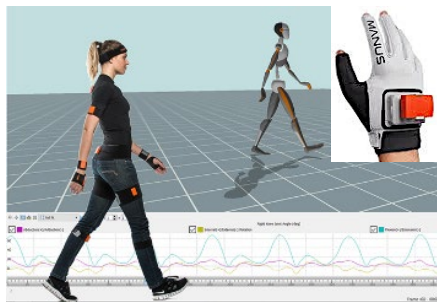
Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov združuje pedagoško delo na vseh stopnjah študija ter teoretično in uporabniško usmerjeno raziskovalno delo za ustanove in industrijo. Osnovno področje dejavnosti laboratorija je proizvodni menedžment, ki vključuje razvoj izdelkov, študij dela, ergonomijo, uvajanje sodelovalnih delovnih mest (koboti), načrtovanje kapacitet, razmestitev virov, uporabo navidezne resničnosti, upravljanje zalog, kakovosti in dobaviteljskih verig, vodenje projektov, vzdrževanje, vitko proizvodnjo in stroške. Posebno pozornost namenjamo gospodarjenju s časom, ergonomskemu oblikovanju delovnih mest, načrtovanju sodelovalnih delovnih mest, načrtovanju tehnologije in vodenju proizvodnje. Ukvarjamo se tudi s projektним menedžmentom, načrtovanjem zanesljivosti proizvodnih procesov, menedžmentom znanja in inovacij ter menedžmentom storitev. Naša ekipa s svojimi obsežnimi znanji in analitičnimi orodji razvija učinkovite in inovativne rešitve, ki pripomorejo k izboljšanju proizvodnih procesov, k učinkovitemu zelenemu prehodu in povečanju konkurenčnosti v industriji.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Sodelovalni robot **Universal Robots UR3e Universal Robots Danska** in prijemalo **Robotiq 2F-85 Robotiq Francija**

Sodelovalni robot spreminja tradicionalno obliko dela, saj osvobaja delavce visoke intenzivnosti in monotonijske operacij. S človekom si deli skupen prostor in skupno opravlja širok nabor nalog. Sodelovalni robot je opremljen z vrsto senzorjev in z varnostnimi funkcijami, ki mu omogočajo zaznavanje in odzivanje na prisotnost ljudi v njihovem delovnem prostoru. Programiranje ni zapleteno, zato je primeren tudi za manjše serije izdelkov.



Senzorska, strojna in programska oprema za ergonomsko analizo kolaborativnega delovnega mesta: senzorska obleka **Xsens MVN Human Motion Measurement Movella Inc. ZDA**, senzorske rokavice **Manus gloves for Xsens-edition Manus Nizozemska**

Senzorska obleka s 17 senzorji zajema premike, ustvarja podatke in jih posreduje programske opreme v obdelavo za potrebe ergonomskih študij, optimizacije izvajanja dela ipd. Senzorske rokavice so v celoti integrirane v Xsensovo programsko opremo za zajem gibanja, kar omogoča, da zajemamo podatke o gibanju prstov roke v realnem času.



Inteligentni sistem za študij časa in normiranje kolaborativnih delovnih mest **DRIGUS Drigus Systeme GmbH Nemčija**

Sistem vsebuje snemalno napravo MULTIDATA (za zajemanje časovnih podatkov pri snemanju delovnih mest) in programsko opremo MEZA, PLAZET, MULTI za obdelavo posnetkov. Študij časa temelji na metodi REFA.



Programska oprema za potrebe študija časa in dela **Normar Pisk, d. o. o., Slovenija**

Sistem za študij časa obsega snemanje časa po metodi REFA z določanjem normativov, študije slike delovnega dneva in študije izrabe delovnega časa po metodi trenutnih opažanj.



VR/AR strojna oprema Oculus Rift in Oculus Go Oculus VR ZDA in HTC Vive Pro HTC Corp. Tajvan

Oprema za navidezno in razširjeno resničnost vključuje vrsto senzorjev in algoritmov, ki sledijo gibanju uporabnikove glave in rok, kar omogoča poglobljeno 3D-izkušnjo v delovnem okolju.



Oprema za načrtovanje in optimizacijo pametnih tovarn

Programska oprema: paket Siemens PLM Software, paket Autodesk Factory Design Suite, Plant Simulation paket, LEKIN sistem za terminiranje, MS Project za upravljanje projektov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Ugotavljanje strukture delovnega časa (izgub), študij časa.
- Ergonomske študije delovnih mest.
- Razvoj kolaborativnih delovnih mest.
- Optimizacija vodenja proizvodnje, razvoj sistema terminiranja.
- Optimizacija razmestitve opreme (layouta).
- Upravljanje zalog.
- Projektni menedžment: reševanje problemov na strateški in operativni ravni.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

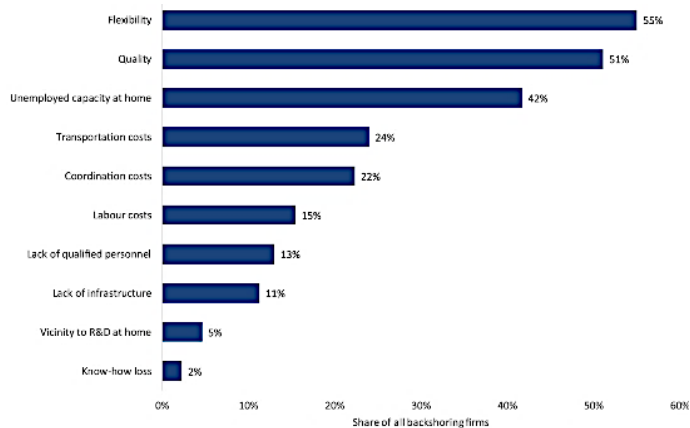
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Technische Universität Wien, Dunaj, Avstrija
- Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija
- University of Applied Sciences, Karlsruhe, Nemčija
- Poznan University of Technology (Politechnika Poznanska), Faculty of Engineering Management, Poznan, Poljska
- Estonian University of Life Sciences (EESTI MAAULIKOOL), Biosystems Engineering, Tartu, Estonija
- University of Southern Denmark, Mads Clausen Institute and Institute for Marketing & Management, Danska
- Technical University of Košice, Slovaška
- University of Girona, Polytechnics School, Department of Business Administration and Product Design, Španija
- Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija
- Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Strojarski fakultet, Sveučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvaška
- Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Leeds University, Business School, Leeds, Velika Britanija
- Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Nemčija
- Austrian Institute of Technology, Dunaj, Avstrija

SODELOVANJE S PODJETJI

Siemens, A. G., München, Nemčija, DRIGUS Systeme GmbH, Dortmund, Nemčija, PISK, d. o. o., Maribor, Slovenija
 LEK, d. d., Ljubljana, Slovenija, Scara-Tec, d. o. o., Hajdina, Slovenija, Plastika Skaza, d. o. o., Velenje, Slovenija,
 Lean rešitve, d. o. o., Celje, Slovenija, Hella Saturnus Slovenija, d. o. o., Ljubljana, Slovenija, Mik Celje, d. o. o.,
 Celje, Slovenija, Seco Tools Si, d. o. o., Pesnica, Slovenija.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Selitev proizvodnih dejavnosti z lokacij v tujini nazaj v domačo državo (backshoring) je v zadnjih letih pridobila veliko pozornosti v političnih razpravah in akademskih raziskavah. **Raziskava predstavlja empirične dokaze iz velikega vzorca evropskih proizvodnih podjetij.** Podatki kažejo, da je backshoring med evropskimi podjetji razmeroma redek. Najpogostejši razlogi so: izguba fleksibilnosti, pomanjkljiva kakovost blaga, proizvedenega v tujini, in neizkoriščene zmogljivosti doma. Prevladuje v visokotehnoloških sektorjih, zlasti v elektro opremi, informacijski in komunikacijski opremi ter avtomobilski industriji.



PUBLIKACIJE

- ZHANG, Hankun, BUCHMEISTER, Borut, LI, Xueyan, OJSTERŠEK, Robert. An efficient metaheuristic algorithm for job shop scheduling in a dynamic environment. *Mathematics*. 2023, vol. 11, iss. 10, [article. no.] 2336, str. 24. ISSN 2227-7390. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84308>, DOI: 10.3390/math11102336. [COBISS.SI-ID 152528131], [JCR, SNIP, WoS].
- LERHER, Tone, FICKO, Mirko, PALČIČ, Iztok. Throughput performance analysis of automated vehicle storage and retrieval systems with multiple-tier shuttle vehicles. *Applied mathematical modelling*. [Print ed.]. Mar. 2021, vol. 91, str. 1004–1022, ilustr. ISSN 0307-904X. DOI: 10.1016/j.apm.2020.10.032. [COBISS.SI-ID 36277251], [JCR, SNIP, WoS].
- ŠEBO, Juraj, ŠEBOVÁ, Miriam, PALČIČ, Iztok. Implementation of circular economy technologies: An empirical study of Slovak and Slovenian manufacturing companies. *Sustainability*. Nov. 2021, vol. 13, iss. 22 (12518), str. 1–17. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su132212518. [COBISS.SI-ID 84952323], [JCR, SNIP, WoS].
- VUJICA-HERZOG, Nataša, HARIH, Gregor. Decision support system for designing and assigning ergonomic workplaces to workers with disabilities. *Ergonomics*. [Print ed.]. Nov. 2019, vol. 62, iss. 12, str. 1–13, ilustr. ISSN 0014-0139. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00140139.2019.1686658?scroll=top&needAccess=true>, DOI:10.1080/00140139.2019.1686658. [COBISS.SI-ID 22759190], [JCR, SNIP, WoS].
- DACHS, Bernhard, KINKEL, Steffen, JÄGER, Angela, PALČIČ, Iztok. Backshoring of production activities in European manufacturing. *Journal of purchasing and supply management*. [Print ed.]. June 2019, vol. 25, iss 3 (100531), str. 1–16. ISSN 1478-4092. DOI: 10.1016/j.pursup.2019.02.003. [COBISS.SI-ID 22168342], [JCR, SNIP, WoS].

ARIS PROGRAM: P2-0190, Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Ergonomic workplace design for workers with disabilities and their long-term employment ERGOART. Erasmus+ 2023-1-SI01-KA220-HED-000166987, 1. 9. 2023–28. 2. 2026.
- European Manufacturing Survey. Koordinator Fraunhofer Institute, ISI, Karlsruhe, 2021–2024.
- Organizacija proizvodnje s primarno osredotočenostjo na organiziranje zaposlenih v proizvodnji. LEK farmacevtska družba, d. d., 30. 1. 2022–30. 7. 2023.
- Znanstvenoraziskovalno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Zvezno republiko Nemčijo, ARIS, 1. 1. 2023–31. 12. 2024.
- Smart Shelters by Scara. Scara-Tec d. o. o., 1. 6. 2023.
- Pripravljenost slovenskih in srbskih proizvodnih podjetij na Industrijo 4.0. Sodelovanje med Republiko Slovenijo in Republiko Srbijo, 2020–2022.
- Digitalizacija proizvodnih podjetij v Avstriji in Sloveniji. Sodelovanje med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo, 2018–2019.
- Analiza značilnosti slovenske proizvodne industrije. Lean Rešitve, d. o. o., 2020.

ČLANSTVA

- DAAAM International – Danube Adria Association For Automation & Manufacturing, Dunaj, Avstrija
- INFORMS – Institute for Operations Research and the Management Sciences, Catonsville, ZDA
- EurOMA – European Operations Management Association, Velika Britanija
- AIM – European Academy of Industrial Management, Gent, Belgija

5.5 LABORATORIJ ZA ODREZAVANJE



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. **Simon Klančnik**

E-naslov: simon.klancnik@um.si

Tel.: 02 220 7601

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-odrezavanje/>

Laboratorij omogoča poglobljeno znanstvenoraziskovalno in razvojno delo na področju obdelovalnih sistemov in procesov zahvaljujoč svoji odlični kadrovski in infrastrukturni strukturi. Osredotočeni smo na razvoj in inovacije na področju digitalizacije proizvodnje, strojnega vida v proizvodnji in integracije umetne inteligence v proizvodne procese. Laboratorij združuje pedagoško delo na vseh stopnjah študija z intenzivnim raziskovalnim delom, kar omogoča študentom praktično vključitev v najnovejše projekte. Naš cilj je razvijati napredne tehnike strojnega vida in inteligentne sisteme za optimizacijo in avtomatizacijo obdelovalnih procesov, s poudarkom na odrezovalnih procesih. Posebno pozornost namenjamo razvoju naprednih proizvodnih sistemov in procesov v živilskopredelovalni industriji in kmetijstvu, s ciljem ustvarjanja trajnostnih in okolju prijaznih rešitev. Osredotočamo se tudi na monitoring, diagnostiko in prognostiko obdelovalnih sistemov in procesov, napovedovalno analitiko ter računalniške simulacije proizvodnih sistemov in procesov. Naša ekipa ima obsežna znanja in analitična orodja za razumevanje kompleksnih proizvodnih procesov, kar nam omogoča razvoj učinkovitih in inovativnih rešitev na področju proizvodnje, z vključevanjem naprednih tehnologij in trajnostnih pristopov. V laboratoriju verjamemo, da je ključ do inovacij v tesnem sodelovanju z industrijskimi partnerji in akademsko skupnostjo, kar omogoča izmenjavo znanja in izkušenj, ki so temelj za tehnološki napredek.

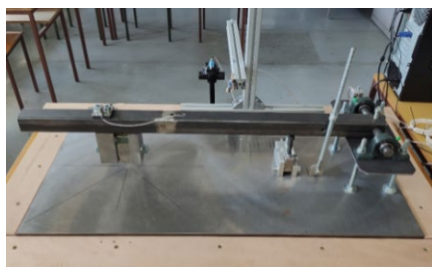
VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**Sistem strojnega vida Basler, National Instruments, Opto Engineering**

Oprema je namenjena laboratorijskemu testiranju inovativnih rešitev strojnega vida v pametnih tovarnah. Zmogljiva telecentrična leča in kakovostni izvor homogene svetlobe omogočata natančne optične analize. Zajeti podatki se procesirajo na industrijskem računalniku, ki poleg zmogljivega procesorja omogoča uporabo programabilnih logičnih vrat FPGA, kar omogoča uporabo računsko zelo zahtevnih algoritmov za digitalno obdelavo slik (tudi uporaba umetne inteligence) v realno časovnih aplikacijah v proizvodnji.

**ZOLLER Smile 420 Zoller**

Smile 420 je napredna merilna in nastavitvena naprava, ki je zasnovana za natančno in učinkovito merjenje ter prednastavitev orodij. Uporablja se predvsem v industrijskih okoljih, kjer sta potrebna visoka natančnost in hitrost pri obdelavi kovin in drugih materialov. Naprava omogoča natančno merjenje dolžine, premera, radija, kota in drugih parametrov orodij, kar zagotavlja optimalno pripravo orodij za proizvodni proces.



Merilna oprema za nadzor obdelovalnih in preoblikovalnih procesov PCB

Merilna oprema je zasnovana za analizo procesa ravnanja kovinskih obdelovancev visoke trdote. Sistem vključuje industrijski mikrofonski senzor za zajem akustičnega odziva, senzor sile, pospeškometer, dajalnik položaja, nabojni ojačevalnik in vhodno/izhodno kartico. Oprema omogoča natančno spremljanje in optimizacijo ravnalnega procesa, kar pripomore k boljši kakovosti obdelovancev in učinkovitosti proizvodnje.



Termokamera FLIR E5 Teledyne FLIR

Termokamera zaznava infrardeče sevanje objektov, kar omogoča prikaz temperaturne porazdelitve na sliki. Naprava je ključna pri analizi postopkov odrezavanja, saj omogoča spremljanje temperaturnih sprememb med obdelavo materialov, kar je pomembno za optimizacijo procesov in podaljšanje življenjske dobe orodij. Glavna prednost uporabe termografske kamere je hitro in preprosto odkrivanje skritih napak, zaradi česar se lahko izognemo dolgotrajnim postopkom pregledovanja. Napake lahko odkrijemo, še preden pride do okvar opreme ali drugih vrst izgub, kar omogoča učinkovito predikativno vzdrževanje in optimizacijo industrijskih procesov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Razvoj in optimizacija obdelovalnih procesov s poudarkom na odrezovalnih procesih.
- Monitoring, diagnostika in prognoziranje obdelovalnih sistemov: Uvedba naprednih monitoring sistemov za spremljanje in analizo procesov; Diagnostične storitve za identifikacijo težav v proizvodnih procesih, Prognozične analize za napovedovanje težav in izboljšanje vzdrževanja.
- Implementacija strojnega vida v proizvodnih procesih: Razvoj in integracija sistemov strojnega vida za avtomatizacijo in kontrolo kakovosti.
- Napovedovalna analitika: Uporaba naprednih analitičnih orodij za predvidevanje trendov in optimizacijo proizvodnje.
- Računalniške simulacije: CAM simulacije; Razvoj prilagojenih SIMULINK simulacij.
- Razvoj namenskih programskih rešitev: Matlab, Labview, Python.
- Optimizacija proizvodnih sistemov in procesov: Storitve za povečanje učinkovitosti in zmanjšanje stroškov proizvodnih procesov.
- Uporaba umetne inteligence v proizvodnji: Implementacija AI rešitev za avtomatizacijo, izboljšanje kakovosti in povečanje produktivnosti.
- Razvoj naprednih proizvodnih sistemov za živilskopredelovalno industrijo in kmetijstvo: Specifične rešitve za optimizacijo procesov v živilski industriji in kmetijstvu.
- Separacijske tehnologije v proizvodnih procesih: Razvoj in implementacija optičnih sortirnikov za izboljšanje učinkovitosti proizvodnje.
- Uporaba termografije v obdelovalnih procesih: Storitve termografske analize za nadzor in izboljšanje proizvodnih procesov; Razvoj napredne analize podatkov, zajetih z IR-kamero.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Fakulteta za farmacijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- Rudolfovo – znanstveno in tehnološko središče Novo mesto, Novo mesto, Slovenija
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- University of Belgrade, Beograd, Srbija
- University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija
- University of Sarajevo, Sarajevo, Srbija
- University of Rijeka, Reka, Hrvaška

- Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede UM, Maribor, Slovenija
- Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko UM, Maribor, Slovenija
- Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, Slovenija
- Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Španija
- Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgija
- Mediterranean University Podgorica, Podgorica, Črna gora

SODELOVANJE S PODJETJI

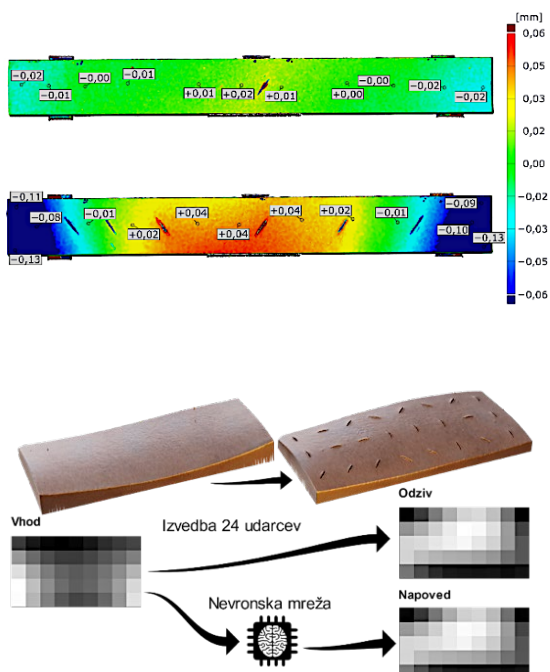
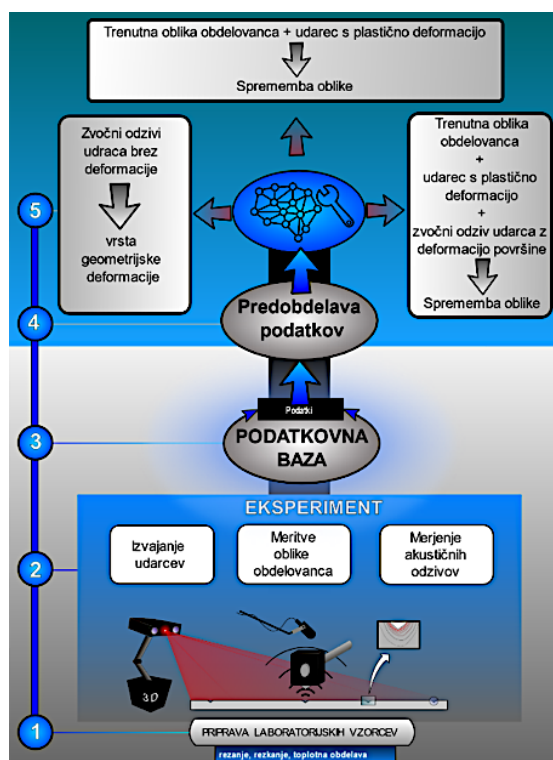
Plastika SKAZA, d. o. o., SIJ Ravne Systems, d. o. o., VISION, d. o. o., Peter Lepej, s. p., AVL-AST, d. o. o., Turna, d. o. o., EMO orodjarna, d. o. o., SEVEN REFRACTORIES, d. o. o., Innoduler, d. o. o., KOM, d. o. o., Interkorn, d. o. o.

PUBLIKACIJE

1. DVORŠEK, Nejc, STOPEINIG, Iztok, KLANČNIK, Simon. Optimization of chaboche material parameters with a genetic algorithm. *Materials*. Feb. 2023, vol. 16, iss. 5, [article no.] 1821, str. 14. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma16051821.
2. PERŠAK, Tadej, HERNAVS, Jernej, VUHERER, Tomaž, BELŠAK, Aleš, KLANČNIK, Simon. Prediction of the form of a hardened metal workpiece during the straightening process. *Sustainability*. April 2023, vol. 15, iss. 8, [article no.] 6408, str. 1–19. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su15086408.
3. FICKO, Mirko, BEGIČ-HAJDAREVIČ, Đerzija, COHODAR HUSIC, Maida, BERUS, Lucijano, ČEKIČ, Ahmet, KLANČNIK, Simon. Prediction of surface roughness of an abrasive water jet cut using an artificial neural network. *Materials*. 5 June 2021, vol. 14, iss. 11, str. 1–16. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma14113108.
4. BRILI, Nika, FICKO, Mirko, KLANČNIK, Simon. Automatic Identification of tool wear based on thermography and a convolutional neural network during the turning process. *Sensors*. 9. Mar. 2021, vol. 21, iss. 5, str. 1–17. ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s21051917.
5. SAVKOVIČ, Borislav, KOVAČ, Pavel, RODIČ, D., STRBAC, Branko, KLANČNIK, Simon. Comparison of artificial neural network, fuzzy logic and genetic algorithm for cutting temperature and surface roughness prediction during the face milling process. *Advances in production engineering & management*. June 2020, vol. 15, no. 2, str. 137–150, ilustr. ISSN 1854-6250. DOI: 10.14743/apem2020.2.354.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj napovedovalne analitike ravnanja kovinskih obdelovancev visoke trdote z uporabo globokih nevronskih mrež.



PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- PERŠAK, Tadej, HERNAVS, Jernej, KLANČNIK, Simon. A system and a method for machine-assisted straightening of hardened metal workpieces : EP23167177, 2023-04-06. Munich (Germany): European Patent Office, 2023.
- PERŠAK, Tadej, KLANČNIK, Simon, VILTUŽNIK, Branka. Naprava za razvrščanje transparentnega, sipkega materiala ter postopek razvrščanja delcev omenjenega materiala : patentna prijava št. P-201800266 z dne 11. 12. 2018. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2019.

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Kognitivna geometrijska kontrola mehansko obdelanih odkovkov na osnovi množičnih podatkov iz obdelovalnega procesa. ARIS projekt L2-3167, 1. 10. 2021–3. 9. 2024.
- Trajnostno varstvo rastlin z uvajanjem UV osvetljevanja. EIP projekt, 18. 5. 2023–19. 5. 2025.
- Development of control algorithms and systems to prevent the harmful consequences of COVID-19 in production systems. Bilateralni projekt BI-BA/21-23-036, 2021–2023.
- Unconventional Processing Methods: Optimization of Processing Parameters Using Artificial Intelligence Methods. Bilateralni projekt BI-BA/16-17-034, 2016–2017.
- Razvoj naprednega orodnega jekla za najzahtevnejše aplikacije v industriji. RRI projekt C3330-18-952004, 1. 9. 2018–31. 8. 2021.
- Razvoj novega tehnološkega postopka za proizvodnjo zahtevnih izdelkov iz transparentnega polikarbonata z najmanj 50 % deleža sekundarne odpadne surovine za aplikacije v pohištveni in elektro industriji. RRI2 projekt, 2017–2018.

ČLANSTVA

- KAZU – Koroška akademija znanosti in umetnosti

5.6 LABORATORIJ ZA OLJNO HIDRAVLIKO



Vodja laboratorija
red. prof. dr. Darko Lovrec
 E-naslov: darko.lovrec@um.si
 Telefon: 02 220 7611
 Splet: laoh.fs.um.si

V Laboratoriju za oljno hidravliko se osredotočamo na razvojno-raziskovalno, strokovno in pedagoško delo na področju hidravličnih in pnevmatičnih pogonsko-krmilnih sistemov ter avtomatizacije strojev in naprav, vključno s koncepti Industrije 4.0. Projektne dejavnosti vključujejo uporabo klasične in sodobne elektrohidravlične pogonske tehnike, zajemanje signalov, njihovo obdelavo ter nadzor delovanja in zanesljivosti hidravličnih komponent in celotnih pogonskih sklopov. Razvijamo enostavne in namenske elektrohidravlične linearne in rotacijske pogone, uporabljamo klasične in sodobne regulacijske strukture za povečanje natančnosti, dinamike in energetske učinkovitosti.

Poseben poudarek je na on-line nadzoru stanja hidravlične tekočine in razvoju visokotehnoloških, težko vnetljivih in okolju prijaznih hidravličnih tekočin, zlasti ionskih hidravličnih tekočin, ki imajo izjemne fizikalno-kemične lastnosti. Te tekočine razvijamo za uporabo v posebnih in zahtevnih obratovalnih pogojih, kar prispeva k izboljšanju učinkovitosti in varnosti hidravličnih sistemov. Najnovejša spoznanja vključujemo v različne projekte za industrijske partnerje, skozi različna šolanja na področju hidravlike, pnevmatike ter nege in nadzora hidravličnih tekočin ter industrijskih maziv pa jim v obliki vseživljenjskega izobraževanja ponujamo celovito znanje s tega področja.



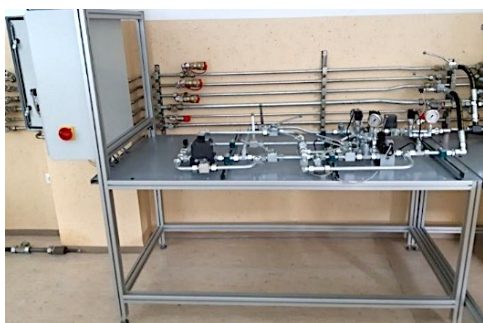
Kibernetsko-fizični razvojni sistem I4.0 z osmimi delovnimi postajami FESTO GmbH

CP Lab I4.0 z osmimi samostojno delujočimi delovnimi enotami, poljubno sestavljivimi v obsežnejši proizvodni sistem, je sodoben kibernetsko-fizični fleksibilni razvojni proizvodni sistem. Modularno zgrajen sistem omogoča raziskave, vezane na nadzor procesov v realnem času in prostoru, beleženje, spremljanje in analizo podatkov, vezanih na obdelavo in na stroj, ter zagotavljanje nemotnega delovanja sistema, tudi prek virtualne kopije realnega sistema.



Hidravlični agregat z on-line nadzorom stanja vseh obratovalnih parametrov Lastna zasnova in gradnja

Hidravlični agregatni sklop je sodobno zasnovana pogonska enota z dvema pogonskima enotama, ki omogočata različne raziskave, vezane na dinamiko in energetske varčnosti pogonskih kombinacij: od klasičnih izvedb z nastavljivimi črpalkami do hitrostno reguliranih nastavljivih črpalk. Razen spremljanja vseh pomembnih obratovalnih parametrov sistema, tako na kraju samem kot na daljavo, sistem vsebuje tudi on-line nadzor stanja vgrajene hidravlične tekočine z možnostjo napovedovanja njene preostale uporabne dobe.



Naprava za merjenje karakteristik zvezno delujočih ventilov Lastna zasnova in gradnja

Naprava omogoča avtomatizirano meritev statičnih in dinamičnih karakteristik elektrohidravličnih zvezno delujočih proporcionalnih ventilov in servoventilov velikosti NG 6. Merjenje karakteristik poteka skladno po standardu ISO 10770-1 in zajema preskus notranjega puščanja, karakteristiko pretokovhodni signal, padec tlaka prek krmilnega robu in druge. Na podlagi izmerjenih karakteristik je mogoča tudi selektivna izbira ventilov z identičnimi karakteristikami.



Dvoosna elektrohidravlična testna naprava Lastna zasnova in gradnja

Fleksibilno zasnovana dvoosna elektrohidravlična testna naprava je namenjena za eno- in dvoosno trajnostno preskušanje materialov in manjših sklopov ter je primerna za testiranja in raziskave s področja vzdržljivosti in mehanike loma. Obremenjevanje različnih preizkušancev je možno tako po položaju kot po sili. Naprava je sestavljena iz stabilnega ogrodja z dvema servohidravličnima valjema, ki omogočata doseganje ustrezne dinamike in profila obremenjevanja. Za krmiljenje sistema je uporabljeno elektronsko krmilje z vgrajenim večjedrnim krmilnikom Beckhoff, ki v realnem času hkrati poganja krmilni program, ter vmesnik človek-stroj, ki vključuje shranjevanje vseh podatkov. S testno napravo je možno doseči sile do 40 kN pri frekvenci do 20 Hz.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Različne študije in rešitve s področja hidravlične pogonske tehnike.
- Zasnova in razvoj manjših sklopov s hidravličnim pogonom.
- Zasnova in vzdrževanja on-line spremljanje stanja hidravličnih naprav in tekočin.
- Snovanje sodobnih elektrohidravličnih pogonskih osi.
- Tipska in namenska šolanja za udeležence iz industrije – področje hidravlike, pnevmatike, maziv.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Technische Universität Graz, Avstrija
- JKU – Johannes-Kepler-Universität Linz
- IFAS – Institut für fluidtechnische Antriebe und Systeme, RWTH Aachen, Nemčija
- Technische Universität Dresden, Nemčija
- FSB Zagreb, Hrvaška
- Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani
- proionic GmbH, Gradec, Avstrija
- Mettop GmbH, Leoben, Avstrija

SODELOVANJE S PODJETJI

OLMA, d. o. o., Ljubljana, proionic GmbH, Gradec, Avstrija, HAWE Hidravlika, d. o. o., Štore, Mettop GmbH, Leoben, Avstrija, La&Co, d. o. o., Maribor, Poclair Hydraulics, d. o. o., Žiri, Beckhoff Avtomatizacija, d. o. o., Medvode, TESNILA BOGADI, d. o. o., Maribor, FESTO Ljubljana, d. o. o., Ljubljana, DEM – Dravske elektrarne Maribor, Maribor, SIJ ACRONI, d. o. o., Jesenice, IMPOL, d. o. o., Slov. Bistrica, Goodyear Dunlop – SAVA Tires, d. o. o., Kranj, PANOLIN International Inc., Švica, Plastenka, d. o. o., Radomlje, Paloma, d. d., Sladki vrh, AD Vita, d. o. o., itd.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Sodobna elektrohidravlična linearna os v izvedbi lahke gradnje ima **integriran hidravlično-krmilni pogonski sklop** in je namenjena za zahtevne pogoje uporabe na področju metalurgije. Hidravlični valj z integrirano varnostno krmilno enoto in elektronskim krmiljem je reguliran neposredno s hitrostno regulirano konstantno hidravlično črpalko. Prednost takšne zasnove je majhna količina hidravlične tekočine in zaprt sistem, izoliran od specifičnega obratovalnega okolja. Kot hidravlična tekočina je uporabljena high-tech ionska hidravlična tekočina, plod lastnega dolgoletnega razvoja z avstrijskimi partnerji.



PUBLIKACIJE

1. LOVREC, Darko, KALB, Roland, TIČ, Vito. *Application areas of ionic hydraulic fluids. Chemical engineering & technology. January 2023, vol. 46, iss. 1, str. 14–20. ISSN 1521-4125. DOI: 10.1002/ceat.202200368.*
2. LOVREC, Darko, TIČ, Vito. *The importance of the electrical properties of hydraulic fluids. Industrial Lubrication and Tribology. [Print ed.]. March 2022, vol. 74, iss. 3, str. 302–308. ISSN 0036-8792. DOI: 10.1108/ILT-06-2021-0218. [COBISS.SI-ID 84091651].*
3. TIČ, Vito, ROTOVNIK, Andraž, LOVREC, Darko. *Impact of proportional valves' differences to ensure uniform motion of hydraulic motors. International journal of simulation modelling. Mar. 2021, vol. 20, no. 1, str. 52–63. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM20-1-540. [COBISS.SI-ID 54440195].*
4. EDLER, Jörg, LOVREC, Darko, TIČ, Vito. *1-D simulation model of a progressive flow controller for hydrostatic bearings. International journal of simulation modelling. June 2019, vol. 18, no. 2, str. 267–278. ISSN 1726.*

5. KAMBIČ, Milan, KALB, Roland, TIČ, Vito, LOVREC, Darko. *Compatibility of ionic liquids with hydraulic system components. Advances in production engineering & management. Dec. 2018, vol. 13, no. 4, str. 492–503, ilustr. ISSN 1854-6250. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-GXD7QGUX>, DOI: 10.14743/apem2018.4.306. [COBISS.SI-ID 21990678].*

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Implementacija sodobnega pristopa vzdrževanja hidravličnih sistemov na papirniških strojih PS 04, PS05 in PS09 v podjetju Paloma. Poročilo o pregledu stanja hidravličnih sistemov PS04 IN PS09 in predlogi za nadgradnjo sistemov. Naročilo št. DOS92000386, Naročnik IMPOL.
- Primerjalno testiranje turbinskih olj. Naročilo št. NR15-0034. Naročnik Dravske elektrarne Maribor.
- Določitev mejnih vrednosti uporabe mineralnega in biološko razgradljivega olja za obratovanje agregatov na DEM M – C – P. DEM. Naročnik DEM – Dravske elektrarne Maribor, 2012–2013.
- Primerjalni test Turwada Synth 68 = Repetition test of Turwada Synth 68. PANOLIN Turwada Synth 68. Naročnik Panolin.
- Evaluation of hydraulic gear pump performance and durability using IL- B2002a. PN PROIONIC: ISIS2HYD_2: PN UNI-MB: P-075-225/2020-KPS, Naročnik Proionic GmbH, Avstrija.
- Evaluation of the high temperature cooling liquid ISIS-B2002a as fire resistant hydraulic medium. Project ISIS2HYD. Test devices and test procedures for testing the impact of IL on hydraulic components. Naročnik proionic GmbH, Avstrija.
- Evaluation of the high temperature cooling liquid ISIS-B2002a as fire resistant hydraulic medium. Project ISIS2HYD. Test results - impact of IL on hydraulic components: B2002a vs. Oil. Naročnik Proionic GmbH, Avstrija.
- Evaluation of the high temperature cooling liquid ISIS-B2002a as fire resistant hydraulic medium. Project ISIS2HYD. Seal compatibility test with different ILs and mineral based hydraulic oil. Naročnik Proionic GmbH, Avstrija.
- Evaluation of the high temperature cooling liquid ISIS-B2001 as fire resistant hydraulic medium. Project ISIS2HYD. Pump pulsation using high bulk modulus ionic liquids (IL-B2001, EMIM-EtSO4) and mineral hydraulic oil HLP VG 32. Naročnik Proionic GmbH, Avstrija.
- TOMA-x and SNC based ionic liquids: H.O.P.E. Hawe-Olma-Proionic-Engineering. Naročnik Proionic GmbH, Avstrija.

ČLANSTVA

- CETOP – Evropsko združenje za hidravliko in pnevmatiko
- FTS – Fluidna tehnika Slovenije
- SDFT – Slovensko društvo za fluidno tehniko
- ZSIS – Zveza strojnih inženirjev Slovenije

5.7 LABORATORIJ ZA PRILAGODLJIVE OBDELOVALNE SISTEME



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Mirko Ficko

E-naslov: mirko.ficko@um.si

Tel.: 02 220 7595

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-prilagodljive-obdelovalne-sisteme/>

Laboratorij za prilagodljive obdelovalne sisteme je osredotočen na razvoj obdelovalnih tehnologij in naprav za sodobno proizvodnjo. Raziskave, ki jih izvaja, vključujejo preizkušanje in izvajanje meritev na področju tehnoloških postopkov. Laboratorij izdeluje prototipe in nestandardne izdelke v manjših serijah; ponuja celovite rešitve, od konstrukcije in izdelave do končne montaže in preizkusa. Prototipno delavnico dopolnjujejo računalniško podprte obdelave s struženjem in petosnim rezkanjem ter laserski rezrez in upogibanje pločevin. Laboratorij razvija in izboljšuje obstoječe tehnologije za izzive sodobne industrije.



Petosni CNC-rezkalni stroj CV5-500 Mazak

Petosni CNC-rezkalni stroj omogoča visoko natančno in visokohitrostno simultano petosno rezkanje obdelovancev, pri čemer lahko obdelujemo obdelovance do premera 500 mm in višine 320 mm.



Triosna CNC-stružnica z gnanimi orodji Lynx 220LMA Doosan

Triosna CNC-stružnica omogoča struženje obdelovancev do premera 250 mm in dolžine 510 mm. Na stružnici lahko izvajamo tudi operacije rezkanja in vrtanja, saj je revolver opremljen z gnanimi orodji, omogočeno pa je tudi CAM-programiranje.



Štiriosni CNC-stroj za upogibanje pločevine TruBend 3066 (B26) Trumpf

Stroj ima delovno dolžino upogibanja pločevine 2040 mm in omogoča potisno silo 660 kN. Opremljen je s sodobnim krmilnikom, ki omogoča simulacijo upogibanja pločevine z uporabo digitalnega dvojčka. Za samodejno merjenje kota in sprotno kompenzacijo elastične izravnave se uporablja laser ACB, natančno doseganje položaja pločevine pred upogibom pa je omogočeno s 4-osnim sistemom zadnjega prislona, ki omogoča tudi priklop industrijskega robota.



CNC-stroj za ploskovni laserski razrez Bodor i7 Bodor

Stroj je namenjen laserskemu razrezu pločevine, pri čemer lahko režemo širok spekter vrste jekel (tudi nerjaveče) in druge materiale (na primer aluminij in medenino). Opremljen je z iterbijevim vlakenskim izvorom laserskega žarka moči 3 kW in delovnim prostorom velikosti 3048 x 1524 mm². Debelina rezanja pločevine je odvisna od vrste materiala in uporabljenega rezalnega plina, pri čemer je za rezalni plin možno uporabiti dušik in kisik.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Izvedba CNC-tečajev za podjetja

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Tehniška univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija
- Univerza v Novem Sadu, Fakulteta tehniških znanosti, Novi Sad, Srbija
- Univerza v Sarajevu, Fakulteta za strojništvo, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
- Campus 02, visoka strokovna šola v Gradcu, Gradec, Avstrija

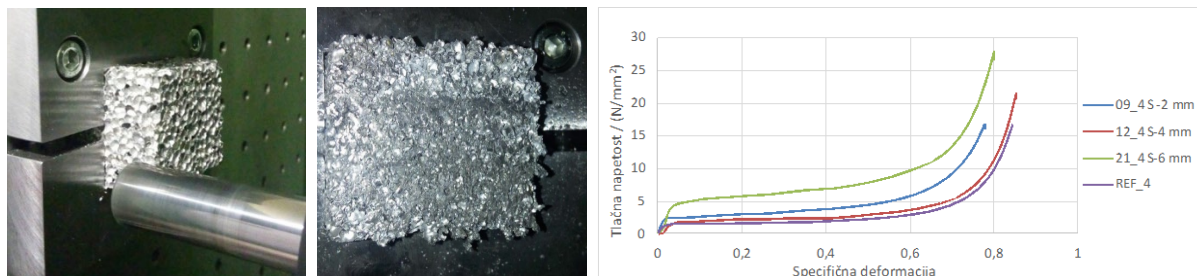
SODELOVANJE S PODJETJI

Var, d. o. o., Talum, d. o. o., Emo orodjarna, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Analiza sposobnosti obdelave aluminijevih pen s postopki odrezavanja in inkrementalnega preoblikovanja.

Izvedeni so bili mehanski preizkusi obdelave struženja, rezkanja, vrtnanja in enotočkovnega inkrementalnega preoblikovanja vzorcev aluminijevih pen. S pomočjo metode odzivnih površin je bil določen vpliv parametrov obdelave na poroznost obdelane površine. Iz rezultatov preizkusov je bilo ugotovljeno, da ima število vrtljajev največji, podajalna hitrost po najmanjši vpliv na zmanjšanje površinske poroznosti.



Inkrementalno preoblikovanje aluminijeve pene

Tlačni diagram preizkušanja vzorcev aluminijeve pene Foamtech

Tlačne lastnosti obdelanih vzorcev, ki jim je bila zaradi deformacije površine zmanjšana površinska poroznost, so se bistveno povečale. Ugotovljeno je bilo, da je debelina deformirane površine odvisna od preoblikovalnih lastnosti materiala aluminijevih pen. Ugotovljeno in dokazano je bilo, da je elementom, izdelanim s postopki odvzemanja materiala, mogoče povečati tlačno trdnost ter zmanjšati zarezne učinke z naknadnimi preoblikovalnimi postopki, kot sta inkrementalno preoblikovanje in torni valjanje. Takšno kombinacijo obdelovalnih postopkov, ki se lahko izvajajo na istem stroju, je smiselno uporabiti pri maloserijski proizvodnji izdelkov.

PUBLIKACIJE

1. FICKO, Mirko, BEGIĆ-HAJDAREVIĆ, Đerzija, COHODAR HUSIC, Maida, BERUS, Lucijano, ČEKIĆ, Ahmet, KLANČNIK, Simon. Prediction of surface roughness of an abrasive water jet cut using an artificial neural network. *Materials*, ISSN 1996–1944, 5 June 2021, vol. 14, iss. 11, str. 1–16, doi: 10.3390/ma14113108. [COBISS.SI-ID 66209795].
2. RAZBORŠEK, Boštjan, GOTLIH, Janez, KARNER, Timi, FICKO, Mirko. The influence of machining parameters on the surface porosity of a closed-cell aluminium foam. *Strojniški vestnik*, ISSN 0039-2480, Jan. 2020, vol. 66, no. 1, str. 29–37, SI 5, ilustr. <https://www.sv-jme.eu/sl/article/the-influence-of-machining-parameters-on-the-surface-porosity-of-a-closed-cell-aluminium-foam/>, doi: 10.5545/sv-jme.2019.6297. [COBISS.SI-ID 17016859].
3. MUHAMEDAGIC, Kenan, BERUS, Lucijano, POTOČNIK, David, ČEKIĆ, Ahmet, BEGIĆ-HAJDAREVIĆ, Đerzija, COHODAR HUSIC, Maida, FICKO, Mirko. Effect of process parameters on tensile strength of FDM printed carbon fiber reinforced polyamide parts. *Applied sciences*, ISSN 2076-3417, June 2022, vol. 12, iss. 12 (6028), str. 19, ilustr., doi: 10.3390/app12126028. [COBISS.SI-ID 112573443].

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Kognitivna geometrijska kontrola mehansko obdelanih odkovkov na osnovi množičnih podatkov iz obdelovalnega procesa. ARIS projekt, 1. 10. 2021–30. 9. 2024.

5.8 LABORATORIJ ZA ROBOTIZACIJO



Vodja laboratorija

doc. dr. Timi Karner

E-naslov: timi.karner@um.si

Tel: 02 220 7722

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-robotizacijo/>

V laboratoriju se osredotočamo na kakovostno izobraževanje bodočih inženirjev mehatronike. Naš cilj je, da študentom omogočimo pridobitev znanja in veščin, ki jih potrebujejo za samostojno oblikovanje sodobnih robotiziranih industrijskih celic. To vključuje izbiro primerne robotske tehnologije, postavitve sistema,

vzpostavitev komunikacije ter varno in uspešno programiranje tako industrijskih kot sodelovalnih robotov. Naše delo je usmerjeno v zagotavljanje praktičnih izkušenj in razvoj ključnih veščin, ki študentom omogočajo uspešno delo v industrijskem okolju. V laboratoriju se osredotočamo na pionirsko raziskovanje in implementacijo najnovejših tehnologij v robotizaciji in digitalizaciji. Naš cilj je spodbujati inovacije ter ustvarjati napredne rešitve v robotizaciji in digitalizaciji, ki bodo oblikovale prihodnost industrije.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



Universal Robot UR10e Universal Robots

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje: 6, nosilnost: 10 kg, doseg: 1300 mm, ponovljivost: $\pm 0,05$ mm, posebnost: v določenih konfiguracijah ni potrebe po varnostni ograji.



ABB IRB 1200 ABB Ltd

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje: 6, nosilnost: 5 kg, doseg: 901 mm, ponovljivost: $\pm 0,02$ mm.



KUKA KRC4 KR16-2 Kuka AG

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje: 6, nosilnost: 16 kg, doseg: 1612 mm, ponovljivost: $\pm 0,04$ mm.



KUKA KRC1 KR15-2 Kuka AG

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje: 6, nosilnost: 15 kg, doseg: 1570 mm, ponovljivost: $\pm 0,1$ mm.



ACMA XR701 ABB Ltd

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje: 6, nosilnost: 160 kg, doseg: 2800 mm, ponovljivost: $\pm 0,3$ mm.



Humanoidni robot NAO SoftBank Robotics

Osnovne specifikacije: prostostne stopnje 26, senzori na dotik 7, število mikrofонов in zvočnikov za interakcijo 4, 2D kamera 2.

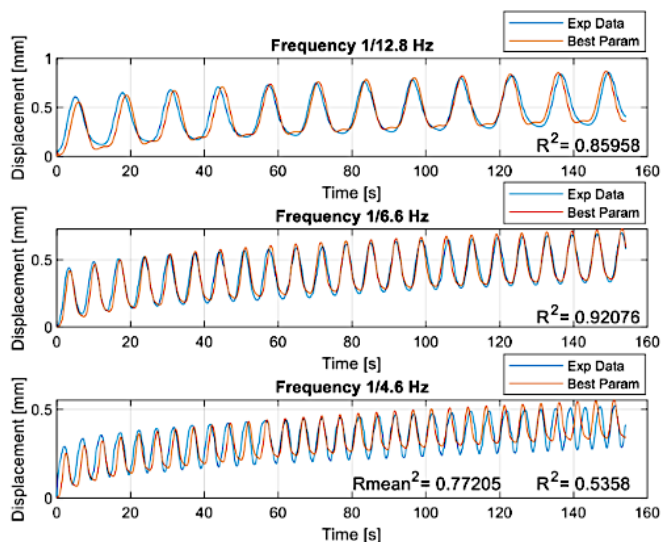
PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Izobraževanja za podjetja o programiranju, izbiri in »offline« programiranju industrijskih robotov, ki so omenjeni zgoraj.
- Svetovanja pri izbiri in integraciji industrijskih robotov v proizvodni proces.
- Digitalni dvojčki: kreiranje digitalnih dvojčkov sistemov v fazi razvoja, kjer lahko že v zgodnji fazi digitalnega razvoja testiramo sistem in predvidimo problematične faktorje pri realizaciji fizičnega sistema ali reprezentacije fizičnih produktov, kjer že delujoč sistem rekonstruiramo za namene razumevanja delovanja in lažjih nadgradenj. V enem digitalnem dvojčku lahko:
 - pripravimo 3D-model celice z upoštevanjem fizikalnih lastnosti – *SIEMENS NX - MCD*,
 - kreiramo algoritem vodenja za programirljivi logični krmilnik (PLK) – *SIEMENS TIA + WinCC*,
 - simuliramo realno izvajanje krmilnika – *S7-PLCSIM*,
 - simuliramo odzive elektro-mehanskih elementov, kot so motorji itd. – *SIEMENS SIMIT*,
 - kreiramo robotski algoritem vodenja (program, odvisen od robota).

SODELOVANJE S PODJETJI

SMM proizvodni sistemi, d. o. o., BNM, d. o. o., Goldpack, d. o. o., Dewesoft, d. o. o., Unior, d. d., Gorenje, d. d.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK



Dielektrični elastomerni aktuatorji (DEA) so predstavniki mehkih aktuatorjev na področju mehke robotike. Delujejo na principu zgradbe ploščatega kondenzatorja. Med dvema prevodnima elastičnima elektrodama je elastomer, ki ima nelinearne karakteristike. S pomočjo uporabe lomljenih odvodov (Fractional Derivatives) in Laplaceove transformacije za pridobivanje materialnega modela je bil uspešno **simuliran sinusni odziv mehkega aktuatorja na sinusno vzbujano visokonapetostno enosmerno napetost**.

PUBLIKACIJE

1. KARNER, Timi, BELŠAK, Rok, GOTLIH, Janez. Using a fully fractional generalised maxwell model for describing the time dependent sinusoidal creep of a dielectric elastomer actuator. *Fractal and fractional*, ISSN 2504-3110, Dec. 2022, vol. 6, iss. 12, str. 1–14, doi: 10.3390/fractalfract6120720. [COBISS.SI-ID 133569027]
2. GOTLIH, Janez, BREZOČNIK, Miran, PAL, Snehashis, DRSTVENŠEK, Igor, KARNER, Timi, BRAJLIH, Tomaž. A holistic approach to cooling system selection and injection molding process optimization based on non-dominated sorting. *Polymers*, ISSN 2073-4360, Nov. 2022, vol. 14, iss. 22 (4842), str. 1–23, ilustr., doi: 10.3390/polym14224842. [COBISS.SI-ID 132370691]
3. KARNER, Timi, GOTLIH, Janez. Position control of the dielectric elastomer actuator based on fractional derivatives in modelling and control. *Actuators*, ISSN 2076-0825. [Online ed.], 2021, vol. 10, iss. 1, str. 1–19, ilustr., doi: 10.3390/act10010018. [COBISS.SI-ID 47889155]

4. GOTLIH, Janez, BREZOČNIK, Miran, KARNER, Timi. *Stiffness-based cell setup optimization for robotic deburring with a rotary table*. *Applied sciences*, ISSN 2076-3417, Sep. 2021, vol. 11, iss. 17 (8213), str. 1–17, ilustr. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/8213>, doi: 10.3390/app11178213. [COBISS.SI-ID 75283459]
5. KARNER, Timi, GOTLIH, Janez. *Viscoelastic constitutive models and their fractional representatives to capture the time-dependent response of DEAs on sinus excitation*. *Smart materials and structures*, ISSN 0964-1726. [Print ed.], Accepted Manuscript online 9 July 2021, str. 1–22. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-665X/ac1305>, doi: 10.1088/1361-665X/ac1305. [COBISS.SI-ID 69936643]

ARIS PROGRAM P2-0157 Tehnološki sistemi za pametno proizvodnjo

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- ROBKONCEL: Inteligentni sistem za celovito kontrolo kakovosti v proizvodnji z rekonfigurabilno robotsko celico in inteligentnim sistemom za nadzor procesov (1. 9. 2018–31. 8. 2021)

5.9 LABORATORIJ ZA SIMULACIJE DISKRETNIH SISTEMOV



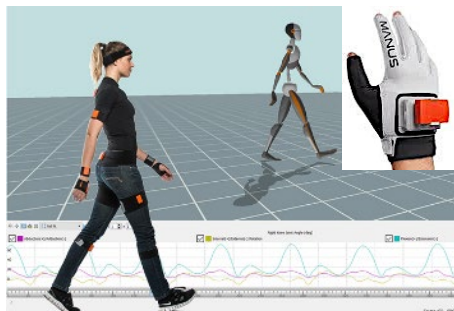
Vodja laboratorija
red. prof. dr. Borut Buchmeister
 E-naslov: borut.buchmeister@um.si
 Tel.: 02 220 7631
 Splet: <http://lasdis.fs.um.si/>

Laboratorij za simulacije diskretnih sistemov zasleduje dva cilja: vzpostavitev visoko sofisticiranega laboratorija, ki uporablja najzgodnejše simulacijske tehnologije in postopke modeliranja na zmogljivi strojni in programski opremi, ter izgradnja raziskovalne skupine, vključene v nacionalne in mednarodne dejavnosti na področju simulacij diskretnih dogodkov in pedagoškega dela. Dejavnost laboratorija vključuje pedagoško delo na vseh stopnjah študija, teoretično in uporabniško usmerjeno raziskovalno delo za industrijo ter založniško dejavnost. Osnovno področje laboratorija so diskretne simulacije procesov (izvedba simulacijskih študij za optimizacijo proizvodnih procesov, sodelovalnih delovnih mest, storitvenih dejavnosti). Ključne dejavnosti so načrtovanje procesov, določanje kapacitet delovnih mest, zalogovnikov in transporta, razmestitev delovnih mest in transportnih poti, optimizacija zaporedja izvajanja nalog, predstavitev z navidezno resničnostjo in analize proizvodnje, vse s ciljem boljšega razumevanja proizvodnih procesov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

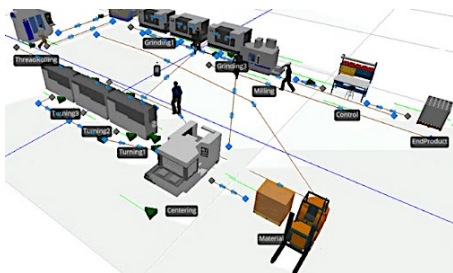


VR/AR strojna oprema Oculus Rift in Oculus Go Oculus VR, Menlo Park, ZDA ter HTC Vive Pro HTC Corp., Taoyuan City, Tajvan
 Oprema za navidezno in razširjeno resničnost vključuje vrsto senzorjev in algoritmov, ki sledijo gibanju uporabnikove glave in rok, kar omogoča poglobljeno 3D-izkušnjo v delovnem okolju.



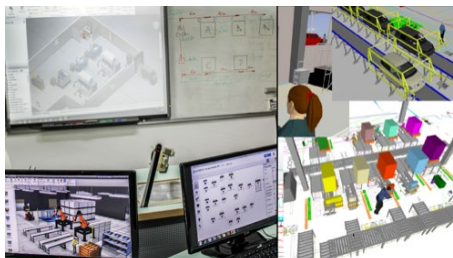
Senzorska, strojna in programska oprema za ergonomsko analizo kolaborativnega delovnega mesta: senzorska obleka **Xsens MVN Human Motion Measurement Movella Inc. Henderson, ZDA**, senzorske rokavice **Manus gloves for Xsens-edition Manus, Geldrop, Nizozemska**

Senzorska obleka s 17 senzorji zajema premike, ustvarja podatke in jih posreduje programski opremi v obdelavo za potrebe ergonomskih študij, optimizacije izvajanja dela ipd. Senzorske rokavice so v celoti integrirane v Xsensovo programsko opremo za zajem gibanja, kar omogoča, da zajemamo podatke o gibanju prstov roke v realnem času.



SIMIO simulacijski programski paket Simio LLC, Sewickley, ZDA

SIMIO paket je sodobna, objektno usmerjena platforma za 3D-simulacijo diskretnih dogodkov s podporo za simulacijsko modeliranje, terminiranje in digitalne dvojčke. Vsebuje knjižnico predlog, specifičnih za aplikacije, ki vsebujejo vnaprej določene objekte, procesno logiko in podatkovne sheme brez potrebe po programiranju.



Simulacijska programska oprema

- paket Siemens PLM Software,
- paket Autodesk Factory Design Suite,
- SimFactory simulacijski paket, SIMUL8 paket,
- Plant Simulation paket,
- Cost-Time Profiler programski paket,
- LEKIN-sistem za terminiranje.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Izvedba diskretnih simulacij procesov v proizvodnji in storitvah (simulacije diskretnih dogodkov), raziskave dinamike proizvodnje glede na različne organizacijske variante, načrtovanje procesov, potrebne kapacitete delovnih mest, zalogovnikov in transporta, razmestitev delovnih mest in transportnih poti, zaporedje izvajanja nalogov, zaloge, stroški, animirana računalniška simulacija obratovanja itd.
- Usposabljanje strokovnjakov na področju simulacijskega modeliranja.
- Založniška dejavnost: podpora objavljanju znanstvenoraziskovalnih dosežkov.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

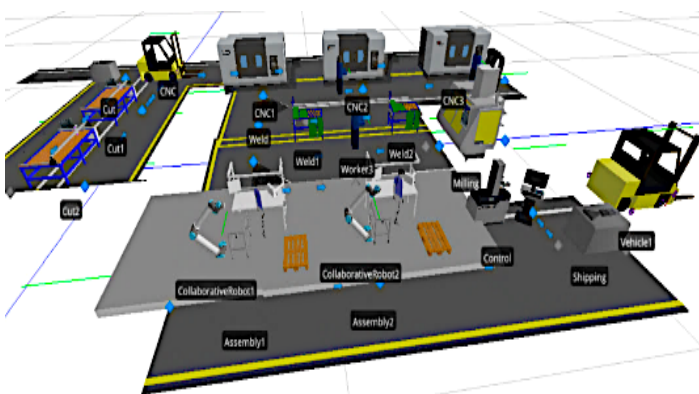
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Technische Universität Wien, Dunaj, Avstrija
- Beijing Jiaotong University, Peking, Kitajska
- Fakultet tehniških nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija
- Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Strojski fakultet, Sveučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvaška
- DAAAM International Vienna, Dunaj, Avstrija

SODELOVANJE S PODJETJI

Siemens, A. G., München, Nemčija, Seco Tools Si, d. o. o., Pesnica, Slovenija, SIMIO LLC, Sewickley, PA, ZDA, Crossref, Lynnfield, ZDA, INFORMS, Catonsville, ZDA.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Novi simulacijski postopek ovrednotenja sodelovalnih delovnih mest v trajnostno zasnovani proizvodnji.



Pristop temelji na novopredlagani strukturi blokovnega diagrama; z diskretno simulacijo na osnovi realnih vhodnih podatkov iz proizvodnje vrednotimo vpliv sodelovalnega delovnega mesta s finančnega, družbenega in okoljskega vidika.

PUBLIKACIJE

1. ZHANG, Hankun, BUCHMEISTER, Borut, LI, Xueyan, OJSTERŠEK, Robert. An efficient metaheuristic algorithm for job shop scheduling in a dynamic environment. *Mathematics*. 2023, vol. 11, iss. 10, [article. no.] 2336, str. 24. ISSN 2227-7390. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84308>, <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84308>, DOI:10.3390/math11102336 [COBISS.SI-ID 152528131], [JCR, SNIP, WoS, Scopus] kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (DOAJ, METADEX)
2. OJSTERŠEK, Robert, JAVERNIK, Aljaž, BUCHMEISTER, Borut. Optimizing smart manufacturing systems using digital twin. *Advances in production engineering & management*. Dec. 2023, vol. 18, no. 4, str. 475–485, ilustr. ISSN 1854-6250. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=87708>, DOI: 10.14743/apem2023.4.486. [COBISS.SI-ID 182000131], [JCR, SNIP, WoS, Scopus] kategorija: 1A2 (Z, A', A1/2); uvrstitev: Scopus (d), SCIE, Scopus, MBP (INSPEC, METADEX)
3. OJSTERŠEK, Robert, ZHANG, Hankun, BUCHMEISTER, Borut. The importance of employees' knowledge in sustainable, green manufacturing: numerical modeling approach. *Sustainability*. Jan. 2022, vol. 14, iss. 3 (1344), str. 16. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su14031344. [COBISS.SI-ID 95026691], [JCR, SNIP]
4. OJSTERŠEK, Robert, BUCHMEISTER, Borut. Simulation modeling approach for collaborative workplaces' assessment in sustainable manufacturing. *Sustainability*. May 2020, vol. 12, iss. 10 (4103), str. 1–18. ISSN 2071-1050. DOI: 10.3390/su12104103. [COBISS.SI-ID 15812355], [JCR, SNIP]
5. BUCHMEISTER, Borut. *Modelling and simulation of production systems*. Vienna: DAAAM International Publishing, 2020. XIV, str. 140, ilustr. Danube Adria Association for Automation & Manufacturing. ISBN 978-3-902734-04-4.

ARIS PROGRAM P2-0190 Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Change2Twind – Evalvacija stanja digitalizacije v slovenskih podjetjih in podajanje strokovnih predlogov dviga digitalizacijskih nivojev. DIH Slovenija, 14. 7. 2021–14.1.2022.
- Primerjalna študija robotov različnih proizvajalcev glede na tehnične zahteve naročnika, 2023.
- Shift organization model – number of workers decision-making model, 2021.
- Simulacijska študija Twin proizvodnega procesa, 2018.
- Red. prof. dr. Borut Buchmeister, glavni urednik mednarodne znanstvene revije *International Journal of Simulation Modelling* (IJSIMM), izdajatelj DAAAM Int. Vienna (Dunaj, Avstrija). Po zadnjem rangiranju v JCR (za 2023) je IJSIMM Q2 revija, v SCOPUS (2023) prav tako Q2 revija (<http://www.ijsimm.com/>).

ČLANSTVA

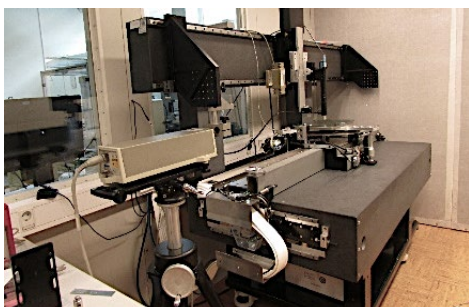
- INFORMS – Institute for Operations Research and the Management Sciences, Catonsville, ZDA
- DAAAM International Vienna, Dunaj, Avstrija

5.10 LABORATORIJ ZA TEHNOLOŠKE MERITVE



Vodja laboratorija
red. prof. dr. Bojan Ačko
E-naslov: bojan.acko@um.si
Tel.: 02 220 7581
Splet: <https://ltm.fs.um.si/>

Laboratorij se ukvarja s temeljnimi in industrijskimi raziskavami, pedagoško dejavnostjo in strokovnim usposabljanjem na področjih dimenzionalnega meroslovja, industrijskih meritev in vodenja kakovosti. Osredotočen je na razvoj merilnih metod in postopkov za precizno merjenje dimenzij v eni, dveh in treh koordinatah ter avtomatizacijo merilnih procesov. Ključna strokovna dejavnost laboratorija je umerjanje merilnih instrumentov in opredmetenih mer na področju dimenzionalnih veličin. Ukvarja se tudi z meritvami izdelkov s kompleksno geometrijo in implementacijo metod vodenja kakovosti v industrijske in storitvene procese. Laboratorij vzdržuje akreditacijo za umerjanje dolžinskih opredmetenih mer in merilnih instrumentov po mednarodnem standardu ISO/IEC 17025:2017 pri Slovenski akreditaciji, ki je podpisnica multilateralnega sporazuma EA MLA. Prav tako vzdržuje in razvija nacionalni etalon za veličino dolžina. Svoje meroslovne zmogljivosti ima laboratorij objavljene tudi v bazi nacionalnih meroslovnih inštitutov pri Mednarodnem uradu za uteži in mere (Kcdb BIPM).



2D-merilna naprava s submikrometrsko ločljivostjo

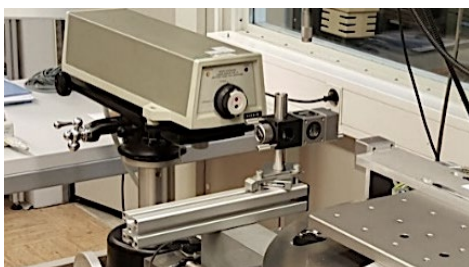
Newport Francija

Univerzalna merilna naprava, ki jo uporabljamo v kombinaciji z laserskimi interferometri za umerjanje opredmetenih mer (stopničasta končna merila, precizne merilne skale, 2D-mreže ...) na najvišji točnostni ravni (do 30 nm merilne negotovosti). Služi tudi za raziskave in razvoj novih merilnih metod in postopkov ter za eksperimentalno določanje merilne negotovosti. Naprava je last Urada RS za meroslovje.



Frekvenčno stabiliziran He-Ne laser Lasertex Poljska

Laser predstavlja etalon frekvence in se uporablja kot primarni etalon dolžine. Uporabljamo ga za umerjanje frekvence laserjev z rdečo svetlobo. Laser uporabljamo tudi za raziskave stabilnosti laserskih frekvenc in za eksperimentalno določanje merilne negotovosti merilnih procesov, ki vključujejo laserske interferometre. Stabilnost frekvence potrjujemo z mednarodnimi primerjalnimi meritvami po pravilih BIPM.



Laserski interferometer HP 5528A Agilent ZDA

Uporabljamo ga predvsem kot opredmetenje mere na 1D- in 3D-merilnih napravah za zelo precizno merjenje dolžin v eni koordinati (ločljivost 1 nm). Uporabljamo pa ga tudi kot etalon za zelo precizno umerjanje 1D- in 3D-merilnih naprav in obdelovalnih strojev. S tem merilnikom v realnih laboratorijskih pogojih dosegamo merilno negotovost do 30 nm na zelo kratkih razdaljah in do 0,5 μm na dolžini 1 m.



Laserski interferometer LSP 30 Lasertex Poljska

Uporabljamo ga predvsem kot opredmetenje mere na 1D in 3D merilnih napravah za zelo precizno merjenje dolžin v eni koordinati (ločljivost 1 nm). Uporabljamo pa ga tudi kot etalon za zelo precizno umerjanje 1D in 3D merilnih naprav ter obdelovalnih strojev. S tem merilnikom v realnih laboratorijskih pogojih dosegamo merilno negotovost do 30 nm na zelo kratkih razdaljah in do 0,5 μm na dolžini 1 m.



Trokoordinatna merilna naprava UMC 850 Carl Zeiss Nemčija

Z napravo lahko merimo kompleksne industrijske proizvode do volumna 1200 mm x 850 mm x 600 mm, uporabna pa je tudi za umerjanje opredmetenih mer, kot so kalibrski obroči in trni ter navojni kalibri. Meri po tipalnem točkovnem ali skenirnem principu, nivo točnosti pa je od 2 μm do 5 μm . Napravo uporabljamo tudi za raziskave principov merjenja kompleksnih geometrij in za raziskavo integracije laserskih interferometrov v trikoordinatno merilno tehniko.

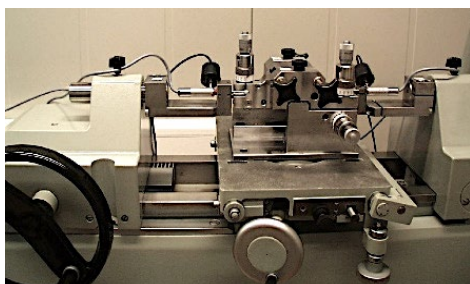


Merilna miza 13M LTM UM FS LTM – lastna proizvodnja

Merilno mizo lastne proizvodnje uporabljamo za umerjanje industrijskih črtnih in tračnih meril. Naprava ima merilno območje 12 m, vendar lahko s prelaganjem merila umerjamo tudi tračna merila do 200 m. Naprava je opremljena z magnetnim merilnim daljnikom ločljivosti 1 μm , lahko pa na napravo integriramo tudi laserski interferometer za zelo precizno merjenje.



Naprava za umerjanje kratkih merilnih kladic C. MAHR Nemčija
 Namenska naprava je namenjena izključno umerjanju merilnih kladic do 100 mm po načelu mehanske primerjave z referenčnim etalonom. Ločljivost naprave je 10 nm, najmanjša merilna negotovost pri umerjanju kratkih kladic pa je 35 nm. Napravo uporabljamo tudi za raziskave vplivov na merilno negotovost pri merjenju kratkih dolžin.



Naprava za umerjanje dolgih merilnih kladic UM FS LTM – lastna proizvodnja
 Namenska naprava lastne proizvodnje je namenjena izključno umerjanju merilnih kladic od 100 mm do 1000 mm po načelu mehanske primerjave z referenčnim etalonom. Ločljivost naprave je 10 nm. Osnova naprave je univerzalni merilni stroj ZEIS 3000 mm. Napravo uporabljamo tudi za raziskave razteznosti materialov in vplivov na merilno negotovost pri primerjalnem merjenju.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Umerjanje opredmetenih mer (merilne kladice, obroči, trni, črna merila, stopničasta merila, navojni kalibri ...) in merilnih instrumentov (1D- in 2D-merilni stroji, komparatorji za umerjanje uric in kladic, precizni kontaktni senzori, merilne urice, vijačna merila ...). Za vse storitve umerjanja imamo pridobljeno akreditacijo SA, zmogljivosti za večino umerjanj pa so objavljene tudi v mednarodni meroslovni bazi pri BIPM.
- Merjenje industrijskih izdelkov kompleksnih oblik (3D).
- Vrednotenje merilne negotovosti za postopke umerjanja dolžinskih opredmetenih mer in instrumentov.
- Izdelava postopkov umerjanja dolžinskih opredmetenih mer in instrumentov.
- Vzpostavitev in ocenjevanje usposobljenosti kalibracijskih laboratorijev.
- Uvajanje različnih metod zagotavljanja in nadzora kakovosti v industrijske procese.
- Širjenje strokovnega znanja z organiziranjem in izvajanjem posvetov, seminarjev, delavnic ali drugih oblik javnih strokovnih srečanj na nacionalni ali mednarodni ravni.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAM

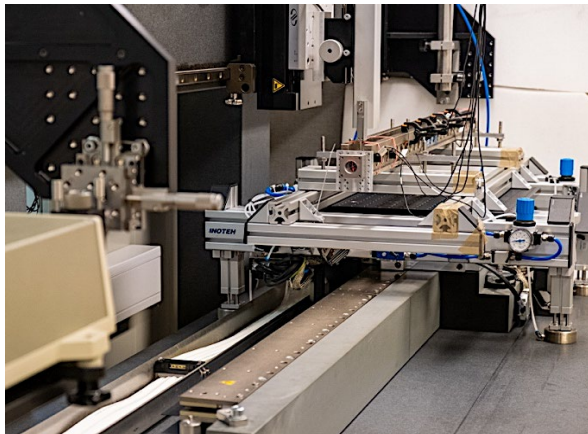
- PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Nemčija
- NPL – National Physical Laboratory, Teddington, ZK
- LNE – Laboratoire national de métrologie et d'essais, Pariz, Francija
- VTT MIKES – metrology institute, Espoo, Finska
- ČMI – Český metrologický institut, Brno-Praga, Češka
- GUM – Główny Urząd Miar, Varšava, Poljska
- BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Dunaj, Avstrija
- Zavod za metrologiju, Podgorica, Črna gora
- Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija
- Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija
- Univerzitet u Zenici, Zenica, BiH
- Univerza v Ljubljani (FE, FS), Ljubljana, Slovenija
- Urad za meroslovje RS, Ljubljana, Slovenija
- Zavod za gradbeništvo – ZAG Ljubljana, Slovenija
- Inštitut za kovinske materiale in tehnologije – IMT, Ljubljana, Slovenija

SODELOVANJE S PODJETJI

Hexagon Metrology S. P. A., LOTRIČ Meroslovje, d. o. o., SIJ Ravne Systems, d. o. o., MPT sistemi, d. o. o., 5Labs, d. o. o., GAZELA, d. o. o., SIQ Ljubljana, MERITVE SI, d. o. o., MEREL, d. o. o., PRIMAT, d. d., IRMA, d. o. o., NOVEM Car Interior Design, d. o. o., MIKRO+POLO, d. o. o., DOMEL, d. o. o., IMPOL LLT, d. o. o., SAVATECH, d. o. o., TEHNO POND, d. o. o., TENOVIS, d. o. o., Labena, d. o. o., KYMA Tehnologija, d. o. o., OPTOTEK, d. o. o., BELIMED, d. o. o., TEHNO PETROL, d. o. o., AUTOINSTRUMENT, IKEMA, d. o. o., LEHENTECH, d. o. o., RaMaX Engineering, d. o. o., ADR test sistemi, d. o. o., INTERBLOCK, d. d., INŠTITUT BAM ...

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Merilni sistem in kalibracijska postopka za popolnoma avtomatizirano umerjanje stopničastih in črtnih meril.



V laboratoriju smo zasnovali univerzalno merilno napravo za merjenje v dveh dimenzijah s submikrometrsko ločljivostjo, ki so jo na podlagi naših načrtov izdelali v podjetju Newport v Franciji. Napravo smo pozneje dogradili z optičnim in mehanskim tipalom ter laserskim interferometrom in izdelali postopka umerjanja, ki potekata povsem avtomatsko brez prisotnosti operaterja. Točnost izdelanih postopkov je primerljiva s točnostmi v najuglednejših svetovnih nacionalnih meroslovnih inštitutih. Merilna negotovost se giblje med 90 nm in 500 nm (na dolžini 1 m).

PUBLIKACIJE

1. ČREPINŠEK-LIPUŠ, Lucija, AČKO, Bojan, TOMPA, Jasna. *Experimental determination of influences on a gauge block's stack length. Advances in production engineering & management. Sept. 2022, vol. 17, no. 3, str. 339–349, ilustr. ISSN 1854-6250. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-R11UA5JX>, DOI: 10.14743/apem2022.3.440. [COBISS.SI-ID 132896771].*
2. ŠAFARIČ, Jakob, KLOBUČAR, Rok, AČKO, Bojan. *Measurement setup and procedure for precise step gauge calibration. IEEE transactions on instrumentation and measurement. [Print ed.]. 2021, vol. 70, str. 1009610-[1]-1009610-[10], ilustr. ISSN 0018-9456. DOI: 10.1109/TIM.2021.3115579. [COBISS.SI-ID 85310979].*
3. ČREPINŠEK-LIPUŠ, Lucija, BUDZYN, Grzegorz, AČKO, Bojan. *Analysis of laser interferometer measurement uncertainty by simulating error sources. International journal of simulation modelling. June 2021, vol. 20, no. 2, str. 339–350. ISSN 1726-4529. DOI: 10.2507/IJSIMM20-2-563. [COBISS.SI-ID 67778819].*
4. AČKO, Bojan, WEBER, Hubert, HUTZSCHENREUTER, Daniel, SMITH, I. *Communication and validation of metrological smart data in IoT-networks. Advances in production engineering & management. Mar. 2020, vol. 15, no. 1, str. 107–117, ilustr. ISSN 1854-6250. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-LARKH5XK>, DOI: 10.14743/apem2020.1.353. [COBISS.SI-ID 23128086].*
5. ŠTRBAC, Branko, AČKO, Bojan, HAVRLIŠAN, Sara, MATIN, Ivan, SAVKOVIČ, Borislav, HADŽISTEVIČ, Miodrag. *Investigation of the effect of temperature and other significant factors on systematic error and measurement uncertainty in CMM measurements by applying design of experiments. Measurement : journal of the International Measurement Confederation. [Print ed.]. 2020, vol. 158 (107692), str. 1–10. ISSN 0263-2241. DOI: 10.1016/j.measurement.2020.107692. [COBISS.SI-ID 13760003].*

ARIS PROGRAM P2-0190 Napredni koncepti menedžmenta proizvodnje in dimenzionalnega meroslovja

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Vzpostavitev centralnega izvajanja nacionalnih medlaboratorijskih primerjav v nacionalnem meroslovnem sistemu. ARIS projekt, 1. 9. 2021–28. 2. 2023.
- DI-Vision - Traceable machine vision systems for digital industrial application. EMP 23IND08, 1. 9. 2024–31. 8. 2027.
- Communication and validation of smart data in IoT-networks. H2020-EMPIR 17IND02, 1. 6. 2018–30. 9. 2021.

- Traceable in-process dimensional measurement. FP7-EMRP IND62, 1. 6. 2013–31. 5. 2016.
- Traceability of computationally-intensive metrology. FP7-EMRP NEW06, 8. 3. 2012–31. 6. 2015.
- Calibration of gauge blocks by mechanical comparison. EURAMET. L-S2.2.n01, 8. 3. 2023–31. 12. 2024.
- Key comparison on calibration of 1-D CMM artefacts: Step Gauges. EURAMET. L-K5.n01, 1. 7. 2022–31. 12. 2023.
- Supplementary comparison on calibration of a transducer 60 mm. EURAMET.L-S31, 1. 11. 2020–31. 12. 2023.
- Measurement of Steel Tapes of 10 m and 50 m. EURAMET. L-S27, 1. 1. 2018–31. 12. 2023.

ČLANSTVA

- EURAMET – kontaktna oseba za RS v Tehničnem odboru za dolžino evropskega združenja nacionalnih meroslovnih inštitutov
- SIST Član – skupščina Slovenskega inštituta za standardizacijo
- Strokovni odbor za meroslovje pri Slovenski akreditaciji

6. TEKSTILNI MATERIALI IN OBLIKOVANJE

Na področju tekstilnih materialov in oblikovanja deluje 6 laboratorijev in 3 centri:

LABORATORIJ:	VODJA:
6.1 Laboratorij za barvanje, barvno metriko in ekologijo plemenitenja	Darinka Fakin
6.2 Laboratorij za kemijo in okoljevarstvo	Julija Volmajer Valh
6.3 Laboratorij za obdelavo in preizkušanje polimernih materialov	Lidija Fras Zemljič
6.4 Laboratorij za oblačilno inženirstvo, fiziologijo in konstrukcijo oblačil	Jelka Geršak
6.5 Laboratorij za projektiranje in konstrukcijo tekstilij	Polona Dobnik Dubrovski
6.6 Laboratorij za tiskanje tekstilij in nego oblačil	Manja Kurečič
6.7 Center za barvanje in barve	Darinka Fakin
6.8 Center za nego tekstilij in oblačil	Manja Kurečič
6.9 Raziskovalno-inovacijski center za design in oblačilno inženirstvo	Jelka Geršak



Predstojnica Katedre za tekstilne materiale in oblikovanje

red. prof. dr. Tatjana Kreže

E-naslov: tatjana.kreze@um.si

Tel.: 02 220 7890

Splet: <https://www.fs.um.si/oblikovanje-in-tekstilni-materiali/>

Dejavnosti Katedre za tekstilne materiale in oblikovanje KTMO zajemajo izobraževanje ter temeljne in aplikativne raziskave na področju inženirskih polimernih materialov in kompozitov ter raziskave s področja oblikovanja tekstilij in oblačil ter razvoja pametnih materialov in oblačil. Poleg tega katedra aktivno sodeluje z gospodarskimi organizacijami tako na področju raziskav in razvoja kakor tudi s ponudbo storitev preskušanja tekstilij in drugih polimernih materialov, svetovanja itd. Raziskovalna dejavnost KTMO obsega raziskave z različnih področij tekstilstva in oblikovanja s poudarkom na raziskovalnih dejavnostih na novo razvijajočih se znanosti in tehnologij, npr. nanomaterialov in nanotehnologij, biološko aktivnih materialov in funkcionalnih površin itd. V okviru KTMO je aktivnih več kot 50 raziskovalk in raziskovalcev, organiziranih v šest laboratorijev in tri centre, ki so aktivno vključeni v številne raziskovalne programe in projekte, namenjene raziskavam naprednih polimernih materialov, njihovi predelavi in oblikovanju. Katedra pomembno prispeva k razvoju in napredku omenjenih področij predvsem z aktivno udeležbo odličnih raziskovalcev v mednarodnih raziskovalnih programih in projektih, kot so Horizon2020, EraNet, Erasmus+ itd.

6.1 LABORATORIJ ZA BARVANJE, BARVNO METRIKO IN EKOLOGIJO PLEMENITENJA



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Darinka Fakin

E-naslov: darinka.fakin@um.si

Tel.: 02 220 7637

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-barvanje-barvno-metricko-in-ekologijo-plemenitenja/>

Laboratorij izvaja temeljne in aplikativne raziskave ter izobraževalne programe in ponuja servis na področju barvanja in vrednotenja optičnih lastnosti materialov na UV/Vis/NIR področju valovnih dolžin 200–2500 nm. Raziskave obsegajo tudi odstranjevanje onesnaževal iz odpadnih vod in zraka z različnimi adsorbenti ali filtrnimi membranami iz obnovljivih virov. Pomemben del dela je razvoj inovativnih postopkov trajnostne priprave in funkcionalizacije tekstilnih materialov, polimernih filmov, membran in aerogelov s kromnimi barvili, pigmenti ter nano- ali mikrodelci za posebne lastnosti. Sodelovanje z mikrobiološkimi skupinami sorodnih raziskovalnih institucij vključuje raziskave produkcije bakterijske celuloze in njenih aplikacij. Novo področje zajema razvoj visokotehnoloških materialov, vključno s funkcionalnimi površinami, tiskano elektroniko, senzorji, varnimi dokumenti, OLED-zasloni, baterijami in drugimi aplikacijami, s poudarkom na avtomatizaciji z uporabo naprave

Challenger 175. Dodatne raziskave so usmerjene v modifikacijo in funkcionalizacijo biopolimernih materialov, kot so proteini in nanoceluloza, z uporabo zelene kemije.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



UV-VIS-NIR-spektrofotometer Lambda 900 Perkin Elmer

Uporablja se za merjenje refleksije, transmisije ali absorbanca trdnih vzorcev. Tehnične značilnosti: dvožarkovni princip merjenja, spektralno območje 175–3300 nm, vir svetlobe volfram-halogeneske in devterijeve žarnice, velikost vzorcev 200 x 220 x 300 mm (ŠVG), delovna temperatura 10–35° C, relativna vlaga 10–70 %.



UV-VIS SF 600 Plus spektrofotometer Datacolor

Uporablja se za merjenje refleksije trdnih vzorcev, za določanje barvnih vrednosti in barvnih razlik po CIEL*a*b*, CMC(l:c), Hunter L*a*b*, ANLAB 40 ter določanje belin po CIE, Ganz-Griesser, Harrison, Hunter, Berger. Tehnične značilnosti: spektralno območje 400–700 nm, dvožarkovni princip merjenja, geometrija merjenja d/10°, možnost merjenja s tremi merilnimi odprtini.



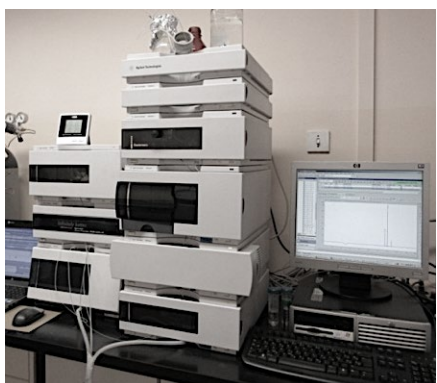
Računalniško podprt čitalec mikroplošč Infinite M200 Tecan

- Merjenje absorbanca: 230–1000 nm.
- Merjenje fluorescence: 280–850 nm (izbor), plus spektralno skemiranje (eksitacija in emisija).
- Odčitavanje od zgoraj ali od spodaj.



Barvalni aparat Turby Mathis

Barvalni aparat za barvanje (tudi predobdelavo in poobdelavo) različnih tekstilnih materialov po postopku izčrpavanja. Omogoča visoko temperaturno barvanje (do 130 °C) z natančno temperaturno in časovno regulacijo ter souporabo UZ sonde, simultano merjenje absorbanca in pH. Ima 10 barvalnih mest.



HPLC 1200 Series Agilent Technologies

To je sistem tekočinske kromatografije visoke ločljivosti s programsko opremo Agilent ChemStation. Uporablja se za kvalitativno in kvantitativno identifikacijo vodotopnih ali organotopnih molekul (npr. polisaharidi, proteini, amino kisline itd.) z uporabo izključitvene (SEC), afinitetne (AC) ali ionsko-izmenjevalne (IEC) metode.



PERME OX2/230 - OTR Labtehnika instruments

To je naprava za merjenje prepustnosti kisika s programsko opremo WinPerme OX2/230 W3/330. Primerna je za merjenje prepustnosti kisika raznih materialov (tj. plastičnih filmov, solarnih in laminiranih materialov, aluminijastih folij ter steklenic, vrečk, kozarcev, narejenih iz plastike, gume, papirja, stekla in kovine).

Standardi: ASTM D3985, ASTM F2622, ASTM F1307, ASTM F1927, ISO 15105-2, JIS K7126-B, GB/T 19789, YBB 00082003



Merilec električne upornosti 6517B Keithley

Merilec električne upornosti z visokonapetostnim izvorom ($\pm 1000V$) za merjenje površinskega naboja ($2nC-2\mu C$), visokih (površinskih in volumetričnih) uporov ($2M\Omega-200T\Omega$) in majhnih tokov ($20pA-20mA$).



Komora za enostransko zamrzovanje tekočih vzorcev (gradient poroznosti) LBBE FS

Računalniško vodeno hlajenje aluminijastih plošč (spodnje/zgornje). Prilagoditev razdalje med ploščami.

Temperaturno območje hlajenja: $0-150\text{ }^{\circ}\text{C}$, natančnost $\pm 0,1-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Potenciostat/Galvanostat Autolab PGSTAT101 Methrom

Autolab/PGSTAT101 se v kombinaciji z zmogljivo programsko opremo NOVA uporablja za večino standardnih elektrokemijskih tehnik.



Avtomatizirana naprava za enostransko premazovanje in tiskanje ravnih substratov Challenger 175 Nobert Schläfli

Naprava omogoča kontroliran (po površini in debelini nanosa) in ponovljiv (zaporeden) način nanosa premazov (visoke μm -natančnosti in ponovljivosti) na ravni površini z izbranim modulom (rotacijsko šablono različnih perforacij in dezenov ali mrtvo režo/ Slot-die različne debeline in širine kanalov) in možnostjo sušenja z naprednim (hitrim, učinkovitim in nizkoenergetskim) NIR-obsevanjem v kontinuirnem postopku.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Nova popolnoma avtomatizirana (računalniško vodena) naprava Challenger 175 (nsm Nobert Schläfli AG, Švica) omogoča direktno in poglobljeno raziskovalno-razvojno sodelovanje (izdelava prototipov, TRL 1-4) z industrijskimi partnerji v različnih sektorjih (tekstilne, papirne, embalažne, medicinske, varnostne/informacijske, proizvajalci elektronike/senzorjev/premazov), predvsem pa ponuja možnost za sodelovanje v številnih raziskovalnih in razvojnih projektih, vezanih na krovna in specifična področja znotraj različnih EU programov, zastavljenih do leta 2030 (digitalizacija/napredni materiali, intenziviranje procesov, zdravje/varnost, trajna/aktivna/inteligentna embalaža).
- Analize L*a*b* barvnih vrednosti materialov po standardu CIE, merjenje belin po različnih formulah in določanje UV-zaščitnega faktorja.
- Merjenje refleksije/transmisije/absorbance materialov na UV/VIS/NIR-področju.
- Konvencionalne analize in testiranje tekstilnih materialov (vlakna, preje in ploske tekstilije) v skladu s standardi.
- Analiza in načrtovanje klasičnih in sodobnih postopkov barvanja in plemenitenja.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- Karl Franzens University of Graz, Gradec, Avstrija
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- Coventry University, Coventry, Velika Britanija
- Uniwersytet przyrodniczo-humanistyczny w Siedlcach, Siedlce, Poljska
- Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Iasi, Romunija
- University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romunija
- Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Turčija
- Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Inštitut za medicinska istraživanja in medicina rada, Zagreb, Hrvaška
- University of Ghent, Gent, Belgija
- West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Szczecin, Poljska
- Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael
- VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finska
- Aalto University, Aalto, Finska
- Stockholm university, Stockholm, Švedska
- EMPA, St. Gallen, Švica

SODELOVANJE S PODJETJI

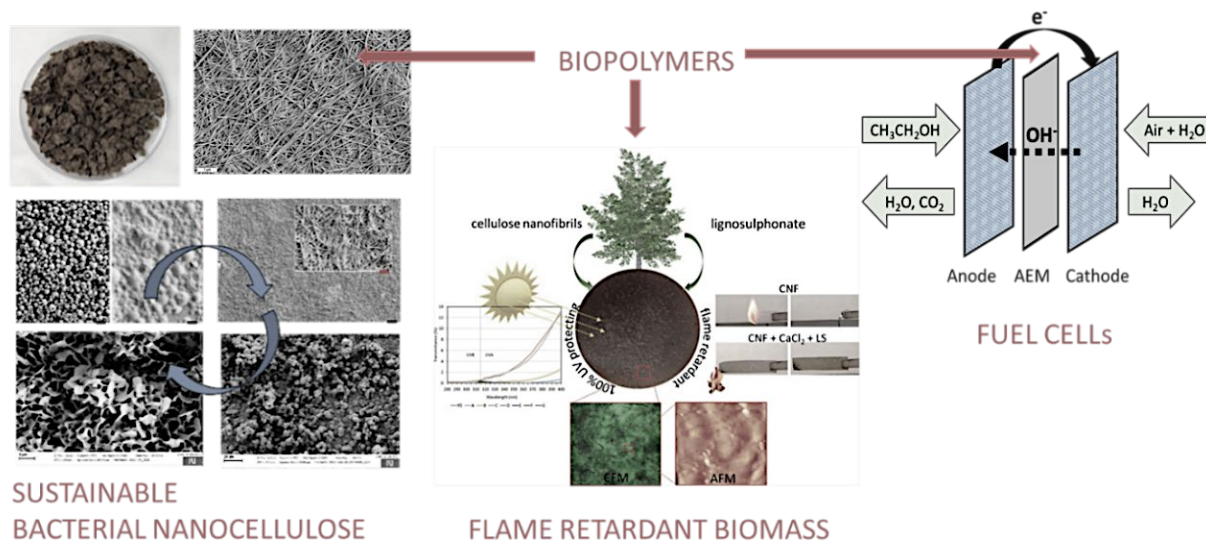
Čateks, d. d., Hrvaška; Krka, tovarna zdravil, d. d., Slovenija; Predilnica Litija, d. o. o., Slovenija; Silkem, d. o. o., Slovenija; AquafilSLO, d. o. o., Slovenija; Cinkarna Celje, d. d., Slovenija; Innovation Service Network, d. o. o., Slovenija; Weiler Abrasives, d. o. o., Slovenija; Printed Electronics Ltd, Velika Britanija; A-Gas Electronic Materials, Velika Britanija; Textilní zkušební ústav s.p., Češka; Educell, d. o. o., Slovenija; InnoRenew CoE, Slovenija; MyBiotech, Nemčija; CIBER, Španija; Bionanonet, Austria; Gorenje, d. o. o., Slovenija; Tekstina, d.o.o, Slovenija; IRNAS, d. o. o., Slovenija; BiaSeparations, d. o. o., Slovenija

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj trajnostnega postopka pridobivanja bakterijske nanoceluloze (BnC) z uporabo alternativnega medija za produkcijo bakterijske nanoceluloze (patent) ter postopkov in situ/ex situ modifikacije BnCja.

Razvoj membran, ki zavirajo gorenje in blokirajo UV-žarke iz celuloznih nanofibrilov in bioloških odpadkov, bogatih z lignosulfonati, za širok spekter tehničnih aplikacij, kjer sta recikliranje in stroškovna učinkovitost

bistvena. **Razvoj biopolimernih membran** na osnovi hitozana in (modificirane) nanoceluloze ali grafenovega oksida za neposredno uporabo v etanolskih gorivnih celicah.



PUBLIKACIJE

1. GORGIEVA, Selestina, JANČIČ, Urška, CEPEC, Eva, TRČEK, Janja. Production efficiency and properties of bacterial cellulose membranes in a novel grape pomace hydrolysate by *Komagataeibacter melomenus* AV436T436 and *Komagataeibacter xylinus* LMG 1518. *International journal of biological macromolecules*. [Print ed.]. 2023, vol. 244, [article no.] 125368, str. 16, ilustr. ISSN 0141-8130. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125368
2. OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, HRIBERNIK, Silvo, FAKIN, Tomaž, BRAČIČ, Matej, KUREČIČ, Manja. Electrospun nanofibrous composites from cellulose acetate / ultra-high silica zeolites and their potential for VOC adsorption from air. *Carbohydrate polymers*, ISSN 0144-8617. [Print ed.], 15 May 2020, vol. 236 (116071), str. 1–11, ilustr., doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116071
3. OJSTRŠEK, Alenka, CHEMELLI, Angela, OSMIČ, Azra, GORGIEVA, Selestina. Dopamine-assisted modification of polypropylene film to attain hydrophilic mineral-rich surfaces. *Polymers*. Feb. 2023, vol. 15, iss. 4, [article no.] 902, 14 str. ISSN 2073-4360. DOI: 10.3390/polym15040902
4. RUBERTO, Ylenia, VIVOD, Vera, JUHANT GRKMAN, Janja, LAVRIČ, Gregor, GRAIFF, Claudia, KOKOL, Vanja. Slot-die coating of cellulose nanocrystals and chitosan for improved barrier properties of paper. *Cellulose*. April 2024, vol. 31, iss. 6, str. 3589–3606. ISSN 0969-0239. DOI: 10.1007/s10570-024-05847-3.
5. LAKSHMANAN, Subramanian, JUREČIČ, Vida, BOBNAR, Vid, KOKOL, Vanja. Dielectric and thermal conductive properties of differently structured Ti3C2Tx/Ti3C2Tx MXene-integrated nanofibrillated cellulose films. *Cellulose*. Published 02 August 2024, 20 str. ISSN 1572-882X, DOI: 10.1007/s10570-024-06105-2.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- GORGIEVA, Selestina, TRČEK, Janja, OSMIČ, Azra, CEPEC, Eva. A food waste extract for cultivation of microorganisms and production of bacterial cellulose and a process for obtaining said extract : EP23158370.9, 2023-02-23. Munich: European Patent Office, 2023. [7] str. [COBISS.SI-ID 106057475]
- GORGIEVA, Selestina, TRČEK, Janja, OSMIČ, Azra, CEPEC, Eva. Izvleček iz živilskega odpada za gojenje mikroorganizmov ter produkcijo bakterijske celuloze in postopek pridobivanja omenjenega izvlečka : patent SI 26318 A, 31. 8. 2023. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport, 2023. [21] str. [COBISS.SI-ID 100023299]patentna družina: Št. patenta: SI 26318 A, 31. 8. 2023; št. prijave: P-202200026, 28. 2. 2022; Številka: 31200-26/2022-2, z dne 2. 3. 2022.
- GORGIEVA, Selestina, OJSTRŠEK, Alenka, BOŽIČ, Mojca, JANČIČ, Urška, HRIBERNIK, Silvo. Postopek priprave negorljivih aerogelov na osnovi nanofibrilirane celuloze : patent SI 25918 A, 2021-05-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2021. [16] str. [COBISS.SI-ID 21196035] patentna družina: P-201900222, 2019-11-13.

- GORGIEVA, Selestina, OJSTRŠEK, Alenka. Postopek modifikacije bakterijske celuloze z mikrostrukturiranim želatinskim nanosom : patent SI 25790 A, 2020-08-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2020. str. [1], str. 8, str. 1/3-3/3, ilustr. [COBISS.SI-ID 27283715], patentna družina: P-201900025, 2019-02-07.

ARIS PROGRAMI

- P2-0118 Tekstilna kemija in napredni tekstilni materiali
- P2-0424 Dizajn novih lastnosti (nano)materialov in aplikacije

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- 2D-paper Thermally conducting paper substrates. Flag-Era III JTC 2023, 2024-2027.
- Nanofibrilarne celulozne membrane v mikrobnih gorivnih celicah: razvoj materialov za trajnostne aplikacije z visoko dodano vrednostjo. J2-50086, 2023-2026.
- Izdelava visoko kapacitivne elektropredene vlaknovine za fleksibilen superkondenzator. J2-50087, 2023-2026.
- Bioaktivne, in situ modificirane, vlaknate membrane na osnovi bakterijske celuloze: procesiranje, karakterizacija in ocena uporabnosti v biomedicini. J2-2487, 2020-2024.
- Razvoj visokozmogljivih piezoelektričnih premazov za samodejno napajanje netkanin tekstilij, uporabljenih v e-mobilnosti. J2-3053, 2021-2024.
- Bionanotehnologija kot orodje za stabilizacijo in aplikacije bioaktivnih učinkovin iz naravnih virov. J2-3037, 2021-2024.
- Razvoj novih membran in elektrod na osnovi grafena za uporabo v etanolovih gorivnih celicah. N2-0087, 2020-2021.
- Strukturne in površinske lastnosti vlakninskih membran za čiščenje in kromatografsko separacijo biomakromolekul. J2-1719, 2019-2022.
- Development of nanotextured yarns, fabrics and foils for heat and fire protective textile products. L2-9249, 2018-2021.
- Razvoj funkcionalno-gradientnih, večslojnih, biopolimernih membran za vodeno parodontalno regeneracijo. Z7-7169, 2016-2018.
- Z zeoliti modificirani vlaknotvorni polimeri; izdelava, karakterizacija in aplikacija. L2-6776, 2014-2017.
- Razvoj naravnih nanoučinkovitih adsorbentov in filtrirnih membran za čiščenje pralnih kopeli in njihovo naknadno (in-situ) ponovno uporabo med gospodinjskim procesom tekstilnega pranja. L2-7576, 2016-2019.
- Biotehnoški procesi obdelave lignoceluloznih materialov. L4-3641, 2010-2013.
- Kompaktni vlaknotvorni polimeri v bioloških sistemih čiščenja odpadnih vod definicija, interakcije in uporabnost. Z2-2064, 2009-2012.
- Anorganska posthibridizacija 3D tiskanih biopolimerjev in njihov biološki pomen. BI-AT/20-21-003, 2020-2022.
- Modificirana bakterijska celuloza kot umetna biomimetična membrana za biološko možgansko pregrado. BI-HR/20-21-001, 2020-2022.
- Formulacija in optimizacija nanodelcev z antibiotiki, vključenimi v membrano na osnovi bakterijske celuloze za zdravljenje rezistentnih, patogenih, medceličnih bakterij med terapijo kooperativne okužbe. BI-ME/21-22-022, 2021-2023.
- Preparation of nanocellulose-based materials with embedded silver nanoparticles for controlled antimicrobial activity. SLO-RS/043, 2018-2019.
- Development of biomimetic organic-inorganic coatings for improved osseointegration of Mg based implants. SLO-DE/002, 2018-2019.
- Development of hydroxyapatite-nanocellulose based 3D structured hybrid materials for gas sensing applications. SLO-IND, 2015-2017.
- NABIHEAL - Antimicrobial nanostructured biomaterials for complex wound healing. HORIZON-CL4-2022-RESILIENCE-01-13, 2023-2027.

- MATUROLIFE – Metallisation of textiles to make urban living for older people more independent and fashionable. H2020-NMBP, 2018–2021.
- NanoTextSurf Nanotextured surfaces for membranes, protective textiles, friction pads and abrasive materials. H2020-PILOTS-760601, 2017–2020.
- Waste biorefinery technologies for accelerating sustainable energy processes WIRE. COST akcija CA20127, 2021–2025.
- NanoEIMem – Designing new renewable nano-structured electrode and membrane materials for direct alkaline fuel cell. M-era.Net, 2017–2020.
- EUPHRATES EU promotion of health through research, applied technology, education and science in India. Erasmus-Mundus (EMA2)-2013–2540/001, 2013–2017.
- NanoBarrier Extended shelf-life biopolymers for sustainable and multifunctional food packaging solutions. FP7-NMP-2011-LARGE-5-280759, 2012–2016.
- NanoSelect Functional membranes/filters with anti/low-fouling surfaces for water purification through selective adsorption on biobased nanocrystals and fibrils. FP7-NMP-2011-SMALL-5-280519, 2012–2016.
- POLYSURF Development of smart polymer surfaces. Marie-Curie-ToK/DeV-FP6-MTKD-CT-2005-029540, 2006–2009.
- ENZUP Enzymatic up-grading of wool fibres. FP6-2004-SME-COOP-032877, 2006–2008.
- nPOSSCOG Nano-polysaccharide containing scaffolds with controlled porosity and degradability. EraNet-MNT, 2012–2015.
- TABANA Targeting antimicrobial activity via micro/nano-structured surfaces for civil applications. EraNet-MNT, 2011–2013.
- ANTIMICROB PEPTIDES Targeting of material's antimicrobial activity by newly engineered peptides. EraNet-MateraPlus, 2010–2013.
- NANOWELL Nanostructured functional and active textiles for well-being. EraNet-Manunet, 2009–2010.

ČLANSTVA

- EPNOE – European Network of Excellence for Polysaccharide
- ESB – European Network for biomaterials
- AUTEX – Association of Universities for Textile
- EURATEX – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing
- COST action CA20101, Plastics monitoring detection Remediation recovery (PRIORITY, 2021-2025)
- COST action CA20127, Waste biorefinery technologies for accelerating sustainable energy processes
- NATO AC/323 SCI-212/ET – članstvo v raziskovalni mreži

6.2 LABORATORIJ ZA KEMIJO IN OKOLJEVARSTVO



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Julija Volmajer Valh

E-naslov: julija.volmajer@um.si

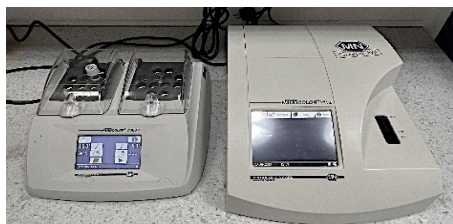
Tel.: 02 220 7897

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-kemijo-in-okoljevarstvo/>

Osnovni dejavnosti laboratorija sta izobraževanje in raziskovalno delo na področju kemije, organske kemije, analiznih metod, recikliranja in proučevanja negativnega vpliva tekstilnih in plastičnih odpadkov na okolje. V laboratoriju izvajamo spektroskopsko karakterizacijo ATR FTIR, analizo RAMAN, UV-/VIS-analizo ter spektroskopsko karakterizacijo na mikroravni s FTIR-mikroskopijo. Splošna karakterizacija vod, ki obsega določanje različnih parametrov, kot so trdota, pH, električna prevodnost, motnost, obarvanost, KPK, BPK, TOC vrednosti in določanje težkohlapnih lipofilnih snovi (TLS) ter testiranje toksičnosti z uporabo metode z Vibrio Fisheri, je prav tako del storitev, ki jih ponuja laboratorij. Raziskovalno je skupina usmerjena v razvoj novih

tehnologij čiščenja odpadnih voda s pomočjo naprednih oksidacijskih postopkov kakor tudi v kemijsko in termomehansko recikliranje tekstilnih in plastičnih materialov z namenom pridobitve novih sekundarnih surovin.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



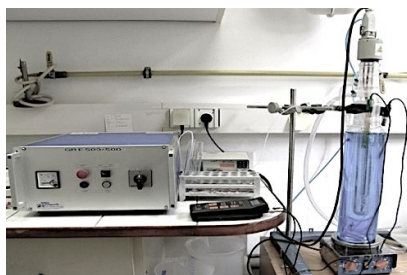
NANOCOLOR Macherey-Nagel

Naprava je sestavljena iz termo bloka in merilne enote. S pomočjo pripravljenih kompletov z reagenti omogoča izvedbo standardnih testov za analizo vode, osnovano na fotometrični analizi. Proizvajalec ponuja več kot 500 kompletov. Aparat omogoča meritev UV/VIS-vrednosti pri izbranih valovnih dolžinah.



Luminometer Dr. Lange

Naprava za določanje toksičnosti z bakterijami *Vibrio Fischeri*. Izpostavljenost strupenim snovem v vodah povzroči zaviranje bioluminiscence bakterij *Vibrio Fischeri*, ki jo merimo na luminometru pred izpostavitvijo preiskovani snovi in po določenem inkubacijskem času. Zmanjšanje intenzitete svetlobe je obratno sorazmerno strupenosti testirane snovi. Namen testa je določanje koncentracije preiskovane snovi, ki povzroči 50 % zaviranje luminiscence v določenem inkubacijskem času glede na kontrolo. Testni organizmi so komercialno dostopni.



H₂O₂/UV naprava Solvay Interox

Naprava omogoča razgradnjo organskih snovi v odpadni vodi, deluje po principu naprednih oksidacijskih postopkov (AOP). Nastali hidroksilni radikali (nastanejo iz H₂O₂ s pomočjo aktivatorja UV-žarkov) skoraj neselektivno oksidirajo vsa v odpadni vodi prisotna organska onesnaževala. Volumen reaktorja je 1,8 L. Moč UV-žarnice se lahko nastavi na 500 oziroma 1000 W.



Oxiotop Control 12

Naprava je sestavljena iz komore, steklenic z merilno glavo in krmilnika OC 100. Nadzorni sistem OxiTop® uporablja programsko nadzorovane funkcije in infrardeči vmesnik za komunikacijo med merilno glavo in krmilnikom OC 100. Ta povezava omogoča hkratni skupinski zagon, upravljanje, shranjevanje in sledenje 100 merilnim glavam ter spremljanje rezultatov na grafičnem zaslonu. Prek kabla AK-540/B in komunikacijskega programa Achat OC se lahko podatki prenesejo na osebni računalnik za vrednotenje in dokumentiranje. Merilna glava deluje na manometrični metodi z vgrajenim senzorjem tlaka. Komora ima nastavljivo temperaturo od 5 °C do +65 °C.



Klima komora KK 105 CH Kambič

Klima komora je namenjena za izvedbo eksperimentov, pri konstantni temperaturi in relativni vlagi. Najpogosteje se uporablja za študije umetnega staranja in študije biorazgradljivosti.



Reaktor Büchi

10-litrski reaktor iz nerjavečega jekla, v katerem se lahko izvajajo reakcije pri povišani temperaturi (do 300 °C) in tlaku (do 50 barov).



FTIR-RAMAN spektrofotometer z AUTOIMAGE mikroskopom, Spectrum GX Perkin Elmer

Tehnične specifikacije: srednji – IR, delilniki žarkov: KBr in Mylar, detektorji: DTGS (srednji IR in FIR), delovno območje: 7000–50 cm⁻¹, možnost samodejne slike, Volfram-halogenski osvetljevalec, avtomatski mikroskop.

Perkin Elmer Spectrum GX je infrardeči spektrometer z enim žarkom, ki temelji na Michelsonovem interferometru in Fourierjevi transformaciji. Ima dvonivojski optični modul, ki je zaprt in posušen. Sistem je konfiguriran z enim virom srednjega infrardečega sevanja. Razdelilniki žarkov MIR in FIR ter kompleti detektorjev DTGS omogočajo pokrivanje območja od 7000 do 50 cm⁻¹ z največjo ločljivostjo 0,3 cm⁻¹. Spectrum GX je modularen sistem in lahko sprejme do štiri enakovredne izhodne žarke.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Čiščenje odpadnih vod z naprednimi oksidacijskimi postopki.
- Kemijsko recikliranje polietilen tereftalata PET.
- Test toksičnosti z Vibrio Fisheri.
- Spektroskopska karakterizacija (ATR FTIR in Raman analiza, UV/VIS-analiza).
- Spektroskopska karakterizacija na mikroravni (FTIR-mikroskopija).
- Splošna karakterizacija vod: določanje trdote, pH, električne prevodnosti, motnosti, obarvanosti, kemijska potreba po kisiku (KPK), biokemijska potreba po kisiku (BPK) in skupni organski ogljik (TOC) vrednosti ter določanje težkohlapih lipofilnih snovi (TLS).

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences, Dunaj, Avstrija
- University of Belgrade, Beograd, Srbija
- University of Niš, Niš, Srbija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- Academy of Professional Studies South Serbia, Leskovac, Srbija
- Technical University of Lodz, Lodz, Poljska
- INTI-National Institute of Industrial Technology, Buenos Aires, Argentina
- Pamukkale University, Pamukkale/DENİZLİ, Turčija
- Bursa Uludağ University, Nilüfer/BURSA, Turčija
- Ege University, Bornova – İZMİR, Turčija

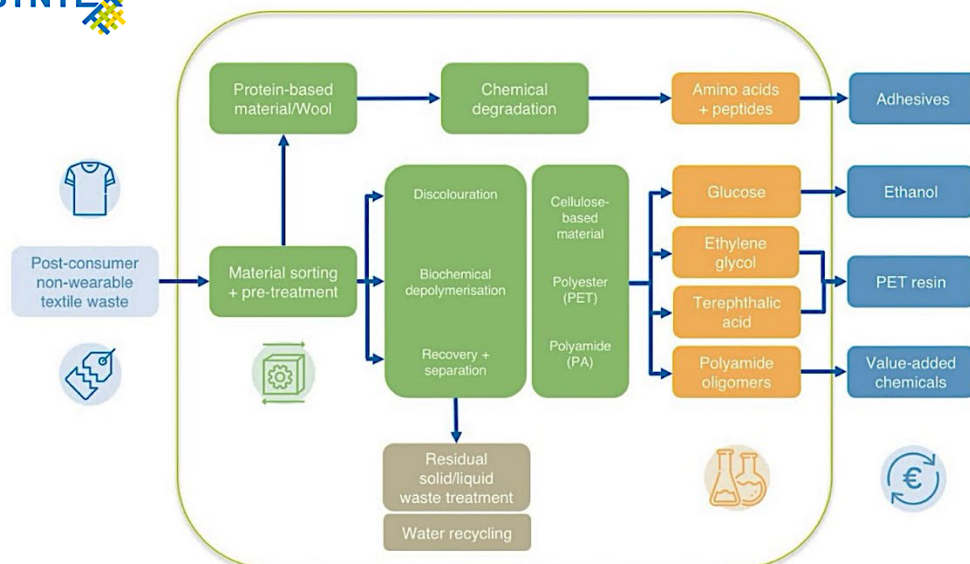
SODELOVANJE S PODJETJI

American & Efird (A&E Europe), sukanci, d. o. o., Ecolab, d. o. o., Konus Konex, d. o. o., Paloma, d. d., Štajerska gospodarska zbornica, Ios, inštitut za Okoljevarstvo in Senzorje, d. o. o., Filc, d. o. o., Ikema, d. o. o., ECHO, d. o. o., Plastika Skaza, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Projekt RESYNTEX je neposreden prispevek k EU direktivi o odpadkih iz leta 2008 (2008/98/ES). **Obnavna edinstveno tehnologijo predelave tekstilnih odpadkov**, ki temelji na kaskadnih kemičnih in encimskih procesih za proizvodnjo sekundarnih surovin predvsem za kemično in tekstilno industrijo. V okviru projekta so bili razviti inovativni poslovni modeli, ki se bodo prilagajali različnim industrijskim partnerstvom in novim tržiščem. Z vključevanjem širše družbe smo želeli izboljšati dosedanje pristope in odnos do zbiranja odpadnega tekstila, povečati ozaveščenost javnosti in širiti zavedanje o nujnosti recikliranja.

RESYNTEX



PUBLIKACIJE

1. PLOHL, Olivija, ERJAVEC, Alen, FRAS ZEMLIJČ, Lidija, VESEL, Alenka, ČOLNIK, Maja, ŠKERGET, Mojca, VAN FAN, Yee, ČUČEK, Lidija, TRIMMEL, Gregor, VOLMAJER VALH, Julija. Morphological, surface and thermal properties of polylactic acid foils, melamine-etherified resin, and polyethylene terephthalate fabric during (bio)degradation in soil. *Journal of cleaner production*. [Online ed.]. Available online 23 August 2023, 138554, str. 50, ilustr. ISSN 1879-1786. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138554.
2. VOLMAJER VALH, Julija, PUŠIČ, Tanja, ČURLIN, Mirjana, KNEŽEVIČ, Ana. Extending the protection ability and life cycle of medical masks through the washing process. *Materials*. Feb. 2023, vol. 16, iss. 3, [article no.] 1247, str. 18. ISSN 1996-1944. DOI: 10.3390/ma16031247.
3. VUJANOVIČ, Annamaria, PUHAR, Jan, ČOLNIK, Maja, PLOHL, Olivija, VIDOVIČ, Timotej, VOLMAJER VALH, Julija, ŠKERGET, Mojca, ČUČEK, Lidija. Sustainable industrial ecology and environmental analysis: a case of melamine etherified resin fibres. *Journal of cleaner production*. [Print ed.]. 1 Oct. 2022, vol. 369, str. 13. ISSN 0959-6526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133301.
4. VOLMAJER VALH, Julija, STOPAR, Dimitrije, SELAYA BERODIA, Ignacio, ERJAVEC, Alen, ŠAUPERL, Olivera, FRAS ZEMLIJČ, Lidija. Economical chemical recycling of complex PET waste in the form of active packaging material. *Polymers*. Aug. 2022, vol. 14, iss. 16 (3244), str. 1–15. ISSN 2073-4360. DOI: 10.3390/polym14163244.
5. ERJAVEC, Alen, VOLMAJER VALH, Julija, HRIBERNIK, Silvo, KRAŠEVAC GLASER, Tjaša, FRAS ZEMLIJČ, Lidija, VUHERER, Tomaž, NERAL, Branko, BRUNČKO, Mihael. Advance analysis of the obtained recycled materials from used disposable surgical masks. *Polymers*. March 2024, vol. 16, iss. 7, [article no.] 935, str. 21, ilustr. ISSN 2073-4360. DOI: 10.3390/polym16070935.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- VOLMAJER VALH, Julija, TOPLAK ČASAR, Renata, MAJCEN LE MARECHAL, Alenka, NOVAKOVIČ, Srdjan. Derivati N-klorobenzopiran-2-iminov in njihova uporaba : patent št. SI 21269 A, z dne 02.03.2004 : prijava patenta št. P-200200167, datum prijave 02.07.2002. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2004. 8, str. 2, graf, prikazi.

ARIS PROGRAM P2-0118 Tekstilna kemija in napredni tekstilni materiali

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Načrtovanje in upravljanje trajnostnih vrednostnih verig proizvodnje plastičnih materialov za prehod v krožno gospodarstvo. J7-3149, 2021–2024.
- Resyntex; A new circular economy concept: from textile waste towards chemical and textile industries feedstock. H2020-WASTE, 2015–2019.

ČLANSTVA

- AUTEX – Association of Universities for Textile
- EURATEX – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing

6.3 LABORATORIJ ZA OBDELAVO IN PRESKUŠANJE POLIMERNIH MATERIALOV 

Vodja laboratorija
red. prof. dr. Lidija Fras Zemljič
 E-naslov: lidija.fras@um.si
 Tel.: 02 220 7909
 Splet: <https://lcpp.fs.um.si/>

Odlična kadrovska in infrastrukturna struktura laboratorija omogoča znanstvenoraziskovalno in razvojno delo na področjih polimerov, tekstilnih materialov in tehnologij. Osredotočamo se predvsem na napredno funkcionalizacijo in karakterizacijo polimernih materialov, pri čemer posebno pozornost namenjamo tekstilnim materialom in kompozitom. Cilj naših raziskav je razviti pametne in (več)funkcionalne tekstilije, nanovlakna in polimerne kompozite za različne namene, kot so bioaktivna embalaža, medicinske in inženirske aplikacije. Pri tem izhajamo iz horizontalnega povezovanja nano- in biotehnologij ter razvijamo (nov) koncept zaprte odpadkovne zanke in okolju prijaznih materialov. Imamo ekspertno znanje ter analitična orodja za določanje fizikalno-kemijskih lastnosti polimernih materialov, zlasti pa se osredotočamo na analizo površin in površinskih pojavov ter na poglobljeno razumevanje interakcij na vmesnih površinah med trdnim in tekočim ter trdnim in plinastim.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**LITESIZER 500 Anton Paar**

Litesizer 500 je odlična izbira za določanje lastnosti nano- in mikrodlecev v disperzijah in raztopinah. Velikost delcev se določa z dinamično metodo (DLS), zeta potencial pa z elektroforetično metodo sipanja svetlobe (ELS).

**Titracijski T70, DL53, DL28 Mettler Toledo**

Titracijske tehnike: nevtralizacijske, konduktometrične in polielektrolitske se običajno uporabljajo za določanje naboja nabitih monomerov in polimerov v raztopini ali suspenziji (vlakna, celuloza, folije, membrane itd.) ter vrste disociirajočih in dostopnih skupin, konstante disociacije (pK vrednosti) v topilih različne polarosti.

**SurPASS 3 Anton Paar**

Instrument SurPASS 3 se uporablja za analizo zeta potenciala trdnih snovi skoraj vseh oblik in velikosti, kot so vlakna, folije, plošče, tekstil, prah ali zrnca. Princip analize zeta potenciala z instrumentom SurPASS 3 temelji na metodi pretočnega potenciala in pretočnega toka.



Kremenova mikrotehnica z disipacijo Biolin Scientific

Kremenova mikrotehnica z disipacijo je naprava, ki na nanoravni in v realnem času analizira površinske pojave, vključno s tvorbo tankih filmov, interakcijami in reakcijami. Uporablja se lahko za spremljanje obnašanja adsorpcije/desorpcije v realnem času na vmesni fazi trdno-tekoče.



3D BIO-printer GeSiM BioScaffolder GeSiM Bioinstruments and Microfluids

Bioscaffolder je edinstven 3D-biotiskalnik, ki omogoča hkratno tiskanje celičnih nosilcev in živih celic. Uporablja dve različni tehnologiji, pnevmatsko ekstrudiranje in piezoelektrično tiskanje.



Nanospider NS 500 Elmarco

Naprava za naprednje omogoča t. i. brezigelno oblikovanje nanovlaken iz tankega sloja raztopine polimera s pomočjo močnega elektrostatičnega polja. To omogoča izdelavo nanovlaknatih struktur (kopren), uporabnih npr. v medicini kot obloge za rane ali zračni filtri, itd.



SEM z EDXS- SUPRA 35 VP Carl Zeiss

EDXS spektrometer Ultim Max 100 Oxford, VB

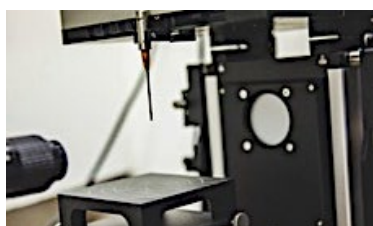
Vrstični elektronski mikroskop (FESEM) za analizo morfologije, topografije in značilnosti kemične sestave številnih vrst materialov. Prednost sistema GEMINI® FESEM kolone so odlična ločljivost do zelo nizkih napetosti 0,1 kV in visokozmogljivi detektor sekundarnih elektronov, kar omogoča analizo občutljivih, slabo prevodnih vzorcev, kot so polimeri in biološki vzorci. V kombinaciji z energijsko disperzno rentgensko spektroskopijo (EDXS) omogoča določanje kemijske sestave.



Spektrometer Spectrum 3 Tri-Range MIR/NIR/FIR PerkinElmer

Mikroskopski sistem Spotlight 200i FT-IR, GladiATR Illuminate

Omogoča delovanje v srednji, bližnji in daljni infrardeči svetlobi. Programski paket Spectrum 10 nadzoruje sistem Spotlight 200i, kar omogoča napredne analize FT-IR. Kombinirani sistem je idealen za analizo funkcionalnih skupin in molekul anorganskih, organskih ali kompozitnih materialov. Omogoča opazovanje prerezov mikrovlaken in analize ATR-FTIR vzorcev in-situ ter mapiranje specifičnih komponent materiala.



Goniometer OCA 35 Data Physics

Omogoča merjenje kontaktnih kotov na ravnih površinah različnih trdnih materialov, kar omogoča določanje površinskih prostih energij materialov in informacije o obnašanju površin v stiku z različnimi tekočinami in njihovem hidrofилno/hidrofobnem karakterju.



Ekperimentalni sistem za sestavljanje nano- in mikrostrukturnih polimernih kompozitov in kovinskega stekla, ekstruder ThermoFisher Scientific process 11

Ekperimentalni sistem za sestavljanje nano- in mikrostrukturnih polimernih kompozitov omogoča temeljne raziskave na področju sinteze polimernih kompozitov (termoplasti z nanopolnili).

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Tehnike izdelave in modifikacije materialov, razvoj funkcionalnih materialov (različne naprave za elektropredenje in elektropredenje, brizgalni tiskalnik, bioskafander (3D-biotiskalnik), naprava za spin-coating in dip-coating, plazemska aktivacija, UV-jedkanje, zamrzovalni sušilnik, rotavapor, enkapsulator, pršilni sušilnik, pirolizna peč, homogenizator, stroj za varjenje z optičnimi vlakni, običajni postopek impregnacije in postopek potapljanja).
- Morfologija, strukturiranost polimernih materialov (AFM, SEM z EDXS itd.).
- Površinske lastnosti in študija adsorpcijskih/desorpcijskih fenomenov polimernih materialov in polimernih kompozitnih materialov: (QCM-D, elektroforetična mobilnost in določanje velikosti delcev, titracije, površinski zeta potencial, tenziometrija/goniometrija, UV-VIS, ATR-IR in Ramanova spektroskopija, sorpcija vode/par).
- Kemična sestava materialov (SEM z EDX, ATR-IR).
- Konvencionalne analize in testiranje tekstilnih materialov (vlakna, preje in ploske tekstilije) v skladu s standardi. Analize drugih polimernih materialov in kompozitov (filmi folije, membrane) in polimernih raztopin. Te analize vključujejo kemijsko sestavo, strukturo in morfologijo, reološke lastnosti, fizikalno kemijske in mehanske lastnosti, gorljivost, degradacijo in/ali spremembe barve in videza pri različnih atmosferskih pogojih itd.
- Analiza in načrtovanje klasičnih in sodobnih postopkov apretiranja.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAM

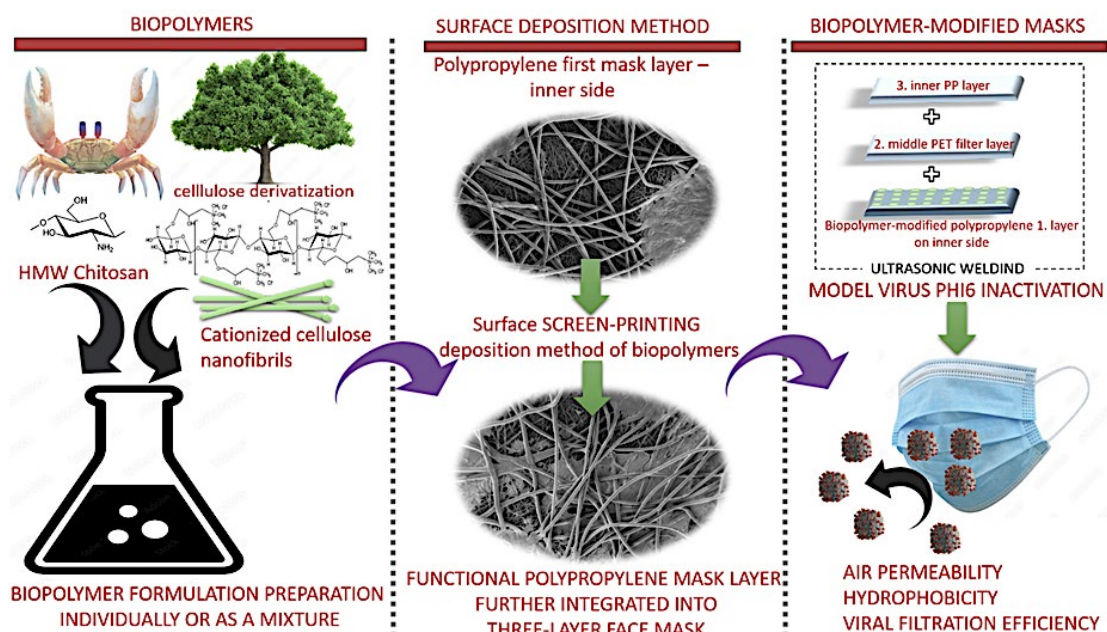
- Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- Karl Franzens University of Graz, Gradec, Avstrija
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- Lund University, Lund, Švedska
- University of Nottingham, Nottingham, Združeno kraljestvo
- Université d'Evry-Val-d'Essonne, Evry, Francija
- Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Dresden, Nemčija
- ETH - Swiss Federal Institute of Technology Zürich, Zürich, Švica
- LEPMI - Laboratory of Electrochemistry and Physical-Chemistry of Materials and Interfaces, Francija
- AIDICO - Technological Institute for Construction, Valencia, Španija
- BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Avstrija
- CEMEF – Centre de mise en forme des matériaux, Sophia Antipolis, Francija
- Joanneum Research, Graz, Avstrija
- TITK - Thuringian Institute for Textile and Plastics Research, Rudolstadt, Nemčija
- Innochemtech GmbH Braunschweig, Braunschweig, Nemčija
- The Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Grčija
- AIMPLAS - Technological Institute of Plastics, Valencia, Španija
- University of Belgrade, Beograd, Srbija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška

SODELOVANJE S PODJETJI

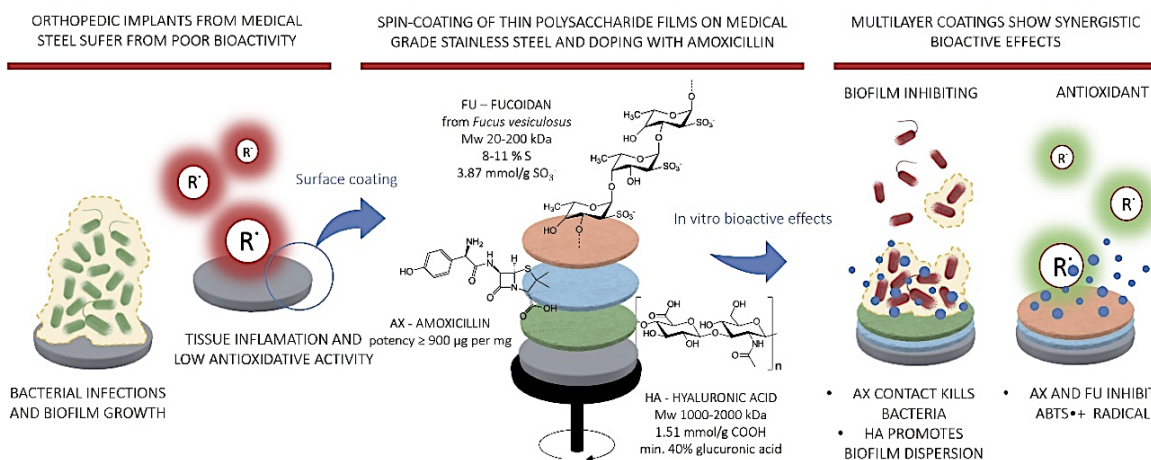
Tosama, d. o. o., Perutnina Ptuj, d. d., Konus Konex, d. o. o., Medex, d. d., TT Okroglica, d. d., Tik, d. o. o., Paloma, d. d., Kogal, s. p., Silkem, d. o. o., Savatech, d. o. o., Jata Emona, d. o. o., Mondi AG, Tekstina, d. o. o., Surovina d. o. o., Kinezika, d. o. o., Calcit, d. o. o., Cinkarna Celje, d. o. o., WEILER Abrasives, d. o. o., WEILER Abrasives, d. o. o., Treibacher Industrie AG, FALPE s.r.l. Unipersonale itd.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj funkcionalnih polipropilenskih plasti s sitotiskanimi premazi iz hitozana in kationiziranih celuloznih nanofibrilov za vključitev v triplastno obrazno masko s potencialno protivirusno aktivnostjo. Preparati iz hitozana in kationiziranih celuloznih nanofibrilov (posamezno ali kot mešanica) so bili sitotiskani na plast polipropilenske maske, z biopolimeri modificirana funkcionalna plast pa je bila vključena v triplastno obrazno masko in je zagotovila protivirusne lastnosti.



Z amoksicilinom dopirana hialuronska kislina/fukoidan kot večnamenski premazi za medicinske ortopedske vsadke iz nerjavnega jekla z odličnim medicinskim potencialom.



PUBLIKACIJE

- BRACIČ, Matej, POTRČ, Sanja, FINŠGAR, Matjaž, GRADIŠNIK, Lidija, MAVER, Uroš, BUDASHEVA, Hanna, KORTE, Dorota, FRANKO, Mladen, FRAS ZEMLIČ, Lidija. Amoxicillin doped hyaluronic acid/fucoidan multifunctional coatings for medical grade stainless steel orthopedic implants. *Applied Surface Science*, 2023, vol. 611, part A, str. 1–11, doi: 10.1016/j.apsusc.2022.155621.

2. AJDNIK, Urban, LUXBACHER, Thomas, FRAS ZEMLIČ, Lidija. *Proteins at polysaccharide-based biointerfaces: A comparative study of QCM-D and electrokinetic measurements. Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 2023, vol. 221, str. 1–10, doi: 10.1016/j.colsurfb.2022.113011.
3. PLOHL, Olivija, KOKOL, Vanja, FILIPIČ, Arijana, FRIC, Katja, KOGOVŠEK, Polona, PERŠIN FRATNIK, Zdenka, VESEL, Alenka, KUREČIČ, Manja, ROBIČ, Jure, GRADIŠNIK, Lidija, MAVER, Uroš, FRAS ZEMLIČ, Lidija. *Screen-printing of chitosan and cationised cellulose nanofibril coatings for integration into functional face masks with potential antiviral activity. International journal of biological macromolecules*, 2023, vol. 236, str. 1–15, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.123951.
4. FRAS ZEMLIČ, Lidija, ČOLNIK, Maja, FAKIN, Darinka, PUŠIČ, Tanja, BRAČKO, Vanessa Wendy, KRAŠEVAC GLASER, Tjaša, ŠKERGET, Mojca. *Eco friendly functional finishes of polyester fabric using keratin from wool and feather wastes. Progress in organic coatings. [Online ed.]*. Sept. 2024, vol. 194, [article no.] 108616, str. 1–12, doi: 10.1016/j.porgcoat.2024.108616.
5. PLOHL, Olivija, FRAS ZEMLIČ, Lidija, VIHAR, Boštjan, VESEL, Alenka, GYERGYEK, Sašo, MAVER, Uroš, BAN, Irena, BRAČIČ, Matej. *Novel magnetic iron oxide-dextran sulphate nanocomposites as potential anticoagulants: Investigating interactions with blood components and assessing cytotoxicity. Carbohydrate polymers*. Nov. 2024, vol. 343, [article no.] 122469, str. 1–13, doi: 10.1016/j.carbpol.2024.122469.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- KRAŠEVAC GLASER, Tjaša, MOZETIČ, Miran, OGRINC, Nives, VESEL, Alenka, FRAS ZEMLIČ, Lidija. Film and production method: patentna prijava GB 2584438 A. [S. I.]: Intellectual Property Office, 9. Dec. 2020.

ARIS PROGRAM P2-0118 Tekstilna kemija in napredni tekstilni materiali

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Razvoj visoko občutljive elektrokemične metode na osnovi magnetnih polimernih nanokompozitov za določanje antibiotičnih spojin v sledih v okoljskih sistemih. 10. 1. 2022–30. 9. 2025.
- Napredni tehnološki procesi za recikliranje odpadne keratinske biomase in razvoj novih funkcionalnih bioproduktov na osnovi keratina. 10. 1. 2022–30. 9. 2025.
- Razvoj varnih večnamenskih površin za katetre za preprečevanje nastanka biofilmov (DemoCat). 10. 1. 2021–30. 9. 2024.
- Načrtovanje in upravljanje trajnostnih vrednostnih verig proizvodnje plastičnih materialov za prehod v krožno gospodarstvo. 11. 1. 2021–31. 10. 2024.
- Razvoj bioaktivnih nanostrukturiranih vlaknatih membran za podaljšanje kakovosti svežega sadja. 1. 9. 2020–31. 8. 2023.
- Strategija za izboljšanje kvalitete življenja in ortopedskega zdravljenja hrustančnih poškodb – napredni 3D (bio)tiskani nosilci za tkivno regeneracijo. 1. 9. 2020–31. 8. 2023.
- FoodTraNet – Advanced research and Training Network in Food quality, safety, and security. H2020-MSCA-ITN, 1. 5. 2021–30. 4. 2025.
- FiberNet. H2020-MSCA-ITN, 1. 1. 2018–31. 5. 2022.

ČLANSTVA

- EPNOE – European Network of Excellence for polysaccharide
- POLIMAT – Centre of Excellence Polymer Materials and Technologies
- AUTEX – Association of Universities for Textile
- EURATEX – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing
- The European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing (Textile ETP)
- E-RIHS: European research infrastructure for heritage science

6.4 LABORATORIJ ZA OBLAČILNO INŽENIRSTVO, FIZIOLOGIJO IN KONSTRUKCIJO OBLAČIL



Vodja laboratorija

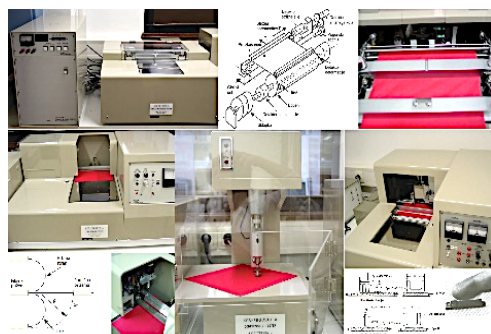
red. prof. dr. sc. Jelka GeršakE-naslov: jelka.gersak@um.si

Tel.: 02 220 7960

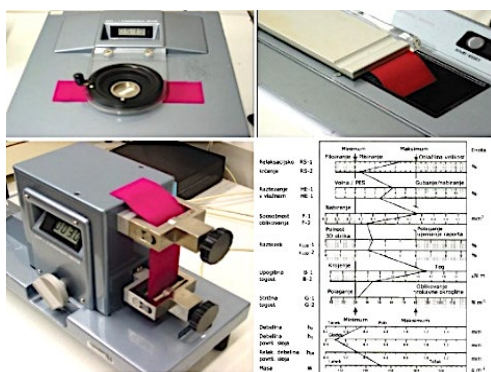
Splet: <https://ricdoi.fs.um.si/o-nas/ricdoi/loifko/>

Laboratorij za oblačilno inženirstvo, fiziologijo in konstrukcijo oblačil je formalno nastal leta 1999, njegova geneza pa sega v leto 1985, ko je bil ustanovljen Laboratorij za konfekcijsko tehnologijo, ki se je 1992 leta preimenoval v Laboratorij za oblačilno inženirstvo. Osnovni dejavnosti laboratorija sta pedagoška in raziskovalna dejavnost. Raziskave so pomemben in vidni del dejavnosti, ki potekajo v okviru raziskovalnega programa *Oblačilna znanost, udobje in tekstilni materiali* ter zagotavljajo teoretično in aplikativno podstat za razvoj novih raziskovalnih smeri na področju mehanskega obnašanja fleksibilnih struktur, funkcionalnih, pametnih in inteligentnih oblačil, celovitega zagotavljanja udobja pri nošenju oblačil in oblačilne dediščinske znanosti. Pomemben del raziskav je osredotočen na razvoj inteligentnega oblačila z integriranim personaliziranim nosljivim sistemom, zasnovanim na podlagi tehnike umetne inteligence, za detekcijo zamrznjenega koraka in stimulacijo v realnem času, namenjenega bolnikom s Parkinsonovo boleznijo. Laboratorij je opremljen s sodobno opremo za objektivno vrednotenje mehanskih in fizikalnih lastnosti fleksibilnih ploskih struktur pri malih obremenitvah, toplotnih lastnosti, CAD-sistemom za konstruiranje in simuliranje oblačil ter drugih tekstilnih izdelkov v virtualnem okolju, 3D body skenerjem za tridimenzionalno zajemanje mer in oblike človeškega telesa ter drugo podporno infrastrukturo.

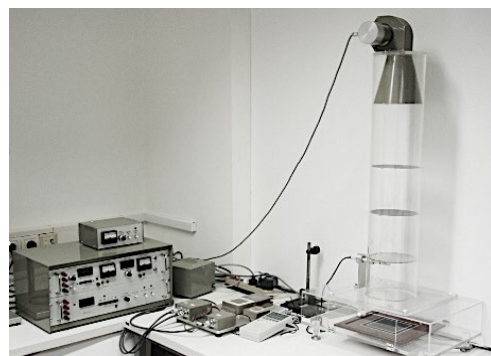
VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**KES-FB AUTO merilni sistem Katō Tech Co., Ltd., Japonska**

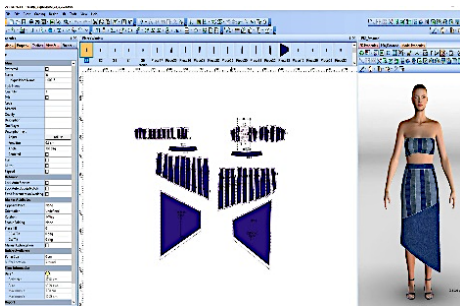
Namenjen je določanju mehanskega obnašanja ploskih tekstilij (tkanin, pletiv, netkanih tekstilij, laminatov) pri majhnih obremenitvah ter površinskih lastnosti in omogoča analizo kompletnih reverzibilnih deformacij, povzročenih pri majhnih nateznih, strižnih, upogibnih in kompresijskih obremenitvah. Sistem omogoča tudi merjenje mehanskega obnašanja netekstilnih materialov, kot so usnje, papir, membrane, folije in drugi fleksibilni ploski materiali.

**FAST merilni sistem CSIRO Division of Wool Technology, Avstralija**

Merilni sistem služi za potrebe nadzora mehanskih lastnosti v proizvodnji tkanin, pri apretiranju in za kontrolo procesov izdelave oblačil. Zasnovan je na tehnologiji objektivnega vrednotenja mehanskih lastnosti pri nižjih obremenitvah in dimenzijske stabilnosti kot fizikalne lastnosti. Rezultati so podani na podlagi 14 parametrov (kompresijske, upogibne, natezne in strižne lastnosti, sposobnost oblikovanja in dimenzijska stabilnost) in FAST kontrolnega diagrama, ki nakazuje potencialne težave v procesu izdelave oblačil.

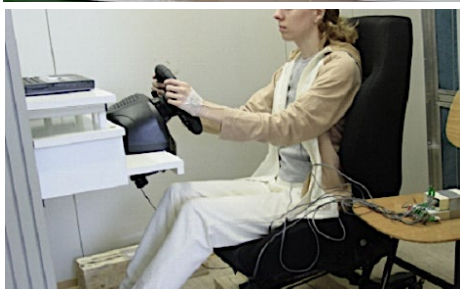
**KES-FB7 – ThermoLabo II Katō Tech Co., Ltd., Japonska**

ThermoLabo je merilni sistem za določanje toplotnih lastnosti ploskih tekstilij in drugih ploskih materialov kot pomembnih parametrov biofizikalne analize oblačilnih sistemov. Je sistem, ki simulira prehod toplote in/ali vodne pare skozi ploske tekstilije ali druge materiale in služi za določanje toplotne prevodnosti λ , toplotnega upora R_{ct} in upora proti prehodu vodne pare R_{et} , indeksa prepustnosti vodne pare imt , koeficienta ohranjanja toplote in toplotnega občutka q_{max} , ko je tkanina v dotiku s kožo.



OptiTex PDS Optitex Ltd., Izrael

OptiTex PDS je CAD-program za konstruiranje, modeliranje in gradiranje krojev oblačil, ki s podporo 3D-modula omogoča simulacijo oblačil v virtualnem okolju in njihovo pomerjanje na virtualnih 3D-telesnih modelih. Programska oprema s t. i. *Fabric Editor* omogoča pretvorbo parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti tekstilij, izmerjenih z merilnim sistemom KES-FB ali FAST, v obliko, primerno za 3D-simulacijo drapiranja tekstilij in simulacijo 3D-prototipov oblačil v virtualnem okolju.



Računalniško krmiljena klimatska komora IZR, d. o. o., Škofja Loka

Klimatska komora s hladilno-grelno enoto in opremo za videonadzor je namenjena proučevanju toplotno fizioloških obremenitev testnih oseb pri različnih obremenitvah toplotnega okolja oziroma proučevanju fizioloških odzivov človeškega telesa med različnimi dejavnostmi: med gibanjem (oblačila za prosti čas, poletna oblačila, poslovna oblačila, športna oblačila), pri spanju (posteljni vložki, spalne vreče), med vožnjo (avtomobilske sedežne prevleke) in/ali pri delu (zaščitna oblačila) in pri različnih okolijskih pogojih. Z raziskovalnega vidika je pomemben del infrastrukture, ki omogoča ocenjevanje vpliva toplotnega okolja na toplotno počutje uporabnika pri nošenju posameznih oblačilnih sistemov v danih umetno ustvarjenih klimatskih pogojih, ki simulirajo dejansko okolje.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Analiza kakovostnih parametrov tekstilij in oblačil: analiza parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti ploskih fleksibilnih materialov (ploske tekstilije, usnje, papir, folije itd.), določenih z merilnim sistemom KES-FB in FAST, določanje toplotnih lastnosti (toplotnega upora R_{ct} , upora proti prehodu vodne pare R_{et} , toplotne prevodnosti ploskih tekstilij λ).
- Določanje parametrov toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil (vrednotenje toplotnih obremenitev s pomočjo fizioloških meritev) pri različnih klimatskih razmerah.
- Konstruiranje temeljnih krojev in modeliranje krojev oblačil, gradiranje krojnih delov oblačil, virtualno prototipiranje oblačil.
- Konvencionalne analize in testiranja tekstilnih materialov (sukanci, ploske tekstilije) v skladu s standardi.
- Poleg navedenega izvajamo tudi oblikovanje tekstilij in oblačil ter strokovna mnenja o vzrokih nastalih težav v procesu izdelave oblačil in zagotavljanju stopnje kakovosti izdelanih oblačil itd.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAM

- Heriot-Watt University, Edinburgh, Združeno kraljestvo
- Nottingham Trent University, Nottingham, Združeno kraljestvo
- Technischen Universität Dresden – Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, Dresden, Nemčija
- Vysoká škola výtvarných umení v Bratislave, Bratislava, Slovaška
- Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta, Hradec Králové, Češka
- Politechnika Łódzka, Lodz, Poljska
- Fakulta textilní Technické univerzity v Liberci, Liberec, Češka
- Univerzitet umetnosti v Beogradu, Beograd, Srbija
- Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu, Zrenjanin, Srbija
- Akademija likovnih umjetnosti Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, BiH
- Tehnički fakultet Univerziteta u Bijaću, Bijać, BiH

- Tehniški fakultet Univerzitetu u Banjaluki, Banja Luka, BiH
- Tehnološki fakultet Leskovac Univerzitetu u Nišu, Leskovec, Srbija
- Óbudai Egyetem, Budimpešta, Madžarska
- Vilniaus dailės akademija, Vilna, Litva
- Institutul National de Cercetare-dezvoltare Pentru Textile si Pielari (INCDTP), Bukarešta, Romunija
- Ghent University, Gent, Belgija
- Hogeschool Gent (HOOGENT), Gent, Belgija
- Ecole Nationale Supérieure Arts Industries Textiles (ENSAIT), Roubaix, Francija
- TecMinho, Interface of the University of Minho, Guimaraes, Portugalska
- Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal, Vila Nova de Famalicao, Portugalska
- Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi Din Iasi, Iasi, Romunija
- Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

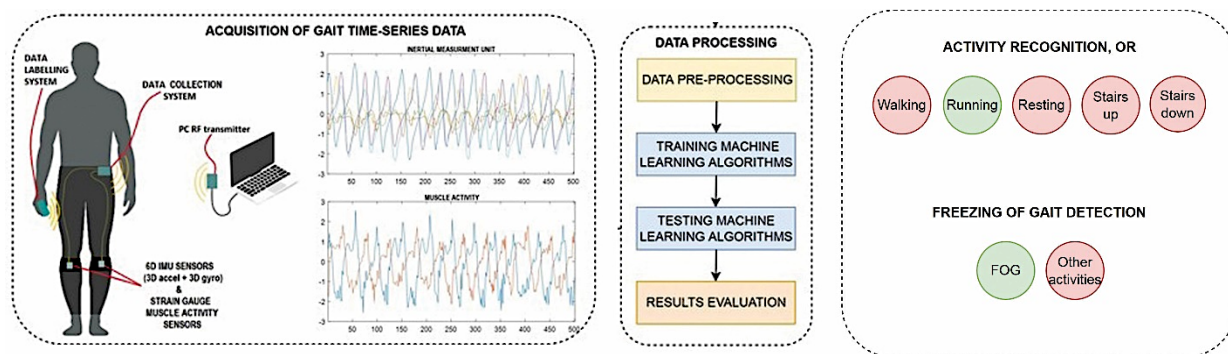
SODELOVANJE S PODJETJI

Lisca, d. o. o., – modna oblačila, Sevnica; Prevent&Deloza, d. o. o., Celje; Mavisa, d. o. o., Trzin; Mednarodni inštitut za potrošniške raziskave, Ljubljana, Slovenske železnice – Potniški promet, d. o. o., Ljubljana, Zveza paraplegikov Slovenije, Društvo paraplegikov Podravja, Pokrajinski muzej Maribor, Pokrajinski muzej Ptuj – Ormož in drugi

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj nosljivega sistema, zmožnega spremljanja, analize in prepoznavanja aktivnosti človekove hoje, z namenom izboljšati kakovost življenja pri bolnikih s Parkinsonovo boleznijo, na področju športa ali protetike.

Informacije o gibanju hoje so pridobljene z merilniki pospeška in žiroskopi, nameščenimi na spodnjih okončinah, kjer so senzori med hojo izpostavljeni vztrajnostnim silam. Sistem sestavljajo naslednje enote: sistem za zajemanje podatkov o gibanju hoje, tj. gibalnih informacij, zbiranje podatkov časovnih vrst, predobdelava podatkov in sistem za obdelavo (razvrščanje) podatkov.



Z uporabo razvite strojne in programske opreme bo mogoče v realnem času natančno in zanesljivo detektirati zamrznitve (zamrznjen korak) pri bolnikih s Parkinsonovo boleznijo, kar bo prispevalo k objektivnejši oceni bolnikovega stanja in bo vplivalo na kakovost poteka in zdravljenja bolezni.

PUBLIKACIJE

1. GERŠAK, J. *Design of clothing manufacturing processes: a systematic approach to developing, planning, and control*. 2nd ed. Oxford: Woodhead Publishing: Elsevier, cop. 2022. XIII, str. 375, *The Textile Institute book series*. ISBN 978-0-08-102648-9, ISBN 978-0-08-102772-1.
2. SLEMENŠEK, J., FISTER, I., GERŠAK, J., BRATINA, B., VAN MIDDEN, V. M., PIRTOŠEK, Z., ŠAFARIČ, R. *Human gait activity recognition machine learning methods*. *Sensors*. 2023, vol. 23, iss. 2, 745, str. 1–24. ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s23020745.
3. RUDOLF, A., ŠTERMAN, S., CUPAR, A. *Development of a textile sheet mask design for facial care based on a 3D face model of an average woman*. *Journal of engineered fibers and fabrics*. April 2024, vol. 19, str. 14. ISSN 1558-9250. DOI: 10.1177/15589250241254443.
4. STOJANOVIĆ, S., GERŠAK, J., URAN, S. *Development of the Smart T-Shirt for Monitoring Thermal Status of Athletes*. *AUTEX Research Journal*, vol. 23, no. 2, 2023, str. 266–278. <https://doi.org/10.2478/aut-2022-0005>.

5. BOBOVČAN MARČELIČ, M., GERŠAK, J., ROGALE, D., FIRŠT ROGALE, S. *Study of the compression properties of welded seams formed using hot wedge, hot air, ultrasonic, and high-frequency welding techniques. Textile research journal.* 2022;92(23–24), str. 4736–4752. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/00405175221109637.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- GERŠAK, J. Merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov : patent št. SI 23645 A, datum objave 31. 8. 2012; patentna prijava št. P-201200162, datum vložitve prijave 24. 5. 2012. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.
- GERŠAK, J. Inteligentni funkcionalni jopič za detekcijo poškodb s funkcijo delne zaščite proti preboju : odločba o podelitvi patenta : patent št. 22644, 30. 4. 2009; številka prijave P-200800294 z dne 1. 12. 2008. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2009.

ARIS PROGRAM P2-0123 Oblačilna znanost, udobje in tekstilni materiali

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- ARACNE – Advocating the Role of silk Art and Cultural Heritage at National and European scale. HORIZON-CL2-2022-HERITAGE-01, 1. 3. 2023–28. 2. 2026.
- DigitalFashion – Collaborative Online International Learning in Digital Fashion. Erasmus+ KA220-HED, 1. 2. 2022–31. 1. 2025.
- Big going Small. Erasmus+ KA210-VET3E10A3FF, 1. 1. 2024–31. 12. 2025.
- Software tools for textile creatives. Erasmus+ KA203-079823, 1. 12. 2020–30. 11. 2022.
- Ars-Techne - Creative Design and Innovation. CEEPUS Network SI-0217-17-2324.
- Ars-Techne: Creative Design and Innovation. CEEPUS Network SI-0217-18-2425.

ČLANSTVA

- AUTEX – Association of Universities for Textile
- Textile ETP – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing
- PPE for Pesticide – International Consortium for the Development and Evaluation of PPE for Pesticide Operators and Re-entry Workers
- IPC E-Textiles Committee Europe Working Groups for E-Textiles Standards
- HATZ – Akademija tehniških znanosti Hrvatske

6.5 LABORATORIJ ZA PROJEKTIRANJE IN KONSTRUKCIJO TEKSTILIJ



Vodja laboratorija

izr. prof. dr. Polona Dobnik Dubrovski

E-naslov: polona.dubrovski@um.si

Tel.: 02 220 7942

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-projektiranje-in-konstrukcijo-tekstilij/>

Raziskovalna dejavnost laboratorija obsega temeljno, aplikativno in razvojno-raziskovalno delo, ki se osredotoča na področje tekstilno-mehanskih procesov (klasifikacija ARIS) oziroma tekstilne tehnologije (klasifikacija CERIF). Glavni poudarek raziskovalnega dela je na načrtovanju in konstruiranju linijskih ter ploskih tekstilij za različne namene uporabe (oblačila, notranjo opremo in tehnične aplikacije). Prav tako se posvečamo posodabljanju procesov izdelave ploskih tekstilij, zlasti posodabljanju procesa digitalizacije priprave za tkanje. Pomembna tematska področja našega raziskovanja vključujejo načrtovanje mehansko-fizikalnih lastnosti klasičnih in tehničnih tekstilij, avksetičnih tekstilij ter drugih fleksibilnih inženirskih materialov, kot so pene, gume, geli, kompoziti in podobno. Poleg tega izvajamo analizo poroznosti tekstilnih in drugih inženirskih materialov, načrtujemo/modeliramo funkcionalne lastnosti tekstilij ter posodabljam proces vzorčenja in konstruiranja listnih in žakarskih tkanin.



Dinamometer H10KT Tinius Olsen

omogoča merjenje mehanskih lastnosti linijskih (preje, sukanci, trakovi, vrvi) in ploskih (tkanine, pletiva, netkane tekstilije, sestavljene tekstilije) tekstilij ter netekstilnih materialov, kot so papir, usnje, plastika, guma, kompoziti, geli itn. Sistem trenutno omogoča analizo obnašanja materialov pri nateznih in tlačnih obremenitvah do 50 N, 1000 N ter večjih obremenitvah, do 10 kN, zato je še posebej primeren za testiranje tehničnih materialov, kot so transportni trakovi, jermeni, laminati, geotekstilije ipd. v skladu z ustreznimi standardi.



Živosrebrni porozimeter Pascal

Instrument 140/440 se uporablja za analizo poroznosti trdnih materialov. Deluje pri nižjih pritiskih vbrizgavanja Hg (do 400 kPa) in je primeren za merjenje poroznosti makro in mezo poroznih trdnih materialov, ki imajo pore v velikostnem razredu premera por od 900 μm do 3,8 μm ali pri višjih pritiskih vbrizgavanja Hg (do 400 MPa) in je primeren za merjenje poroznosti mikro poroznih trdnih materialov s porami v velikostnem razredu premera por od 5 μm do 3,6 nm.



Sistem za slikovno analizo Lucia Optoteam

Sistem omogoča zajemanje, analizo in arhiviranje mikroskopskih slik testnih vzorcev linijskih in ploskih tekstilij. Primeren je tako za prosojne kot tudi za neprosojne vzorce. Omogoča zajemanje in obdelavo slikovnih informacij (meritve podrobnosti v sliki (dolžine, širine, površine, obsega ...), določanje značilnosti tekstilnih materialov (sistematičnost efektov, strukture, napak), določanje oblike in porazdelitve por v ploskih tekstilijah, določanje vrste napak v prejah/sukancih in ploskih tekstilijah.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Analiza obnašanja linijskih in ploskih tekstilij in drugih materialov (plastika, guma, papir, usnje, kompoziti, geli itn.) pri nateznih in tlačnih obremenitvah po protokolih v skladu z različnimi standardi. Možnost prenosa raziskovalnih podatkov v obliki Excelove datoteke.
- Slikovna analiza linijskih in ploskih tekstilij (določanje površinskih značilnosti tekstilnih materialov (prej, sukancev in ploskih tekstilij), določanje oblike in porazdelitve por v ploskih tekstilijah, določanje vrste napak v prejah, sukancih in ploskih tekstilijah.
- Določanje konstrukcijskih parametrov tkanin (smer vitja v preji, izvlečene iz tkanine; vezava in njen zapis v numerični obliki, izdelava vzornice, število niti na dolžinsko enoto; debelina tkanine; masa tkanine).
- Določanje parametrov poroznosti inženirskih materialov, ki prenesejo določene pritiske vbrizgavanja živega srebra.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

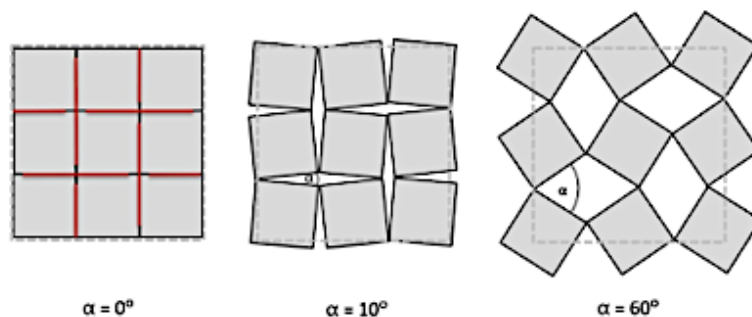
- Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Zagrebu, Tekstilno-tehnološka fakulteta, Zagreb, Hrvaška
- IIT – Indian Institut of Technology Delhi, Department of Textile & Fibre Engineering, New Delhi, Indija
- NIT – National Institut of Technology Jalandhar, Department of Textile Technology, Jalandhar, Indija
- Kafrelsheikh University, Faculty of Specific Education, Kafr El Sheikh, Egipt

SODELOVANJE S PODJETJI

Konus Konex, d. o. o., Keltex, d. o. o., Predilnica Litija, d. o. o., Tekstina, d. o. o., Tosama, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj funkcionalnih netkanih tekstilij z avksetičnimi lastnostmi. Z uporabo geometrije rotirajočih kvadratnih celic smo razvili oziroma modificirali klasične netkane tekstilije, ki se uporabljajo v obutveni industriji, v avksetične netkane tekstilije. Tovrstni materiali se zaradi avksetičnosti lažje oblikujejo oziroma modelirajo v različne forme in tako omogočajo boljše prilaganje kalupu, hkrati pa se pri nateznih obremenitvah ne skrčijo, temveč širijo. S tem omogočajo udobnejšo obutev, saj se na primer pri zatečeni nogi obutev »širi« sorazmerno z velikostjo oteklina narta.



PUBLIKACIJE

1. DOBNIK-DUBROVSKI, Polona, NOVAK, Nejc, BOROVIŠEK, Matej, VESENJAK, Matej, REN, Zoran. In-planedeformation behavior and the open area of rotating squares in an auxetic compound fabric. *Polymers*, ISSN 2073-4360, Jan. 2022, vol. 14, iss. 3 (571), str. 14, ilustr., doi: 10.3390/polym14030571.
2. DOBNIK-DUBROVSKI, Polona, FAKIN, Darinka, OJSTRŠEK, Alenka. Cotton woven fabrics as protective polymer materials against solar radiation in the range of 210-1200 nm. *Polymers*, ISSN 2073-4360, Mar. 2023, vol. 15, iss. 5, [article no.] 1310, str. 12, doi: 10.3390/polym15051310.
3. DOBNIK-DUBROVSKI, Polona, NOVAK, Nejc, BOROVIŠEK, Matej, VESENJAK, Matej, REN, Zoran. In-plane behavior of auxetic non-woven fabric based on rotating square unit geometry under tensile load. *Polymers*, ISSN 2073-4360, 2019, vol. 11, iss. 6, str. 1-13, ilustr., doi: 10.3390/polym11061040.
4. KOVAČIČ, Aljaž, NOVAK, Nejc, VESENJAK, Matej, DOBNIK-DUBROVSKI, Polona, REN, Zoran. Geometrical and mechanical properties of polyamide PA 12 bonds in composite advanced pore morphology (APM) foam structures. *Archives of civil and mechanical engineering*, ISSN 1644-9665, Sep. 2018, vol. 18, iss. 4, str. 1198-1206, ilustr.
5. VAJDA, Jernej, VIHAR, Boštjan, ČINČ ĆURIĆ, Laura, MAVER, Uroš, VESENJAK, Matej, DOBNIK-DUBROVSKI, Polona, MILOJEVIĆ, Marko. as post-processing ionic crosslinkers: implications for 3D bioprinting of polysaccharide hydrogels in tissue engineering. *Journal of materials research and technology*, ISSN 2214-0697. [Spletna izd.], March-April 2023, vol. 23, str. 1805-1820, ilustr.

ARIS PROGRAM P2-0063 Konstruiranje celičnih struktur

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Razvoj nanoteksturiranih prej, tkanin in folij za tekstilne izdelke s toplotno in ognjevarno zaščito, 1. 8. 2018-30. 6. 2021.
- Razvoj visokozmogljivih piezoelektričnih premazov za samodejano napajanje netkanih tekstilij uporabnih v e-mobilnosti, 1. 10. 2021-30. 9. 2024.
- Kompleksen in vitro model kože z vključeno plastjo kosti za testiranje neinvazivnega glukoznega senzorja, 1. 10. 2022-30. 9. 2025.
- Multi-funkcionalni tkani kompozit za toplotno zaščitno odječu. HRZZ IP-2018-01-3170, 15. 11. 2018-4. 11. 2022.
- Nanoteksturirane površine za membrane, zaščitne tekstilije, torne blazinice in abrazivne materiale, 1. 11. 2017-31. 10. 2020.

ČLANSTVA

- AUTEX – Association of Universities for Textile

6.6 LABORATORIJ ZA TISKANJE TEKSTILIJ IN NEGO OBLAČIL 6.7 CENTER ZA NEGO TEKSTILIJ IN OBLAČIL 

Vodja laboratorija

doc. dr. Manja KurečičE-naslov: manja.kurecic@um.si

Tel.: 02 220 7926

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-tiskanje-tekstilij-in-nego-oblacil/>

Laboratorij za tiskanje tekstilij in nego oblačil (LTTNO) je skupaj s Centrom za nego tekstilij in oblačil (CNTO) specializirana enota Katedre za materiale in oblikovanje (IIMO), namenjena raziskovanju in razvoju na področjih tiskanja tekstilij, tekstilnih materialov ter nege in higiene oblačil. LTTNO združuje pomembno raziskovalno opremo in strokovnjake, ki so usposobljeni za izvajanje različnih testiranj in uspešno pristopajo k razvoju sodobnih vlaknatih materialov na inovativen način. Člani laboratorija so aktivno vključeni v številne projekte, sofinancirane s strani ministrstev Republike Slovenije, Evropske unije ali industrijskih partnerjev, ki združujejo temeljno in aplikativno raziskovanje ter projekte za spodbujanje tehnološkega razvoja. LTTNO ponuja tudi strokovno svetovanje in izvaja razvojne projekte za industrijo, podjetja, trgovine in druge uporabnike. To vključuje vzpostavljanje partnerskih odnosov s podjetji, ki delujejo v tej panogi. Skozi takšno sodelovanje laboratorij prispeva k razvoju in izboljšanju tehnologij, ki se uporabljajo v industriji, ter pomaga reševati specifične izzive in težave, s katerimi se srečujejo proizvajalci in uporabniki tekstilij. V svojih raziskavah in razvoju člani LTTNO posvečajo posebno pozornost raziskovanju in reševanju problematike mikroplastike pri negi tekstilnih materialov. To vključuje proučevanje vpliva mikroplastike na okolje ter razvoj in testiranje alternativnih materialov in postopkov, ki zmanjšujejo prisotnost mikroplastike v tekstilnih izdelkih in njihovo sproščanje v naravno okolje. LTTNO je pomemben član IIMO, saj prispeva k razvoju tehnologij in strokovnega znanja na področju tekstilnega tiska ter nege in higiene oblačil. S svojimi raziskavami in storitvami pomaga izboljševati procese v tekstilni industriji ter skrbi za kakovost in trajnost tekstilnih izdelkov.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA

**Nanospider NS 500 Elmarco**

Naprava omogoča t. i. brizgalno oblikovanje nanovlaken iz tankega sloja raztopine polimera s pomočjo močnega elektrostatičnega polja. To omogoča izdelavo nanovlaknatih struktur (kopren), uporabnih v medicini kot obloge za rane ali kot zračne filtre itd.

**Brizgalni tiskalnik Dimatix DMP-2831 Fujifilm**

Tiskalnik Dimatix DMP-2831 Fujifilm se uporablja za tisk ploskih materialov, s široko paleto komercialnih in novo razvitih fluidov za brizganje. Spremenljiva ločljivost brizganja in ustvarjanje vzorcev sta nadzorovana s programsko opremo Dimatix.

**Laboratorijski pralni stroj FOM 701 CLS Electrolux**

Naprava se uporablja za določevanje pralnih in razkuževalnih učinkov ter pri vrednotenju parametrov pranja (čas, temperatura, kopelno razmerje) na spremembo fizikalno-kemijskih lastnosti tekstilnih materialov in oblačil. Omogoča natančno nastavitvev in ponovljivost Sinnerjevih parametrov ter programiranje procesa pranja (predpranje/glavno pranje/izpiranja/končno ožemanje).

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Tiskanje ploskih tekstilij in drugih materialov z laboratorijskim brizgalnim tiskalnikom Dimatix DMP-2831 Fujifilm. Analiza tiskarskega fluida, vrednotenje kakovosti odtisa.
- Preskušanja na področju nege in higiene tekstilij. Vrednotenje primarnih in sekundarnih učinkov pranja in razkuževanja, vrednotenje poškodb.
- Razvoj metod vrednotenja mikro- in makrovlaknen v procesih gospodinjanskega in industrijskega pranja ter sušenja tekstilij.
- Razvoj postopkov nege tekstilij, namenjenih za delovanje v pogojih čiste sobe.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
- Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Inštitut Josef Stefan, Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija
- University of Technology Graz, Gradec, Avstrija
- Karl Franzens University of Graz, Gradec, Avstrija
- TITK - Thuringian Institute for Textile and Plastics Research, Rudolstadt, Nemčija
- University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
- University of Banja Luka, Faculty of Technology, Banja Luka, Bosna in Hercegovina

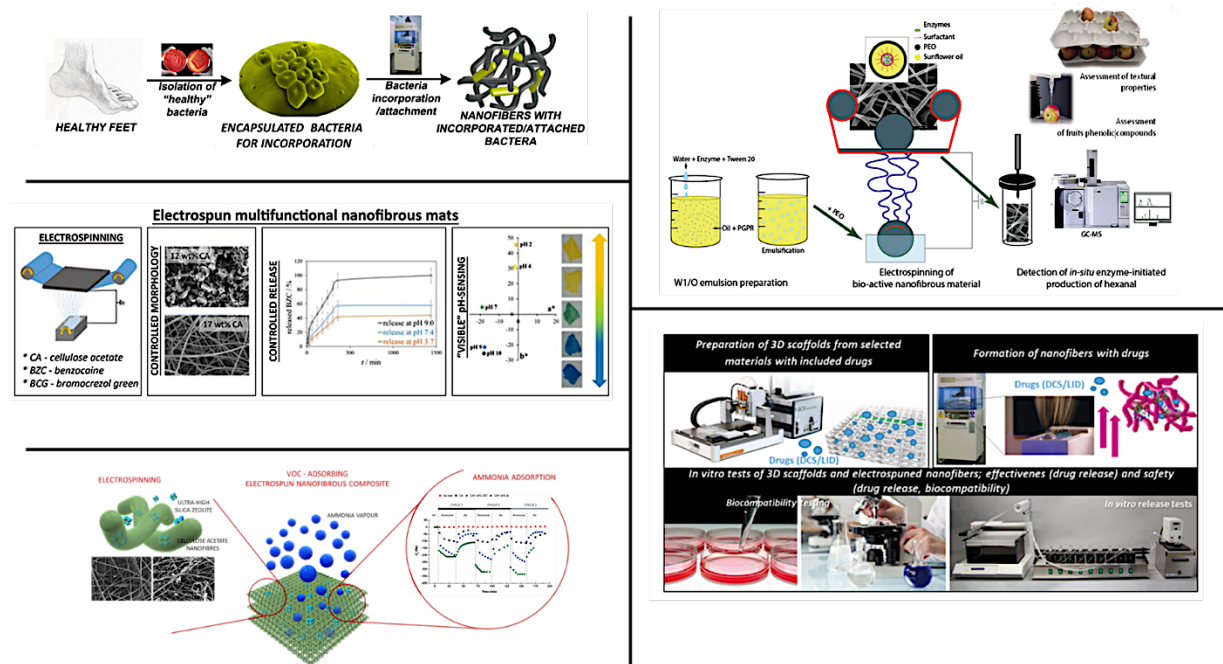
SODELOVANJE S PODJETJI

Gorenje, d. o. o., Paloma, d. d., Silkem, d. o. o., Predilnica Litija, d. d., Krka, d. d., Lek, d. d., WFK GmbH, Hunstman Int. LLC, CHT GmbH, Saponia, d. d., TKI Hrastnik, d. d., Boxmark GmbH, Mercator, d. o. o.

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Razvoj multifunkcionalnih nanovlaknatih materialov s tehnologijo elektrospredanja

Elektrospredanje – *Electrospinning* je metoda, ki temelji na uporabi elektrostatskih sil za oblikovanje neskončnih vlaken s premerom med deset nanometri in nekaj mikrometri.



Nanovlakna, oblikovana po postopku elektrospredanja, imajo izjemno veliko aktivno površino na enoto mase (pri premeru 100 nm je površina vlaken 40 m²/g), medtem ko postopek elektrospredanja omogoča načrtno oblikovanje materialov s številnimi funkcionalnostmi. V LTTNO smo razvili nanovlaknate materiale, ki najdejo svojo uporabnost na različnih področjih: (i) medicinski obliži za rane s kontroliranim sproščanjem zdravilnih učinkovin, (ii) materiali s profilaktičnim delovanjem, (iii) filtrni materiali s sposobnostjo adsorpcije hlapnih organskih snovi (VOC), (iv) materiali za zaščito sadja s sposobnostjo in-situ formacije in sproščanja hexanala, (v) nanovlaknati materiali s senzorskim (halokromnim) delovanjem zaznavanja spremembe pH v ranah itd.

PUBLIKACIJE

1. OJSTRŠEK, Alenka, PETEK, Gabrijela, KOČAR, Drago, KOLAR, Mitja, HRIBERNIK, Silvo, KUREČIČ, Manja. *In-situ enzyme-initiated production of hexanal from sunflower oil and its release from double emulsion electrospun bio-active membranes*. *Food Chemistry*. November 2024, vol. 457, ISSN 1873-7072. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.140032.
2. ELVEREN, Beste, KUREČIČ, Manja, MAVER, Tina, MAVER, Uroš. *Cell electrospinning: a mini-review of the critical processing parameters and its use in biomedical applications*. *Advanced biology*. March 2023, str. 10. ISSN 2701-0198. DOI: 10.1002/adbi.202300057.
3. NERAL, Branko, GORGIEVA, Selestina, KUREČIČ, Manja. *Decontamination efficiency of thermal, photothermal, microwave, and steam treatments for biocontaminated household textiles*. *Molecules*. June 2022, vol. 27, iss. 12 (3667), str. 19, ilustr. ISSN 1420-3049. DOI: 10.3390/molecules27123667.
4. ELVEREN, Beste, HRIBERNIK, Silvo, KUREČIČ, Manja. *Fabrication of polysaccharide-based halochromic nanofibers via needle-less electrospinning and their characterization: a study of the leaching effect*. *Polymers*. Oct. 2022, vol. 14, iss. 19 (4239), str. 1–18. ISSN 2073-4360. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84839>, DOI: 10.3390/polym14194239.
5. OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, HRIBERNIK, Silvo, FAKIN, Tomaž, BRAČIČ, Matej, KUREČIČ, Manja. *Electrospun nanofibrous composites from cellulose acetate / ultra-high silica zeolites and their potential for VOC adsorption from air*. *Carbohydrate polymers*. [Print ed.]. 15 May 2020, vol. 236 (116071), str. 1–11, ilustr. ISSN 0144-8617. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116071.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- KUREČIČ, Manja, OJSTRŠEK, Alenka, HRIBERNIK, Silvo, VIRANT, Natalija, KOS, Tanja, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Metoda za pripravo elektrospredanih pH-indikatorskih celuloznih nanovlaken : patent št. SI 25122 A, z dne 31. 7. 2017, patentna prijava št. P-201600015 z dne 13. 1. 2016. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2017.
- DOLIŠKA, Aleš, KUREČIČ, Manja, KOS, Tanja, HRIBERNIK, Silvo, PERŠIN FRATNIK, Zdenka, OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Priprava za in-vitro nadzorovano sproščanje učinkovine : patent št. SI 24839 A z dne 3. 5. 2016, patentna prijava št. P-201400355 z dne 13. 10. 2014. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2016.
- KUREČIČ, Manja, DOLIŠKA, Aleš, KOS, Tanja, HRIBERNIK, Silvo, PERŠIN FRATNIK, Zdenka, OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Nosilec kremenovega (QCM) kristala za vrednotenje lastnosti elektrospredanih nanovlaken : patent št. SI 24666 A z dne 30. 9. 2015, patentna prijava št. P-201400102 z dne 14. 3. 2014. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015.
- KUREČIČ, Manja, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, OJSTRŠEK, Alenka, HRIBERNIK, Silvo, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Postopek izdelave nanokompozitne ultrafiltracijske membrane z vključenimi delci mineralov glin za čiščenje odpadnih vod : patent SI24144 z dne 31. 1. 2014. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2014.
- HRIBERNIK, Silvo, SFILIGOJ-SMOLE, Majda, VERONOVSKI, Nika, KUREČIČ, Manja, STANA-KLEINSCHEK, Karin, OJSTRŠEK, Alenka. Metoda predobdelave regeneriranih celuloznih vlaken : patent št. SI 23971 A z dne 31. 7. 2013; patentna prijava št. P-201200005 z dne 10. 1. 2012. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2013.

ARIS PROGRAM P2-0118 Tekstilna kemija in napredni tekstilni materiali

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- ARACNE – Advocating the role of silk art and cultural heritage at national and european scale. HORIZON-CL2-2022-HERITAGE-01-02, 1. 3. 2023–28. 2. 2026.

- BioCel3D – Cellulose from waste and bacteria in electro-spinning for continuous fibre reinforced 3D printed composites. M-Era.Net3, 1. 9. 2022–31. 8. 2025.
- Nizkoemisijsko gospodinjsko strojno sušenje z vrednotenjem poškodb tekstilnih materialov. 1. 9. 2021–31. 8. 2024.
- Razvoj bioaktivnih nanostrukturiranih vlaknatih membran za podaljšanje kakovosti svežega sadja. 1. 9. 2020–31. 8. 2023.
- Bioaktivne, in situ modificirane, vlaknate membrane na osnovi bakterijske celuloze: procesiranje, karakterizacija in ocena uporabnosti v biomedicini. 1. 9. 2020–31. 8. 2023.
- Samosestavljeni in napredni biopolimerni ovoji za mikrokapsulacijo probiotikov in starterskih kultur. 1. 9. 2020–31. 8. 2023.
- Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence. Innorenew CoE: H2020-SGA-CSA, 2017–2023.
- Začetne stopnje površinske funkcionalizacije polimerov s plazemskimi radikali. 1. 7. 2019–30. 6. 2022.
- Nov inovativen pristop k zdravljenju pleničnega izpuščaja z uporabo plenice z vgrajenimi probiotičnimi bakterijami. 1. 7. 2019–30. 6. 2022.
- Metallization of textiles to make urban living for older people more independent and fashionable. MATUROLIFE: H2020, 2018–2021.
- Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji. 2016–2019.
- Elektrostatska imobilizacija bakterij in vpliv na njihovo fiziologijo. 2016–2019.
- Napredne hemokompatibilne površine žilnih opornic. 2016–2019.

MEDNARODNA ČLANSTVA

- EPNOE – European Network of Excellence for polysaccharide
- POLIMAT – Centre of Excellence Polymer Materials and Technologies
- AUTEX – Association of Universities for Textile
- EURATEX – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing
- FESPA – Federation of European Screen Printers Associations
- ICTC – International Technical Committee for Textile Care

6.8 CENTER ZA BARVANJE IN BARVE



Vodja centra

red. prof. dr. Darinka Fakin

E-naslov: darinka.fakin@um.si

Tel.: 02 220 7637

Splet: <https://www.fs.um.si/laboratorij-za-barvanje-barvno-metiko-in-ekolojijo-plemenitenja/center-za-barvanje-in-barvo/>

Center za barvanje in barve opravlja širok spekter dejavnosti, povezanih z barvnim zaznavanjem in merjenjem barv v različnih industrijskih panogah, kot so tekstil, papirna industrija, arhitektura, umetnost, psihologija, prehrabna industrija, medicina, dediščinska znanost in druge povezane panoge.



Barvni vzorci in spektrofotometer za merjenje na področju U-VIS-NIR.

Njegove dejavnosti vključujejo meritve refleksijskih vrednosti obarvanih vzorcev, določanje barvnometričnih vrednosti in barvnih razlik, merjenje beline, meritve na področju U-VIS-NIR, določanje zaščitnega faktorja vzorcev pred UV-sevanjem, razvoj ekološko sprejemljivih barvalnih procesov, izobraževanje, svetovanje, študije in mnenja. Center razpolaga tudi z različnimi spektrofotometri, sistemiziranimi barvnimi kartami, sistemi in katalogi. Aktivnosti so ključne za zagotavljanje kakovosti, varnosti in trajnosti barvnih materialov ter procesov v številnih industrijskih panogah.

6.9 RAZISKOVALNO-INOVAČIJSKI CENTER ZA DESIGN IN OBLAČILNO INŽENIRSTVO



Vodja centra

red. prof. dr. sc. Jelka Geršak

E-naslov: jejlka.gersak@um.si

Tel.: 02 220 7960

Splet: <https://ricdoi.fs.um.si/>

Raziskovalno-inovacijski center za design in oblačilno inženirstvo (RICDOI) je bil oblikovan leta 2015 v skladu s potrebami izvajanja, učinkovitega razvijanja, organiziranja in spodbujanja izobraževalnega in znanstvenoraziskovalnega dela na področju inovativnega designa, oblačilne znanosti ter razvoja funkcionalnih in inteligentnih oblačil. Raziskovalna dejavnost poteka v okviru raziskovalnega programa Oblačilna znanost, udobje in tekstilni materiali ter domačih in mednarodnih znanstvenoraziskovalnih projektov. Viden del raziskovalnih dejavnosti je usmerjen na ožje področje oblačilnega inženirstva, eksperimentalno oblikovanje, razvoj oblačil za gibalno omejene osebe, inovativne tehnologije na področju razvoja inteligentnih oblačil, fiziologijo oblačil in udobje pri nošenju ter oblačilno dediščinsko znanost.

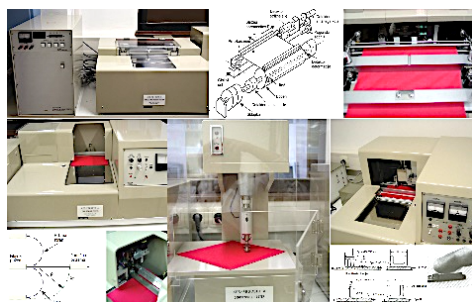
V okviru RICDOI delujeta Laboratorij za oblačilno inženirstvo, fiziologijo in konstrukcijo oblačil ter Modni atelje. Laboratorij je sodobno opremljen z ustrezno opremo in raziskovalno infrastrukturo, ki omogoča kakovostno izvajanje tako znanstvenoraziskovalne kot izobraževalne dejavnosti na širšem področju dejavnosti. Pomemben del raziskovalne infrastrukture je računalniško krmiljena klima komora za raziskave toplotnega udobja pri nošenju oblačil z ustrezno opremo za merjenje toplotno fizioloških parametrov – bio signalov testnih oseb.



Prepletanje znanosti in oblikovanja: Inovativni projekti RICDOI:

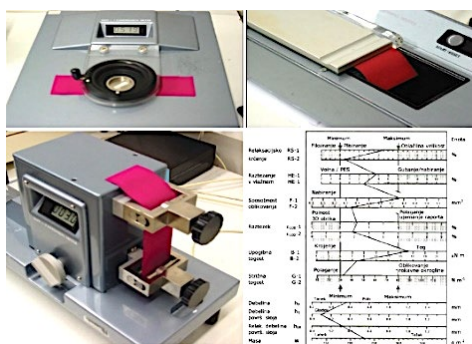
- a) iz delavnice Oblikovanje brez ostankov z navdihom kulturne dediščine, Design Week 2022,
- b) tehnična skica iz delavnice Električni vodniki v svetu inteligentnih oblačil – pot do robustnosti, Design Week 2023,
- c) eksperimentalno oblačilo študenta Kristjana Herzoga pri učni enoti Oblikovanje oblačil, 2023,
- d) končni produkt delavnice Fotografija kot spominski in materialni zapis, Design Week 2023,
- e) inspiracijski moodboard študentke Kristine Korenjak, 2024,
- f) študij toplotno fizioloških obremenitev testne osebe (mobilno zajemanje bio signalov) pri nošenju funkcionalne majice pod modificiranim medicinskim korzetom,
- g) razvoj pametnega oblačila za izboljšanje varnosti oseb z demenco.

VEČJA RAZISKOVALNA OPREMA



KES-FB AUTO merilni sistem Katō Tech Co., Ltd., Japonska

Namenjen je objektivnemu vrednotenju mehanskega obnašanja ploskih tekstilij (tkanin, pletiv, netkanih tekstilij, laminatov) pri majhnih obremenitvah ter površinskih lastnosti in omogoča analizo kompletnih reverzibilnih deformacij, povzročenih pri majhnih nateznih, strižnih, upogibnih in kompresijskih obremenitvah. Sistem omogoča tudi merjenje mehanskega obnašanja netekstilnih materialov, kot so usnje, papir, membrane, folije in drugi fleksibilni ploski materiali.



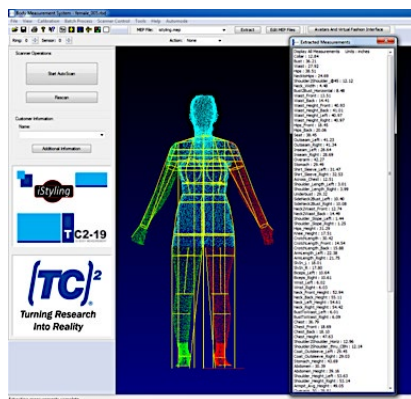
FAST merilni sistem CSIRO Division of Wool Technology, Avstralija

Merilni sistem služi za potrebe nadzora mehanskih lastnosti v proizvodnji tkanin, pri apretiranju in za kontrolo obnašanja le-teh v procesu izdelave oblačil. Zasnovan je na tehnologiji objektivnega vrednotenja mehanskih lastnosti pri manjših obremenitvah in dimenzijske stabilnosti kot fizikalne lastnosti. Rezultati so podani na podlagi 14 parametrov (kompresijske, upogibne, natezne in strižne lastnosti, sposobnost oblikovanja in dimenzijska stabilnost) in FAST kontrolnega diagrama, ki nakazuje potencialne težave v procesu izdelave oblačil.



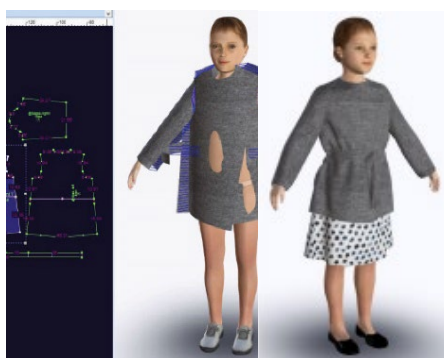
KES-FB7 – ThermoLabo II Katō Tech Co., Ltd., Japonska

ThermoLabo je merilni sistem za določanje toplotnih lastnosti ploskih tekstilij in drugih ploskih materialov kot pomembnih parametrov biofizikalne analize oblačilnih sistemov. Je sistem, ki simulira prehod toplote in/ali vodne pare skozi ploske tekstilije ali druge materiale in služi za določanje toplotne prevodnosti λ , toplotnega upora R_{ct} in upora proti prehodu vodne pare R_{et} , indeksa prepustnosti vodne pare i , koeficienta ohranjanja toplote in toplo-hladnega občutka q_{max} , ko je tkanina v dotiku s kožo.



TC2-19M 3D body skener Optitex Ltd., Izrael

Je sistem za zajemanje dimenzij in oblike telesa. Omogoča brezkontaktno popolnoma avtomatizirano digitalizacijo človeškega telesa in kreiranje virtualnega človeškega telesa ali t. i. avatarja. Sistem zabeleži okoli 1000 različnih meritev in omogoča določanje in analiziranje dimenzij telesa, telesne teže, značilnih indeksov, volumna telesa in drugih antropocentričnih podatkov. Namenjen je zajemanju telesnih mer v skladu s standardi in služi kot podlaga za: določanje antropometričnih mer populacije in kreiranje virtualnih parametričnih teles, t. i. avatarjev, ki so podlaga za razvoj virtualnih oblačil, in njihovo simulacijo na področju razvoja kolekcij in virtualne rekonstrukcije oblačilne kulturne dediščine.



OptiTex PDS Optitex Ltd., Izrael

OptiTex PDS je CAD-program za konstruiranje, modeliranje in gradiranje krojev oblačil, ki s podporo 3D-modula omogoča simulacijo oblačil v virtualnem okolju in njihovo pomerjanje na virtualnih 3D-telesnih modelih, kreiranih na podlagi podatkov, zajetih s TC2-19M 3D-telesnim skenerjem. Programska oprema omogoča s pomočjo t. i. *Fabric Editor* pretvorbo parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti ploskih tekstilij, izmerjenih z merilnima sistemoma KES-FB ali FAST, v obliko, primerno za 3D-simulacijo drapiranja tekstilij in simulacijo 3D-prototipov oblačil v virtualnem okolju.



Računalniško krmiljena klimatska komora IZR, d. o. o., Škofja Loka

Klimatska komora s hladilno-grelno enoto in opremo za videonadzor je namenjena proučevanju toplotno fizioloških obremenitev testnih oseb pri različnih obremenitvah toplotnega okolja oziroma proučevanju fizioloških odzivov človeškega telesa med različnimi dejavnostmi: med gibanjem (oblačila za prosti čas, poletna oblačila, poslovna oblačila, športna oblačila), pri spanju (posteljni vložki, spalne vreče), med vožnjo (avtomobilске sedežne prevleke) in/ali pri delu (zaščitna oblačila) in pri različnih okolijskih pogojih. Z raziskovalnega vidika je pomemben del infrastrukture, ki omogoča ocenjevanje vpliva toplotnega okolja na toplotno počutje uporabnika pri nošenju posameznih oblačilnih sistemov v danih umetno ustvarjenih klimatskih pogojih, ki simulirajo dejansko okolje.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

- Analiza kakovostnih parametrov tekstilij in oblačil: analiza parametrov mehanskih in fizikalnih lastnosti ploskih fleksibilnih materialov (ploske tekstilije, usnje, papir, folije itd.), določenih s KES-FB in FAST merilnim sistemom, določanje toplotnih lastnosti (toplotnega upora R_{ct} , upora proti prehodu vodne pare R_{et} , toplotne prevodnosti ploskih tekstilij λ), vizualna ocena kakovosti izdelanega oblačila.
- Določanje parametrov toplotno fiziološkega udobja pri nošenju oblačil (vrednotenje toplotnih obremenitev s pomočjo fizioloških meritev) v različnih klimatskih razmerah.
- Konstruiranje temeljnih krojev in modeliranje krojev oblačil, gradiranje krojnih delov oblačil, virtualno prototipiranje oblačil.
- Konvencionalne analize in testiranja tekstilnih materialov (sukanci, ploske tekstilije) v skladu s standardi. Poleg navedenega izvajamo tudi oblikovanje tekstilij in oblačil ter strokovna mnenja o vzrokih nastalih težav v procesu izdelave oblačil in stopnje kakovosti izdelanih oblačil itd.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAM

- Heriot-Watt University, Edinburgh, Združeno kraljestvo
- Nottingham Trent University, Nottingham, Združeno kraljestvo

- Technischen Universität Dresden - Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, Dresden, Nemčija
- Vysoká škola výtvarných umení v Bratislave, Bratislava, Slovaška
- Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška
- Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta, Hradec Králové, Češka
- Politechnika Łódzka, Łódź, Poljska
- Fakulta textilní Tehniške univerze v Libercu, Liberec, Češka
- Univerzitet umetnosti v Beogradu, Beograd, Srbija
- Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu, Zrenjanin, Srbija
- Akademija likovnih umjetnosti Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, BiH
- Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću, Bihać, BiH
- Tehnički fakultet Univerziteta u Banjaluki, Banja Luka, BiH
- Tehnološki fakultet Leskovac Univerziteta u Nišu, Leskovac, Srbija
- Óbudai Egyetem, Budimpešta, Madžarska
- Vilniaus dailės akademija, Vilna, Litva
- Institutul National de Cercetare-dezvoltare Pentru Textile si Pielari (INCDTP), Romunija
- Ghent University, Belgija
- Hogeschool Gent (HOGENT), Belgija
- Ecole Nationale Supérieure Arts Industries Textiles (ENSAIT), Francija
- TecMinho, Interface of the University of Minho, Guimaraes, Portugalska
- Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal, Portugalska
- Universitatea Tehnica Gheorghe Asachi Din Iasi, Iasi, Romunija
- Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana
- Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana

SODELOVANJE S PODJETJI

Lisca, d. o. o., – modna oblačila, Sevnica; Prevent&Deloza, d. o. o., Celje; Mavisa, d. o. o., Trzin; Mednarodni inštitut za potrošniške raziskave, Ljubljana; Zveza paraplegikov Slovenije, Društvo paraplegikov Podravja, Pokrajinski muzej Maribor, Pokrajinski muzej Ptuj – Ormož in drugi

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Znanstvena monografija Design of Clothing Manufacturing Processes – A Systematic Approach to Developing, Planning, and Control sistematično in izčrpno obravnava tematiko načrtovanja tradicionalnih in naprednih procesov izdelave oblačil, od temeljne teorije in definicij do pravil v matematični obliki.

Design of Clothing Manufacturing Processes

A Systematic Approach to Developing, Planning, and Control

Second Edition



Jelka Geršak



THE TEXTILE INSTITUTE BOOK SERIES



Vsebina, ki je sistematično strukturirana na 375 straneh in obogatena z lastnimi teoretičnimi in praktičnimi spoznanji in izkušnjami, daje kritično oceno tehnološkega razvoja in znanstvenega razumevanja na področjih, povezanih z načrtovanjem konvencionalnih in naprednih procesov izdelave oblačil, od teorije in definicij do tehničnih standardov kot odgovor na iskanje novih pristopov, povezanih z novimi aplikacijami, trajnostno modo, poznavanjem gonilnikov uspeha pri razvoju novega izdelka in digitalno transformacijo, ki zahteva nove trženske modele in orodja v modnem e-trgovanju. Ta, nova izdaja je posodobljena s pomembnimi novimi raziskavami in temami, vključno z digitalno modo, ki vključuje znanstvene vidike modeliranja tkanin, simulacije in digitalnega pomerjanja oblačil ter performance šiva kot pomembnega kriterija kakovosti in videza oblačil. Vsebina, ki je razdeljena na devet poglavij, zagotavlja osnovo za raziskovalce, ki si prizadevajo pospešiti razvoj novih metod in tehnik ter ustvariti nove scenarije za prihodnost.

PUBLIKACIJE

1. GERŠAK, J. *Design of clothing manufacturing processes: a systematic approach to developing, planning, and control*. 2nd ed. Oxford: Woodhead Publishing: Elsevier, cop. 2022. XIII, str. 375, *The Textile Institute book series*. ISBN 978-0-08-102648-9, ISBN 978-0-08-102772-1.
2. SLEMENŠEK, J., FISTER, I., GERŠAK, J., BRATINA, B., VAN MIDDEN, V. M., PIRTOŠEK, Z., ŠAFARIČ, R. *Human gait activity recognition machine learning methods*. *Sensors*. 2023, vol. 23, iss. 2, 745, str. 1–24. ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s23020745.
3. RUDOLF, A., ŠTERMAN, S., CUPAR, A. *Development of a textile sheet mask design for facial care based on a 3D face model of an average woman*. *Journal of engineered fibers and fabrics*. April 2024, vol. 19, str. 14. ISSN 1558-9250. DOI: 10.1177/15589250241254443.
4. BOBOVČAN MARCELIČ, M., GERŠAK, J., ROGALE, D., FIRŠT ROGALE, S. *Study of the compression properties of welded seams formed using hot wedge, hot air, ultrasonic, and high-frequency welding techniques*. *Textile research journal*. 2022; 92(23-24), str. 4736–4752. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/00405175221109637.
5. STOJANOVIĆ, S., GERŠAK, J., URAN, S. *Development of the Smart T-Shirt for Monitoring Thermal Status of Athletes*. *AUTEX Research Journal*, vol. 23, no. 2, 2023, str. 266–278. <https://doi.org/10.2478/aut-2022-0005>.

PATENTI IN PATENTNE PRIJAVE

- GERŠAK, J. Merilni sistem za programirano merjenje in vrednotenje mehanskih lastnosti fleksibilnih linijskih in ploskih materialov : patent št. SI 23645 A, datum objave 31. 8. 2012; patentna prijava št. P-201200162, datum vložitve prijave 24. 5. 2012. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino, 2012.
- GERŠAK, J. Inteligentni funkcionalni jopič za detekcijo poškodb s funkcijo delne zaščite proti preboju : odločba o podelitvi patenta : patent št. 22644, 30. 4. 2009; številka prijave P-200800294 z dne 1. 12. 2008. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2009.

ARIS PROGRAM P2-0123 Oblačilna znanost, udobje in tekstilni materiali

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- ARACNE – Advocating the Role of silk Art and Cultural heritage at National and European scale. HORIZON-CL2-2022-HERITAGE-01, 1. 3. 2023–28. 2. 2026.
- DigitalFashion – Collaborative Online International Learning in Digital Fashion. Erasmus + KA220-HED, 1. 2. 2022–31. 1. 2025.
- Erasmus+ KA210-VET3E10A3FF: Big going Small; 1. 1. 2024–31. 12. 2025.
- Erasmus+ KA203-079823: Software tools for textile creatives; 1. 12. 2020–30. 11. 2022.

CEEPUS MREŽA *Central European Exchange Program for University Studies*

CEEPUS MREŽA CIII-SI-0217 *Ars-Techne: Creative Design and Innovation* je prva mreža na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru, ki je bila zasnovana leta 1997 kot slovenska mreža CEEPUS SI-0007, in prva mreža, ki je povezovala fakultete s področja tekstilnega in oblačilnega inženirstva ter spodbudila mobilnost študentov in profesorjev med sodelujočimi državami. Mreža uspešno deluje od leta 1997, ko so bile v mrežo s programom *Modelling of credits system in textile high education* vključene štiri univerze. Danes mreža združuje 14 partnerskih institucij in je pogosto predstavljena kot primer dobre prakse. Vzpostavljena mreža je odigrala pomembno vlogo na področju tekstilnega izobraževanja, saj je prva odprla vrata aktivnemu srednjeevropskemu povezovanju partnerskih institucij in skozi svoje delovanje privedla do aktivnega multilateralnega sodelovanja, kar se tudi odraža v okviru do zdaj uspešno izvedenih mednarodnih CEEPUS zimskih šol Design Week, ki so to sodelovanje še okrepile. Leta 2018 je mreža SI-0217 *Ars-Techne: Creative Design and Innovation* prejela *jabolko kakovosti 2018*, nacionalno priznanje Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport, ter CMEPIUS-a, s katerim vsako leto nagradita najbolj izstopajoče zgodbe mednarodnega sodelovanja, medtem ko je leta 2019 mreža prejela *Ministers' Prize of Excellence 2019* – srednjeevropsko nagrado za najuspešnejšo akademsko CEEPUS mrežo. Leta 2024 je za izstopajoče delo v slovenski mreži *Ars-Techne: Creative Design and Innovation* prejela diplomu koordinatorica mreže.

MEDNARODNA CEEPUS ZIMSKA ŠOLA DESIGN WEEK

Začetki mednarodne CEEPUS zimske šole Design Week segajo v leto 2012, ko je bil zasnovan koncept zimske šole, ki pokriva spekter sodobnega inženirskega oblikovanja oblačil in/ali drugih tekstilnih form v najširšem smislu povezovanja znanstvenih in umetniških disciplin. Moto teh je k človeku usmerjen design in inovacije:

- Design as a driver of people-centred innovation, 2. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2013, Maribor, 20.–26. oktober, 2013.
- New challenges for the innovative solutions, 3. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2014, Maribor, 19.–25. oktober, 2014
- New challenges – new ideas – new solutions, 4. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2015, Maribor, 18.–24. oktober, 2015
- Design in the light of light – new challenges – new solutions, 5. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2016, Maribor, 16.–22. oktober, 2016
- Design & Transdisciplinarity - New Challenges, 6. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2017, 15.–21. oktober, 2017.
- Smart Design, Science & Technology - New Challenges, 7. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2022, Maribor, 16.–22. oktober, 2022.
- Transdisciplinary: Design, Science & Technology - the basis for the development of people- and environmentally-friendly solutions, 8. mednarodna CEEPUS zimska šola Design Week 2023, Maribor, 15.–21. oktober, 2023.



ČLANSTVA

- AUTEX – Association of Universities for Textile
- Textile ETP – European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing
- PPE for Pesticide – International Consortium for the Development and Evaluation of PPE for Pesticide Operators and Re-entry Workers
- IPC E-Textiles Committee Europe Working Groups for E-Textiles Standards
- HATZ – Akademija tehničkih znanosti Hrvatske

7. TEMELJNI IN SPLOŠNI PREMEDI

Na področju temeljnih in splošnih predmetov delujeta 2 laboratorija:

LABORATORIJ:	VODJA:
7.1 Laboratorij za fiziko	Jana Padežnik Gomilšek
7.2 Laboratorij za matematiko	Irena Kosi-Ulbl



Predstojnica Katedre za temeljne in splošne predmete

red. prof. dr. Jana Padežnik Gomilšek

E-naslov: jana.padeznik@um.si

Tel.: 02 220 7821

Splet: <https://www.fs.um.si/katedra-za-temeljine-in-splosne-predmete/>

7.1 LABORATORIJ ZA FIZIKO



Vodja laboratorija

red. prof. dr. Jana Padežnik Gomilšek

E-naslov: jana.padeznik@um.si

Tel.: 02 220 7821

Splet: <https://www.fs.um.si/katedra-za-temeljine-in-splosne-predmete/raziskovalna-dejavnost/laboratorij-za-fiziko/>

Osnovna naloga Laboratorija za fiziko je poučevanje fizike na Fakulteti za strojništvo. Ob tem smo člani laboratorija raziskovalno aktivni na področjih atomske fizike, biofizike in fizike mehke snovi ter didaktike fizike. Na področju atomske fizike z metodami rentgenske absorpcije in fluorescence proučujemo večelektronske fotovzbuditve v atomu in analiziramo bližnjo okolico atoma. Večina raziskovalnega dela je opravljena na sinhrotronih v Hamburgu, Grenoblu in Trstu. Merilni tehniki EXAFS in XANES omogočata natančno določanje valence in atomskega okolja izbranega elementa, pri čemer sodelujemo z drugimi raziskovalnimi skupinami na področju materialov in kemijskih reakcij. Raziskovanje v biofiziki se osredotoča na biološko pomembne molekule, posebej gvanozin in kratka, z gvaninom bogata DNK-zaporedja. Samourejanje teh molekul v raztopinah proučujemo s sipanjem svetlobe in spektrometrijo UV-VIS, njihovo organizacijo na trdnih površinah pa z mikroskopom na atomsko silo. V fiziki mehke snovi proučujemo tekočokristalne faze, ki jih tvorijo zgoščene raztopine kratkih, z gvaninom bogatih DNK-zaporedij, s pomočjo optične polarizacijske mikroskopije. Eksperimentalno delo na področju fizike mehke snovi in biofizike poteka v sodelovanju z Institutom "Jožef Stefan" v Ljubljani. Na področju didaktike skupaj s študenti raziskujemo nove vsebinske in metodološke pristope pri poučevanju fizikalnih problemov.

PONUDBA STORITEV IN PODPORA GOSPODARSTVU

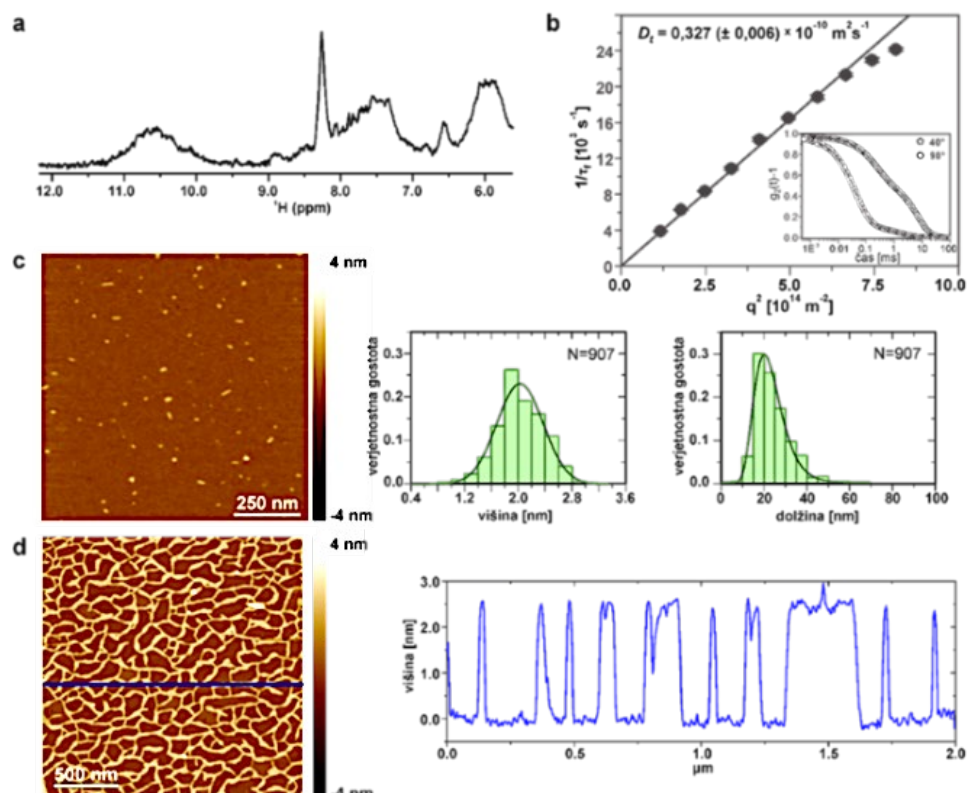
- Sodelovanje pri prijavi, pripravi in izvedbi sinhrotronskih meritev na področju raziskav materialov in kemijskih reakcij, rentgenska absorpcija in fluorescenca: sinhrotron Elettra (merilna linija XAFS) in DESY Petra III (merilni liniji P65 in P64)
- Analiza sinhrotronskih meritev

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAM

- Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, Slovenija
- Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, PETRA III, Hamburg, Nemčija
- Elettra Sincrotrone Trieste, Trst, Italija
- European Synchrotron Radiation Facility ESRF, Grenoble, Francija
- Universita Politecnica delle Marche, Ancona, Italija

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Pri razvoju **materialov za različne bionanoaplikacije** lahko izkoristimo mehanizme samozdruževanja DNA, npr. dejstvo, da se z gvanini bogati DNA-odseki organizirajo v nanožice. Sodelovanje z raziskovalci s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, z raziskovalci s Kemijskega inštituta in Instituta "Jožefa Stefana" nam omogoča poglobljeno razumevanje notranje strukture in mehanizma nastanka takšnih nanožic. Rezultati skupnega dela so bili objavljeni v reviji Nature Communications v obliki raziskovalnega članka z naslovom Razumevanje samozdruževanja DNA na molekularnem nivoju omogoča nadzorovano načrtovanje G-žičk različnih lastnosti.



Formiranje nanožic z gvaninom bogatih DNA zaporedij proučujemo s tehnikami jedrske magnetne resonanace (NMR) (a), sipanja svetlobe (b) in AFM (c) in (d). Vir: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-28726-6>

Sodelovanje z raziskovalci s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, z raziskovalci s Kemijskega inštituta in Instituta "Jožefa Stefana" nam omogoča poglobljeno razumevanje notranje strukture in mehanizma nastanka takšnih nanožic. Rezultati skupnega dela so bili objavljeni v reviji Nature Communications v obliki raziskovalnega članka z naslovom Razumevanje samozdruževanja DNA na molekularni ravni omogoča nadzorovano načrtovanje G-žičk različnih lastnosti.

PUBLIKACIJE

1. PAVC, Daša, SEBASTIÁN UGARTECHE, Nerea, SPINDLER, Lea, DREVENŠEK OLENIK, Irena, KODERMAN PODBORŠEK, Gorazd, PLAVEC, Janez, ŠKET, Primož. Understanding self-assembly at molecular level enables controlled design of DNA G-wires of different properties. *Nature communications*. Feb. 2022, vol. 13, str. 11, DOI: 10.1038/s41467-022-28726-6.
2. POTRČ, Melani, SEBASTIÁN UGARTECHE, Nerea, ŠKARABOT, Miha, DREVENŠEK OLENIK, Irena, SPINDLER, Lea. Supramolecular polymorphism of (G4C2)*n* repeats associated with ALS and FTD. *International journal of molecular sciences*. Apr. 2021, vol. 22, art. no. 4532, str. 12, DOI: 10.3390/ijms22094532.
3. HAUKO, Robert, PADEŽNIK GOMILŠEK, Jana, KODRE, Alojz, ARČON, Iztok. X-ray absorption spectroscopy set-up for unstable gases : a study of 5p hydrides. *Radiation physics and chemistry*. Jun. 2020, vol. 171, str. 1–4. <https://repozitorij.ung.si/IzpisGradiva.php?id=5021>, DOI: 10.1016/j.radphyschem.2020.108743.
4. PAVC, Daša, WANG, Baifan, SPINDLER, Lea, DREVENŠEK OLENIK, Irena, PLAVEC, Janez, ŠKET, Primož. GC ends control topology of DNA G-quadruplexes and their cation-dependent assembly. *Nucleic acids research*. 2020, vol. 48, iss. 5, str. 2749–2761, DOI: 10.1093/nar/gkaa058.

5. HAUKO, Robert, PADEŽNIK GOMILŠEK, Jana, KODRE, Alojz, ARČON, Iztok, AQUILANTI, Giuliana. *Effects of the molecular potential on coexcitations of valence electrons in the K-shell photoeffect of 3p and 4p elements. Physical review. A. 2019, vol. 99, no. 6, str. 062501-1-062501-10. ISSN 2469-9926. <https://repozitorij.ung.si/lzpisGradiva.php?id=4719>, DOI: 10.1103/PhysRevA.99.062501.*

ARIS PROGRAM

P1-0112 Raziskave atomov, molekul in struktur s fotoni in delci (IJS)

P1-0192 Svetloba in snov (IJS)

ČLANSTVA

- Društvo matematikov in fizikov Slovenije

7.2 LABORATORIJ ZA MATEMATIKO



Vodja laboratorija

doc. dr. Irena Kosi Ulbl

E-naslov: irena.kosi@um.si

Tel.: 02 220 7830

Splet: <https://www.fs.um.si/katedra-za-temeljne-in-splosne-predmete/raziskovalna-dejavnost/laboratorij-za-matematiko/>

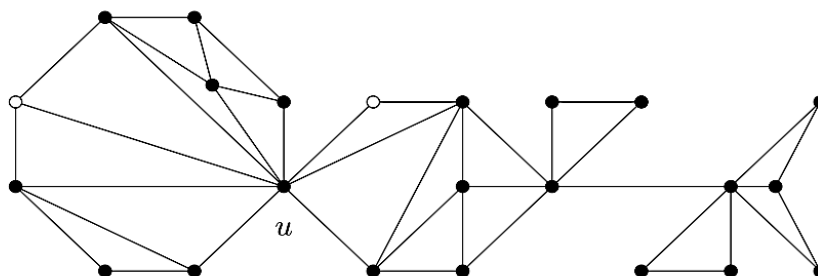
Laboratorij za matematiko na Fakulteti za strojništvo se osredotoča na poučevanje in raziskovanje matematičnih področij, zlasti teorije grafov in teorije nekomutativnih kolobarjev. V teoriji grafov, ki ima širok spekter aplikacij v fiziki, kemiji, biologiji in drugih vedah, proučujemo modeliranje relacij in procesov. Ta raziskovanja so ključna za razumevanje kemičnih struktur, farmakoloških in bioloških aktivnosti ter za napovedovanje fizikalno-kemičnih lastnosti različnih kemičnih spojin, kar prispeva k optimizaciji iskanja zdravil in drugih kemikalij z želenimi lastnostmi. V drugem delu raziskovalnega dela proučujemo identitete z aditivnimi preslikavami, za katere se izkaže, da so odvajanja, jordska *-odvajanja ali centralizatorji pri določenih pogojih za kolobarje. Ukvarjamo se tudi z reševanjem funkcionalnih enačb na operatorskih algebrah, kjer operatorji delujejo v Banachovih ali Hilbertovih prostorih.

SODELOVANJE Z RAZISKOVALNIMI IN DRUGIMI USTANOVAMI

- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana, Slovenija
- Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija
- Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Črna gora
- Vanderbilt University, Nashville, USA

NAJPOMEMBNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽEK

Raziskujemo **ravninske triangulacije in njihove lastnosti**. Posebej nas zanima dominantno število ravninskih triangulacij, za katere je odprta domneva, da vsaka ravninska triangulacija na n -vozliščih premore dominantno množico moči največ $n/4$. Vpeljemo razred ravninskih grafov, ki jih imenujemo šibke skoraj-triangulacije. Izkaže se, da je razred šibkih skoraj-triangulacij zaprt za določene grafavske operacije in s pomočjo teh operacij dokažemo, da vsaka šibka skoraj-triangulacija premore dominantno množico moči največ $17n/53$.



Prispevek je bil objavljen v reviji *Journal of Combinatorial Theory Series B*.

PUBLIKACIJE

1. PAJ ERKER, Tjaša, ŠPACAPAN, Simon. *Separation of Cartesian products of graphs into several connected components by the removal of vertices. Discussiones mathematicae. Graph theory, 2022, vol. 42, no. 3, str. 905–920, DOI: 10.7151/dmgt.2315.*
2. KOSI-ULBL, Irena, VUKMAN, Joso. *On a functional equation related to generalized inner derivations. Publicationes mathematicae. [Print ed.]. 2022, vol. 100, no. 3/4, str. 427–434, DOI: 10.5486/PMD.2022.9170.*
3. KOSI-ULBL, Irena, RODRÍGUEZ PALACIOS, Angel, VUKMAN, Joso. *A generalization of a theorem of Chernoff on standard operator algebras. Monatshefte für Mathematik. [Print ed.]. June 2021, vol. 195, str. 675–685, DOI: 10.1007/s00605-021-01596-8.*
4. ŠPACAPAN, Simon. *Separation of Cartesian products of graphs into several connected components by the removal of edges. Applicable analysis and discrete mathematics. 2021, vol. 15, iss. 2, str. 357–377, DOI: 10.2298/AADM160719018S.*
5. ŠPACAPAN, Simon. *A counterexample to prism-hamiltonicity of 3-connected planar graphs. Journal of combinatorial theory. Series B. Jan. 2021, vol. 146, str. 364–371, DOI: 10.1016/j.jctb.2020.09.012.*

ARIS PROGRAM P1-0297 Teorija grafov

NACIONALNI IN MEDNARODNI PROJEKTI

- Chvatalova domneva in sorodni problemi. Bilateralni projekt SLO-ZDA, 1. 7. 2022–30. 6. 2024.
- Hamiltonskost in popolna prirejanja v grafovskih produktih. Bilateralni projekt SLO-CRG, 1. 1. 2023–31. 12. 2024.
- Topološki indeksi grafov in digrafov. Bilateralni projekt SLO-SRB, 1. 7. 2023–30. 6. 2025.

ČLANSTVA

- Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO:

RAZISKOVALNI VODNIK

LIDIJA FRAS ZEMLJIČ, TATJANA KREŽE, MATEJA NOVAK (UR.)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija
lidija.fras@um.si, tatjana.kreze@um.si, Mateja.novak@um.si

Publikacija predstavlja pregled raziskovalne dejavnosti in raziskovalnih dosežkov na Fakulteti za strojništvo. Predstavljena so raziskovalna področja: Energetsko, procesno in okoljsko inženirstvo, konstruiranje in oblikovanje, tehnologija materialov, mehanika, Proizvodno strojništvo, tekstilni materiali in oblikovanje ter Temeljno in splošno področje. Posamezni laboratoriji in centri Fakultete za strojništvo predstavljajo svojo raziskovalno opremo, ponudbo storitev za gospodarstvo, sodelovanja s podjetji in drugimi ustanovami, najodmevnejšime publikacije, patente, nacionalne in mednarodne projekte in najpomembnejše raziskovalne dosežke.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fs.6.2024](https://doi.org/10.18690/um.fs.6.2024)

ISBN

978-961-286-924-3

Ključne besede:

energetsko,
procesno in okoljsko
inženirstvo,
konstruiranje in
oblikovanje,
tehnologija materialov,
mehanika,
Proizvodno strojništvo,
tekstilni materiali in
oblikovanje



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fs.6.2024](https://doi.org/10.18690/um.fs.6.2024)

ISBN
978-961-286-924-3

Keywords:
energy,
process and environmental
engineering,
construction and design,
materials technology,
mechanics,
production engineering,
textile materials and design

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING: RESEARCH GUIDE

LIDIJA FRAS ZEMLIČ, TATJANA KREŽE, MATEJA NOVAK (EDS.)
University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia
lidija.fras@um.si, tatjana.kreze@um.si, Mateja.novak@um.si

The publication presents an overview of research activities and research achievements at the Faculty of Mechanical Engineering. The following research areas are presented: Energy, process and environmental engineering, Construction and design, Materials technology, Mechanics, Production engineering, Textile materials and design, and Fundamental and general areas. Individual laboratories and centers of the faculty present their research equipment, service offerings for industry, collaborations with companies and other institutions, the most prominent publications, patents, national and international projects and the most important research achievements.



University of Maribor Press



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo



FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor
<https://www.fs.um.si/>