

Procesno strojništvo

Katedra za toplotno in
procesno tehniko

Katedra za dinamiko
fluidov in termodinamiko

Katedra za toplotno in
okoljsko tehniko



LFDT



LOTZ - Laboratorij za okoljske
tehnologije v zgradbah



Laboratorij za Ogrevalno,
Sanitarno in Solarno Tehniko ter
Klimatizacijo

Procesno strojništvo



LABORATORIJ ZA
DINAMIKO FLUIDOV IN
TERMODINAMIKO

prof. dr. Božidar Šarler



prof. dr. Iztok Golobič



LOTZ - Laboratorij za okoljske
tehnologije v zgradbah

prof. dr. Sašo Medved



prof. dr. Andrej Kitanovski



izr. prof. dr. Jože Kutin



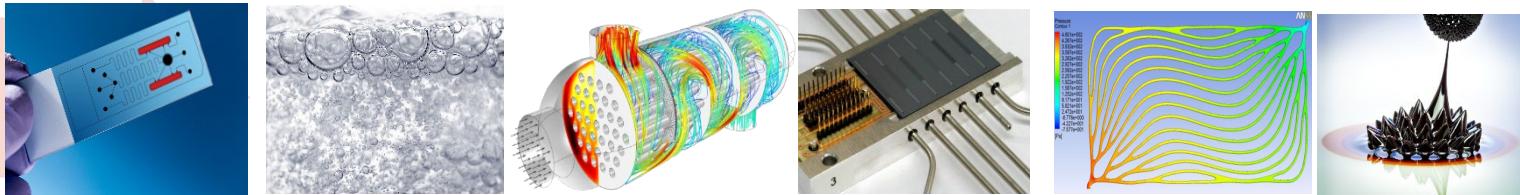
Laboratorij za Ogrevanje,
Sanitarno in Solarno Tehniko
ter Klimatizacijo

izr. prof. dr. Uroš Stritih



Procesno strojništvo

DINAMIKA
TEKOČIN IN
TRANSPORTNI
POJAVI



HLAJENJE,
OHLAJANJE,
OGREVANJE,
KLIMATIZACIJA



PROCESNE
TEHNOLOGIJE



STAVBE, OKOLJE,
PAMETNA MESTA



OBNOVLJIVI VIRI
ENERGIJE



Naši predmeti na magistrskem študiju



Transportni pojavi (*prof. Kitanovski*)

Termodinamika zmesi (*prof. Golobič*)

Solarne tehnologije (*prof. Medved*)

Klimatizacija, ogrevanje, ohlajevanje, prezračevanje (*izr. prof. Stritih*)

Računalniška dinamika tekočin (*prof. Šarler*)

Hladilna tehnika in toplotne črpalke (*prof. Kitanovski*)

Večfazni sistemi (*doc.Bombač, prof. Šarler*)

Procesna tehnika (*prof. Golobič*)

Prenosniki toplote (*prof. Kitanovski, prof. Golobič, izr.prof. Kutin*)

Pametna mesta (*prof. Kitanovski, prof.Medved*)

8 izbirnih predmetov (od tega možnost izbire 2 iz drugih fakultet)

Posvetujte se pri vodjih laboratorijskih procesnega strojništva glede komplementarnosti drugih vsebin in vašega kariernega razvoja.

Naši raziskovalni partnerji



Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion
du Canton de Vaud



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITY OF PÉCS



UNIVERSITY OF TWENTE.

Hrvatska akreditacijska agencija
Croatian Accreditation Agency



Norwegian University of
Science and Technology



Massachusetts
Institute of
Technology



University of Twente
The Netherlands



Naši industrijski partnerji

gorenjegroup



KRONOTERM



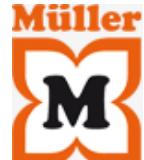
BOSSPLAST

PETROL

METRONIK



energetika ljubljana



cityhotel
LJUBLJANA

BTC

SPAR

KROHNE

BADOTHERM®

G
GAŠPER
DZIDOVSKA

EH
Endress+Hauser

Weatherford®

U-TEK®

ABB

Trimo

M SORA

JUB

knauf INSULATION



Swegon'

K²n

Iek



SOLVAY

Infineon technologies

DANIELI AUTOMATION

STORESTEEL

XIWANG SPECIAL STEEL COMPANY LIMITED
西王特鋼有限公司



impal
industrija aluminija

MacWhirter
Industrija aluminija

BRINOX®
procesni sistemi

Mercator

KOLOSEJ

Melamin

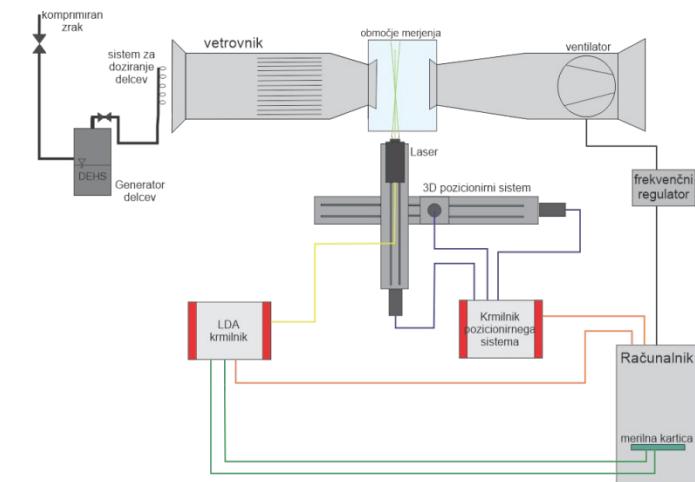
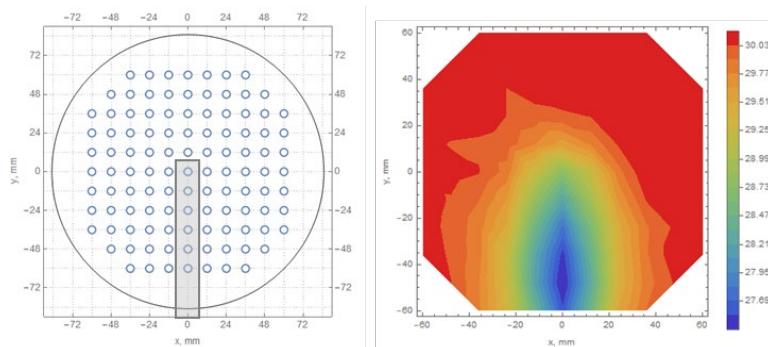
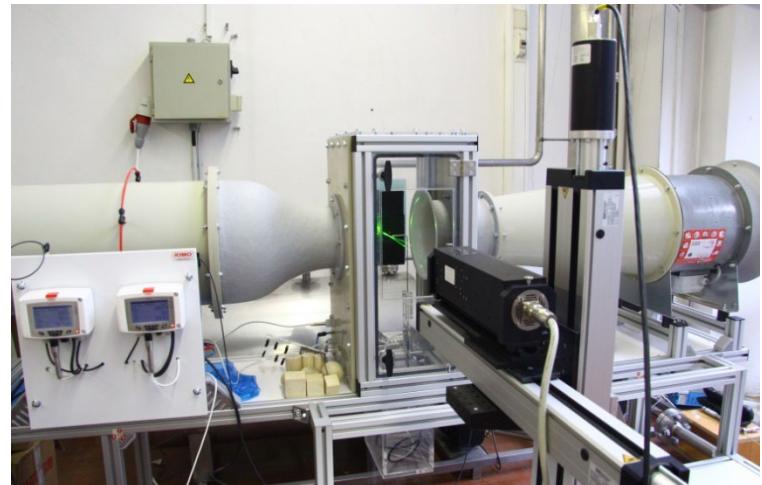
Izobraževalno in razvojno-raziskovalno delo na področju meroslovja

- celovito obvladovanje meritnih sistemov in procesov, obvladovanje kakovosti eksperimentalnega dela
- raziskave in razvoj meritnih sistemov za pretoke tekočin, tlak, temperaturo, relativno vlažnost ipd.
- ISO/IEC 17025 akreditiran laboratorij
- sodelovanja z domačimi in tujimi meroslovnimi inštituti (NMI) in drugimi raziskovalnimi meroslovnimi laboratoriji, izdelovalci in uporabniki procesne meritne opreme, akreditiranimi laboratoriji in akreditacijskimi službami
- v nadaljevanju je nekaj aktualnih področij razvojno-raziskovalnega dela laboratorija LMPS, na katerih je mogoče opravljanje magistrskega dela, pa tudi drugih oblik študentskega sodelovanja



Raziskave in razvoj na področju meroslovja hitrosti zraka

- meroslovna sledljivost in merilna negotovost laserskega primarnega etalonskega merilnega sistema (LDA)
- zastojni vplivi različnih principov in izvedb potopnih merilnikov hitrosti zraka
- avtomatizacija merilnega sistema



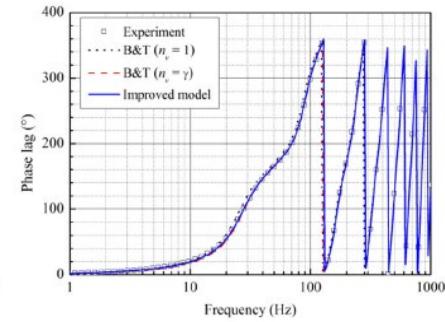
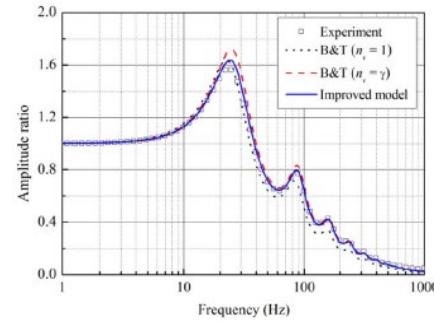
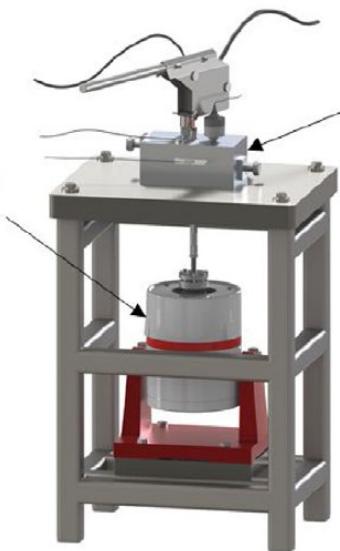
Raziskave in razvoj na področju meroslovja pretoka plina

- vplivni dejavniki na meritno negotovost primarnega gravimetričnega etalona za pretok plina
- meritne metode za merjenja pretoka različnih tehničnih in medicinskih plinov (zrak, kisik, ..., vodik)
- preskušanje tesnosti, pretoki puščanja



Raziskave in razvoj na področju meritve dinamike tlaka

- primarni etalon za dinamične tlačne spremembe z udarno cevjo, spremenljivo prostornino
- dinamične lastnosti tlačnih povezovalnih elementov
- frekvenčna analiza signalov, identifikacija frekvenčne prenosne funkcije



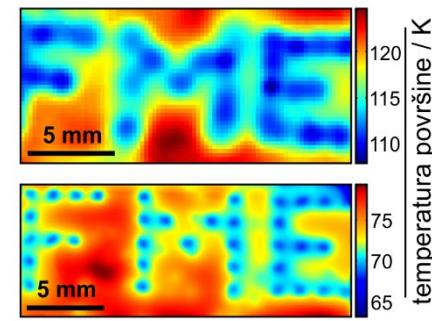
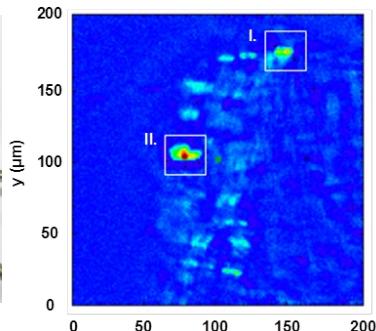
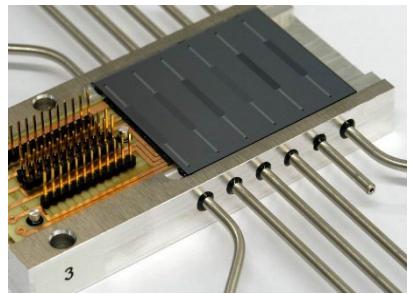
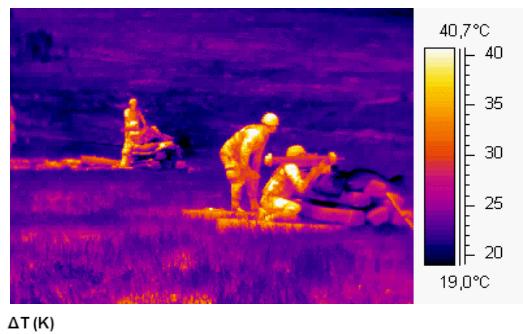
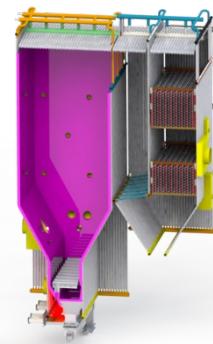
preučevanje prenosa
topote na makro,
mikro in nano nivoju v
različnih pogojih

razvoj površin za
izboljšan prenos
topote

procesne in okolske
tehnologije

analize in meritve s
hitrotokočimi kamerami
pri preizkušanju/razvoju
obrambnih sistemov

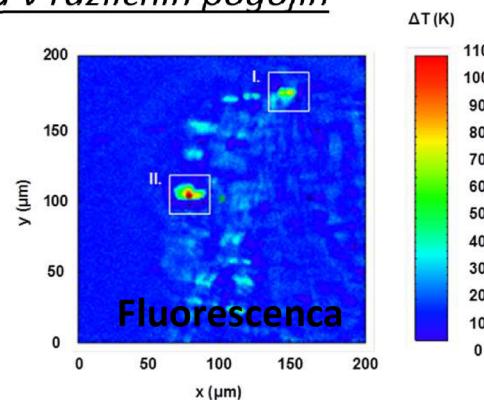
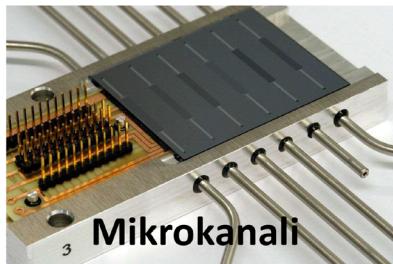
modeliranje, razvoj in
optimizacija kompleksnih
procesnih sistemov



Raziskovalna dejavnost laboratorija - LTT

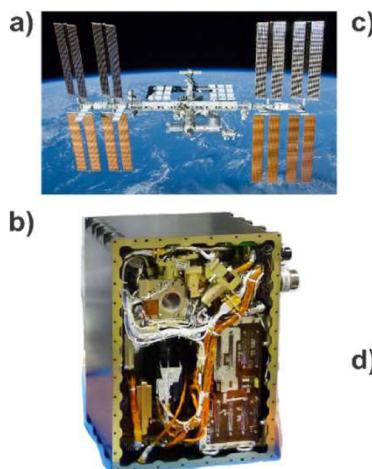
Preučevanje prenosa toplote na makro, mikro in nano nivoju v različnih pogojih

- Merjenje temperature s pomočjo:
- fluorescence (submikronska ločljivost)
 - IR termografije (mikronska ločljivost)
 - integriranih MEMS senzorjev

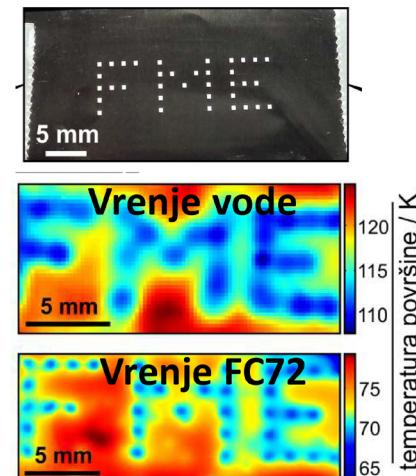


Razvoj površin za izboljšan prenos toplote

- bifilne površine na podlagi premazov
- lasersko strukturirane površine



Lasersko struktur. površina



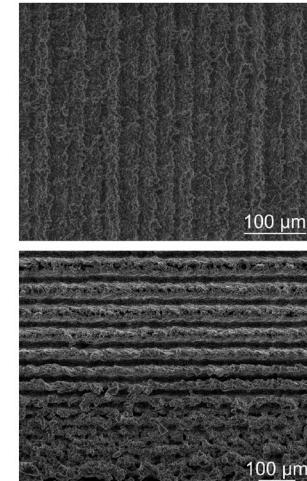
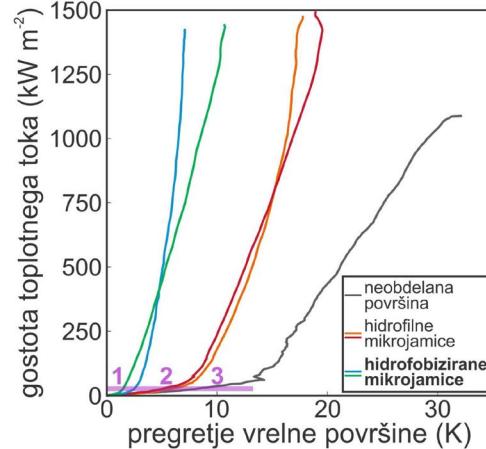
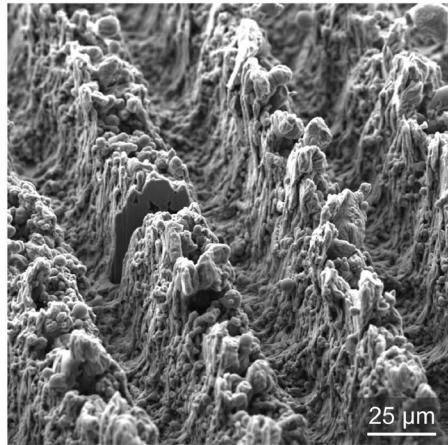
Sodelovanje s pomembnimi svetovnimi raziskovalnimi institucijami



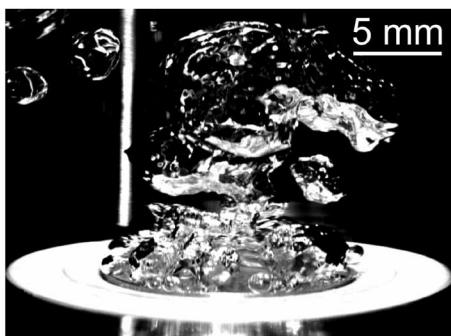
Raziskovalna dejavnost laboratorija - LTT

Raziskave pristopov k izboljšanju prenosa toplote pri vrenju

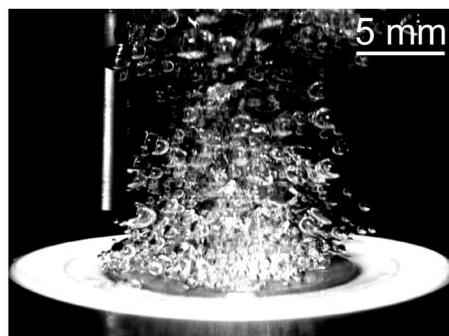
lasersko strukturirane površine



samoomočljivi fluidi

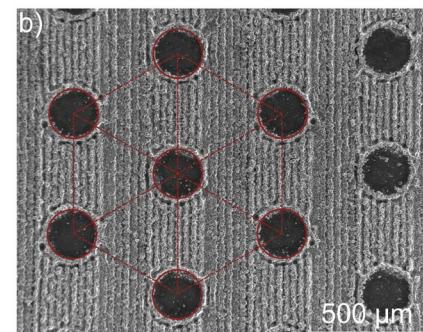
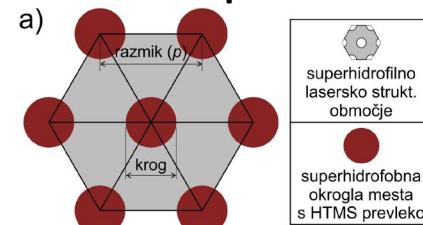


vrenje čiste vode
na bakreni površini



vrenje vode z
dodatkom 3,0 wt.%
n-butanola

bifilne površine



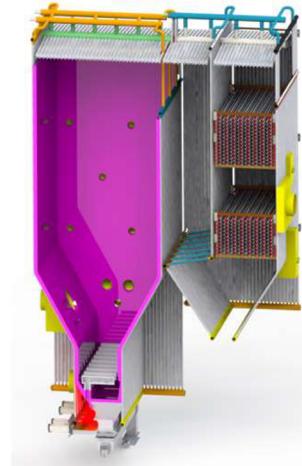
Raziskovalna dejavnost laboratorija - LTT

Modeliranje, razvoj in optimizacija kompleksnih procesnih sistemov

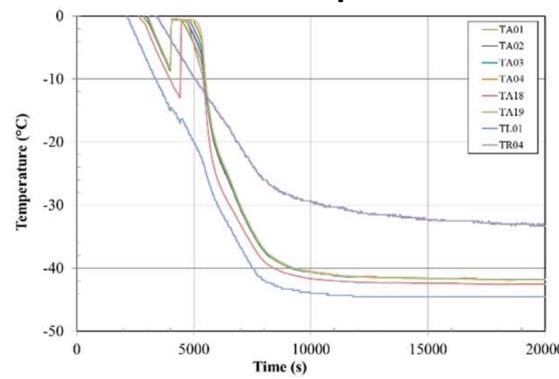
Razvoj naprave za nanofiltracijo in reverzno osmozo PAE smol



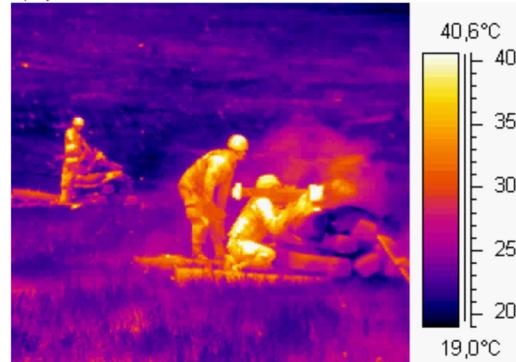
Modeliranje zgorevanja biomase



Optimizacija liofilizacije
farmacevtskih produktov



Meritve pri preizkušanju/razvoju obrambnih sistemov



Sodelovanje s pomembnimi industrijskimi partnerji – možnost zaposlitve!



KATEDRA/LABORATORIJ ZA DINAMIKO TEKOČIN IN TERMODINAMIKO

prof. dr. Božidar Šarler

PODROČJE RAZISKAV IN RAZVOJA

Eksperimentalna in računalniška dinamika tekočin ter termodinamika različnih inženirskih sistemov.

PEDAGOŠKO DELO NA II. STOPNJI

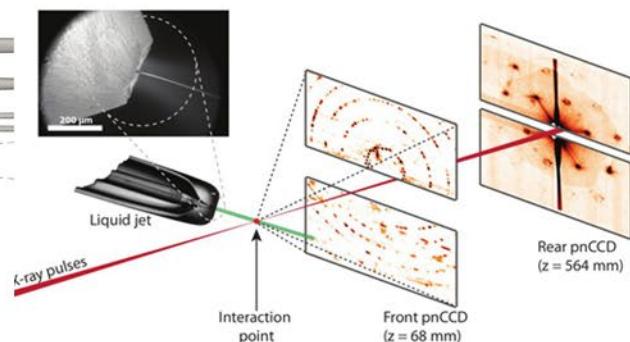
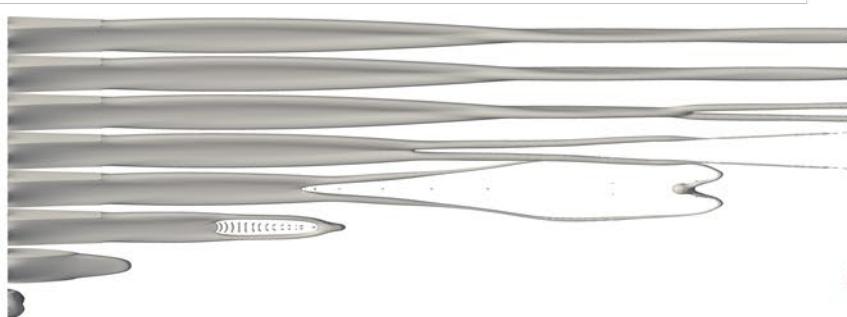
Računalniška dinamika tekočin, Večfazni sistemi

PODROČJA TEM MAGISTRSKIH NALOG IN ŠTUDENTSKEGA RAZISKOVALNEGA DELA

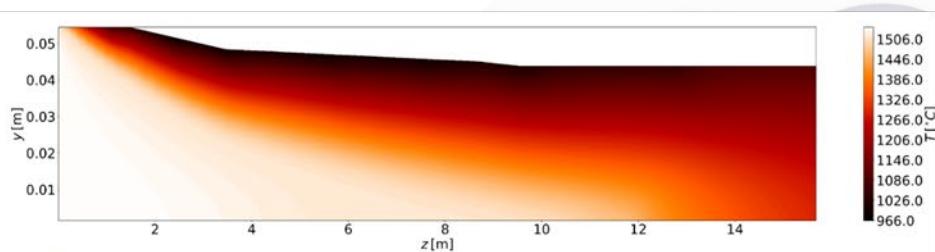
- Računalniška simulacija toka tekočin v različnih inženirskih sistemih od npr. proizvodnje sladoleda do ulivanja 100 tonskih ingotov
- Simulacija procesov od vhodne surovine do končnega polizdelka za aluminijsko in jeklarsko industrijo: elektoobločna peč, razni tipi ulivanja, valjanje, iztiskanje, topotna obdelava
- Razvoj brezmrežnih numeričnih metod za širok spekter inženirskih problemov. Problemi na več -- nivojih in sklopljeni problem, npr. vpliv elektromagnetnega polja ali ultrazvoka na tok tekočine
- Eksperimenti in simulacije mikro-curkov ter razvoj novih tipov mikro-šob (meritve hitrosti, temperature, dolžine, debeline....)
- Simulacije in eksperimentiranje na področju zamrzovanja bioloških snovi
- Eksperimentalne raziskave gibanja vključkov v kokili pri kontinuirnem ulivanju
- Aglomeriranje odpadnega mulja (tehnološki postopek, ustrezena izvedba naprave)
- Dispergiranje plina v mešalni napravi na meji poplavnega stanja
- Izvedba mešanja tekočin z reološko kompleksnejšimi snovmi

PROJEKTI

Simulacija mikro kapljivite ploskve v šobah za femtosekundno kristalografijo (**DESY**, Hamburg, Nemčija)

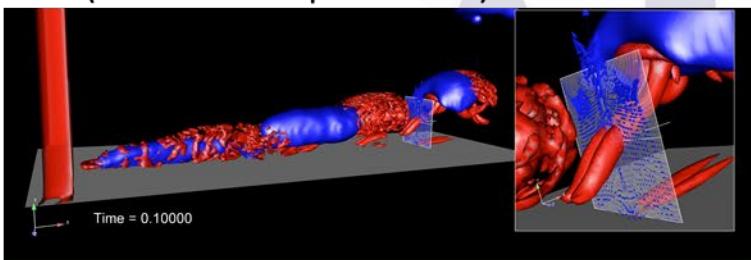


Vzdolžna porazdelitev temperature pri ulivanju tankih jeklenih plošč (**DANIELI Automation**, Italija)

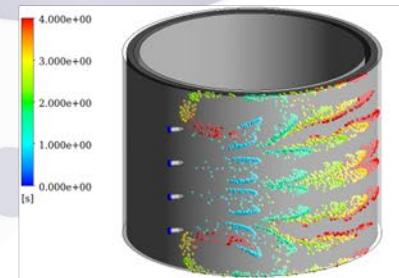


DANIELI AUTOMATION

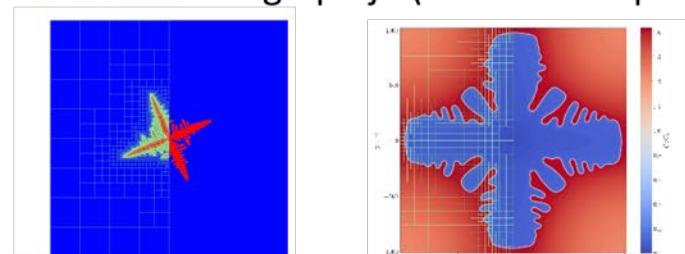
Simulacija razpada plinskega curka v prečnem toku (za različne uporabnike)



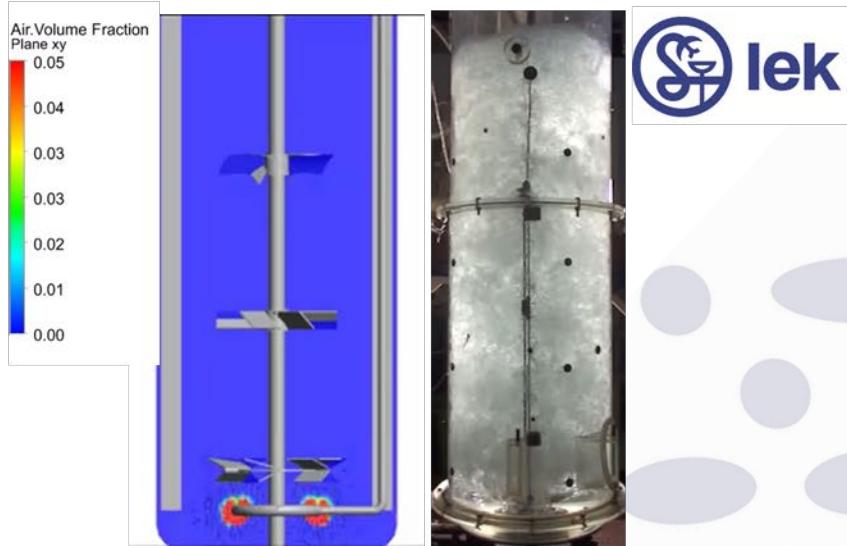
Simulacija porazdelitve in dinamike fluidnih delcev v kromatografski koloni (**BIA separations**, Slovenija)



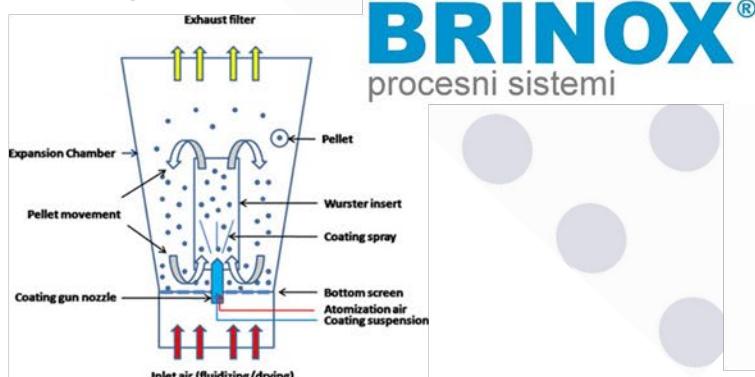
Simulacija razvoja dendritov na podlagi metode faznega polja (za različne uporabnike)



Mešanje kapljevin s sočasnim dispergiranjem plina v fermentorju (**LEK**, Slovenija)

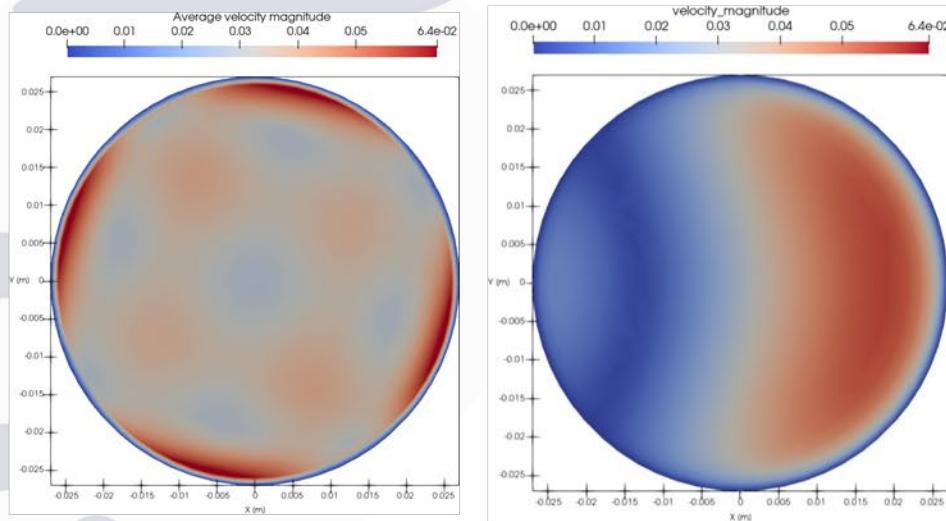


Razvoj in optimizacija procesne naprave za oblaganje in granuliranje delcev (**Brinox**, Slovenija)

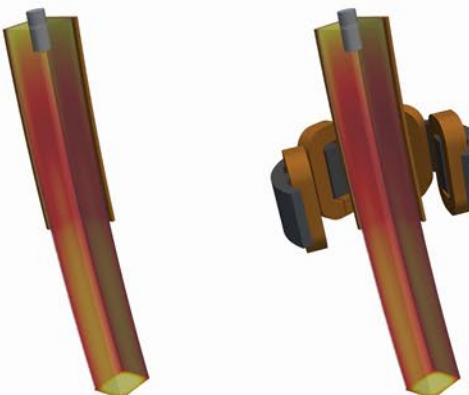


PROJEKTI

Simulacija vplivanja elektromagnetnega polja na strjevanje - sodelovanje s **Štore-Steel** in **SMS group**



Razvoj različnih simulacijskih sistemov za ulivanje na podlagi brezmrežnih metod



- **Impol**

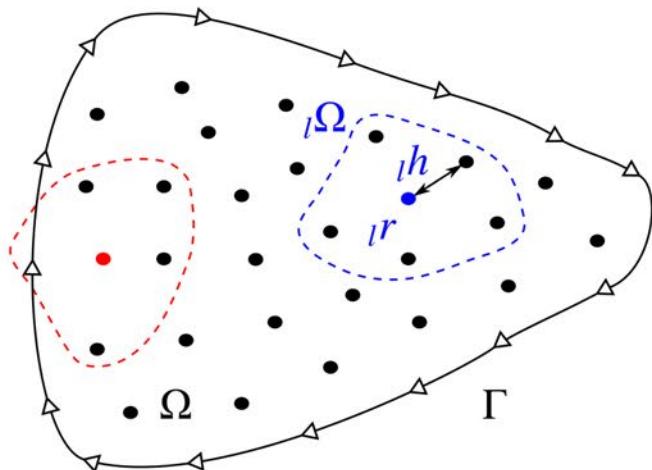
impol industrija aluminija
- **Štore Steel**

STORESTEEL
PROIZVAJALEC JERKEL OD 1851
- **Xiwang (Kitajska)**

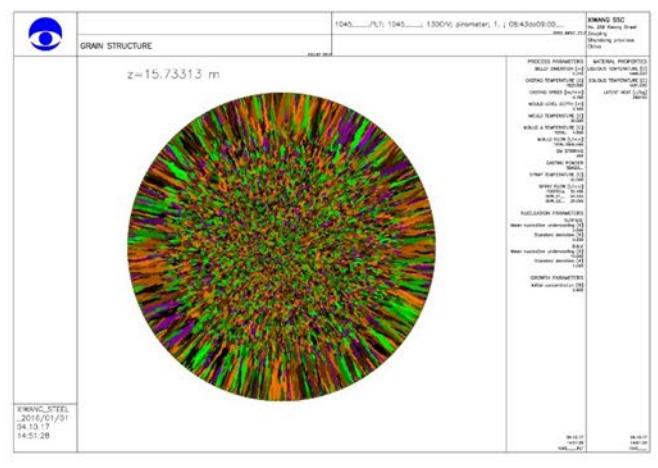
XIWANG SPECIAL STEEL COMPANY LIMITED
西王特鋼有限公司

PROJEKTI

Razvoj nove generacije brezmrežnih numeričnih metod



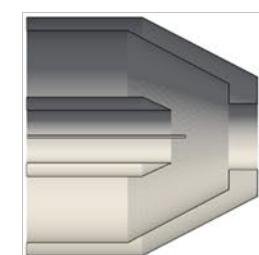
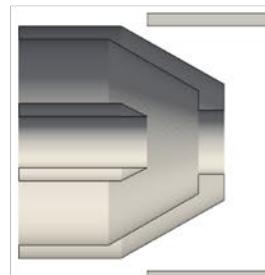
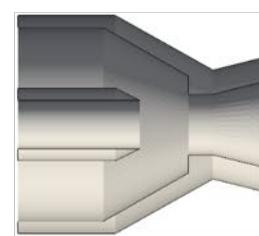
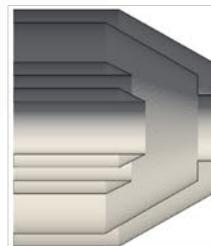
Brezmrežne simulacije mikrostrukture jeklenih ulitkov za Xiwang Special Steel Company, Kitajska



Model industrijske naprave za kontinuirno ulivanje v naravni velikosti



Razvoj nove generacije mikro-šob.



Laboratorij za okoljske tehnologije v zgradbah - LOTZ

<http://ee.fs.uni-lj.si/>



Raziskave in razvoj tehnologij za učinkovito rabo energije ter izkoriščanje obnovljivih virov v stavbah.

Področja raziskav:

- ▶ optimiranje delovanja nizko eksergijskih sistemov aktivnega naravnega ogrevanja, hlajenja in osvetlitve stavb;
- ▶ razvoj in modeliranje sistemov za pretvarjanje sončne energije za ogrevanje in hlajenje nZEB in NZEB;
- ▶ modeliranje toplotnega okolja v stavbah in presoja vplivov notranjega okolja na počutje in storilnost;
- ▶ oblikovanje in modeliranje mestnega okolja na osnovi principov zmanjševanja mestnih in uličnih toplotnih otokov.

Pedagoško delo laboratorija na programu MAG:

- ▶ **Solarne tehnologije**
- ▶ **Pametna mesta**

Kje smo:



FS Dvoriščna stavba



„Celicica“, Trnovo



In-situ LAB, Gameljne

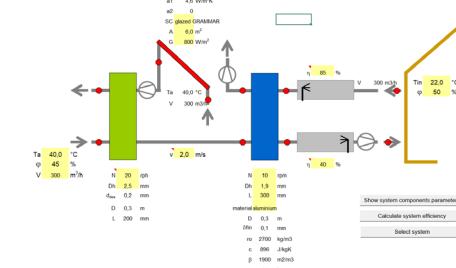
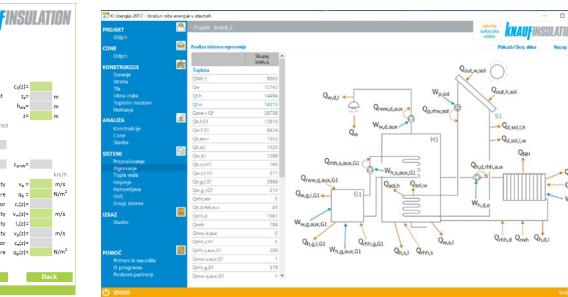
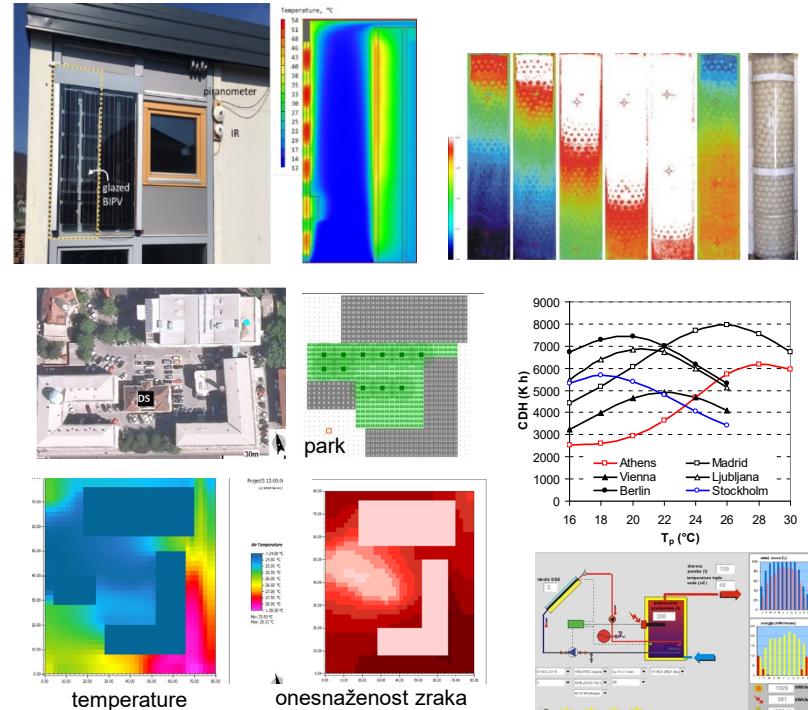
Laboratorij za okoljske tehnologije v zgradbah - LOTZ



<http://ee.fs.uni-lj.si/>

Aktualni raziskovalni/razvojni projekti LOTZ, pri katerih lahko sodelujete:

- ▶ raziskave in razvoj pametnih stavbnih decentralnih sistemov za energijsko samooskrbo z uporabo sončne energije;
- ▶ dinamično modeliranje toplotnega odziva stavb, naravnega ogrevanja, hlajenja in osvetlitve;
- ▶ okoljska presoja stavb ter uvajanje metod certificiranja stavb;
- ▶ raziskave mikroklima in ukrepov blaženja mestnih toplotnih otokov;
- ▶ razvoj programskih orodij za industrijske partnerje.



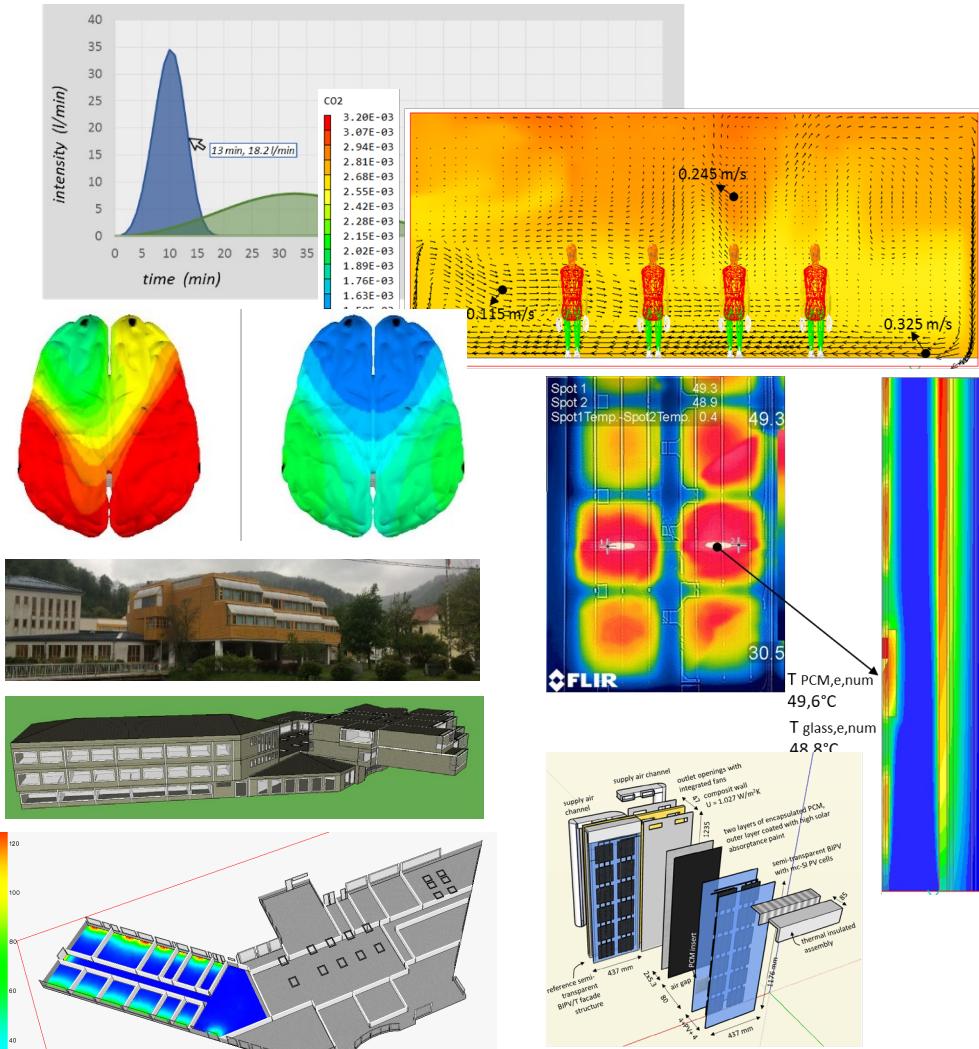
Laboratorij za okoljske tehnologije v zgradbah - LOTZ

<http://ee.fs.uni-lj.si/>



Aktivni raziskovalni projekti LOTZ, pri katerih lahko sodelujete:

- ▶ EUREKA – uravnavanje vodnega kroga v ozelenjenih gradnikih stavb in mest s shranjevanjem nevihtnih vod;
- ▶ modeliranje naravnega hlajenja s hibridnim prezračevanjem z adaptivnimi algoritmi na osnovi toplotnega odziva in onesnaženosti zraka v stavbah;
- ▶ raziskava vpliva več-področnih kazalnikov notranjega okolja na storilnost na osnovi fiziološkega odziva uporabnikov;
- ▶ uvajanje BIM računalniških orodij pri modeliranju skoraj-nič energijskih stavb in stavbnih sistemov.



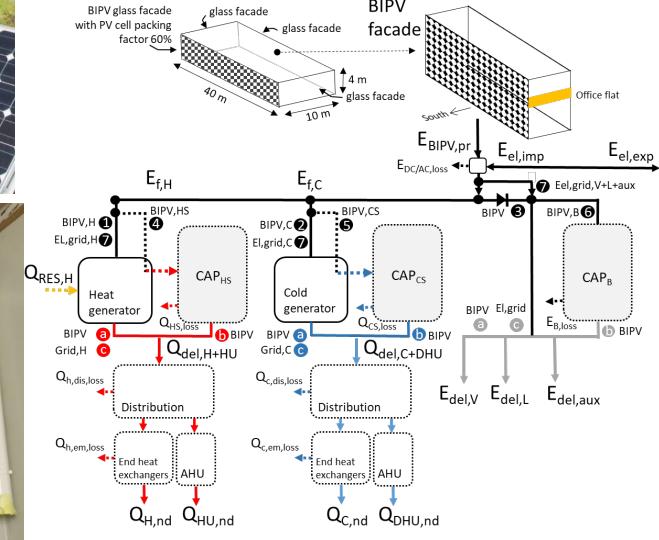
Laboratorij za okoljske tehnologije v zgradbah - LOTZ



<http://ee.fs.uni-lj.si/>

Ponudbe za raziskovalno delo / teme zaključnih del:

- ▶ razvoj aplikacij za pametne stavbne sisteme HomeKit (iOS, Android);
- ▶ razvoj, v stavbni ovoj integriranih, večnamenskih solarnih tehnologij;
- ▶ razvoj računalniških orodij za kazalnike skoraj nič energijskih stavb;
- ▶ raziskave vpliva ozelenjenih gradnikov na mikroklimatske razmere v mestih;
- ▶ eksperimentalne raziskave in razvoj modela odtoka padavin iz zelenih streh ob nevihtnih dogodkih.



Laboratorij za hlajenje in daljinsko energetiko

<https://lahde.fs.uni-lj.si/>

Razvoj novih, alternativnih tehnologij
hlajenja, topotnih črpalk, pretvorbe
energij

Optimizacija delovanja gospodinjskih
aparatov; sušilni stroj, pomivalni stroj,
pečica, hladilnik, pralni stroj

Analize, razvoj in optimizacija
prenosnikov toplote

Nove metode prenosa/transporta
toplote (nano-makro)

Preizkušanje, analize, optimizacija
dinamike delovanja energetskih
sistemov in naprav (virtualno
prototipiranje)

Daljinska energetika



<https://youtu.be/rIXm8mGyy9w>



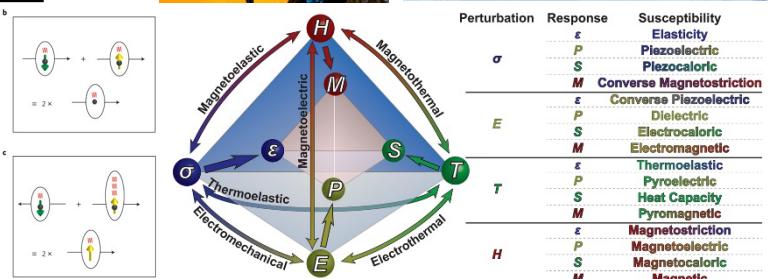
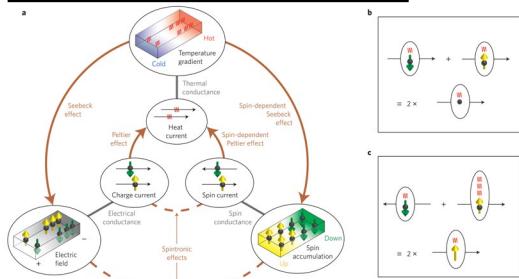
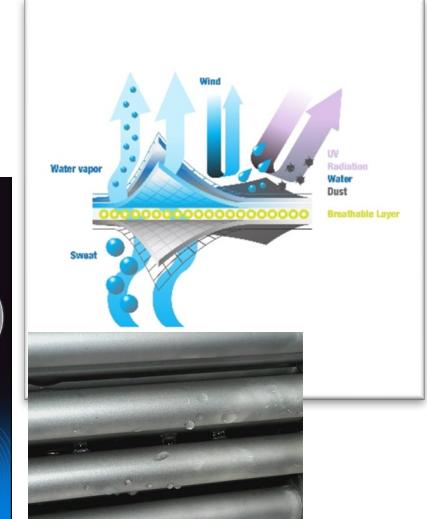
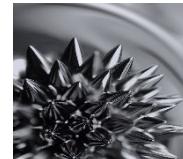
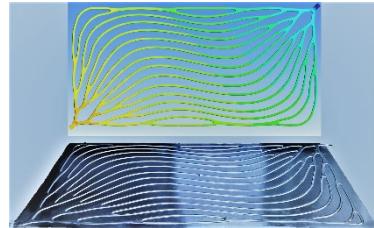
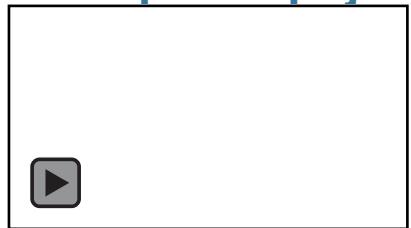
Wolfram
Mathematica



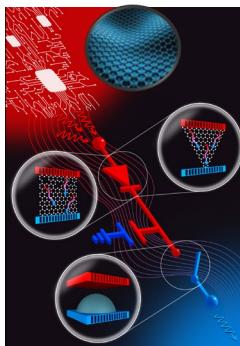
Naše pedagoške aktivnosti na 2.stopnji

<https://lahde.fs.uni-lj.si/studij>

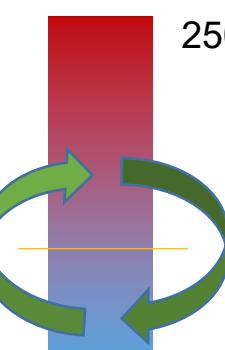
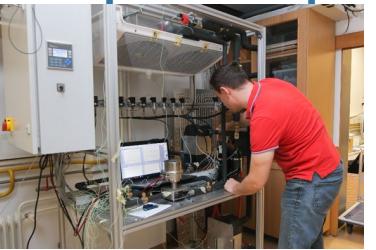
Transportni pojavi (prof. Kitanovski)



doi.org/10.1557/mrc.2016.29



Hladilna tehnika in toplotne črpalke (prof. Kitanovski)



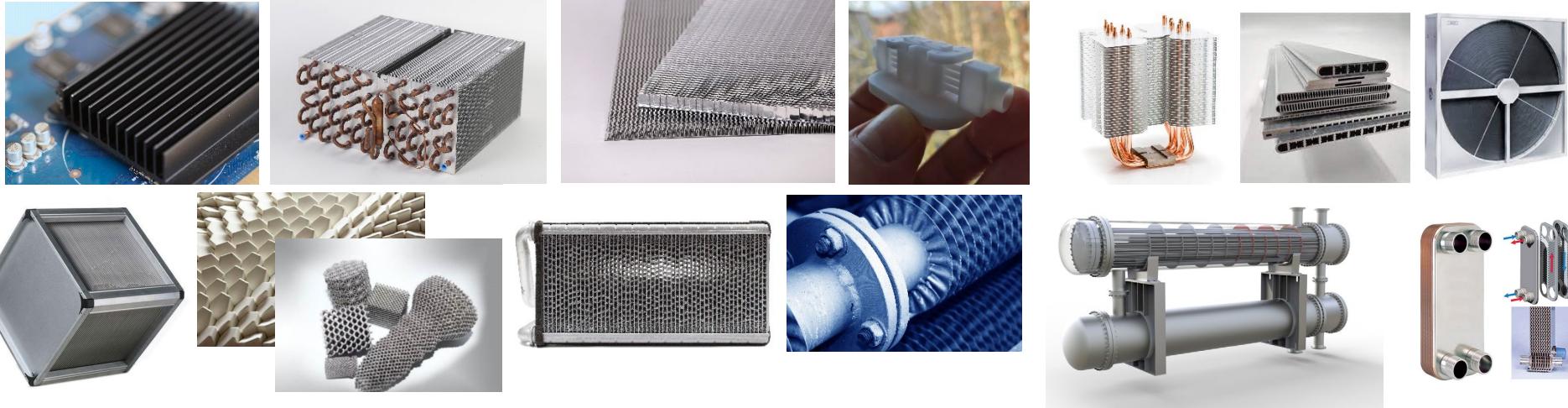
250°C

-250°C

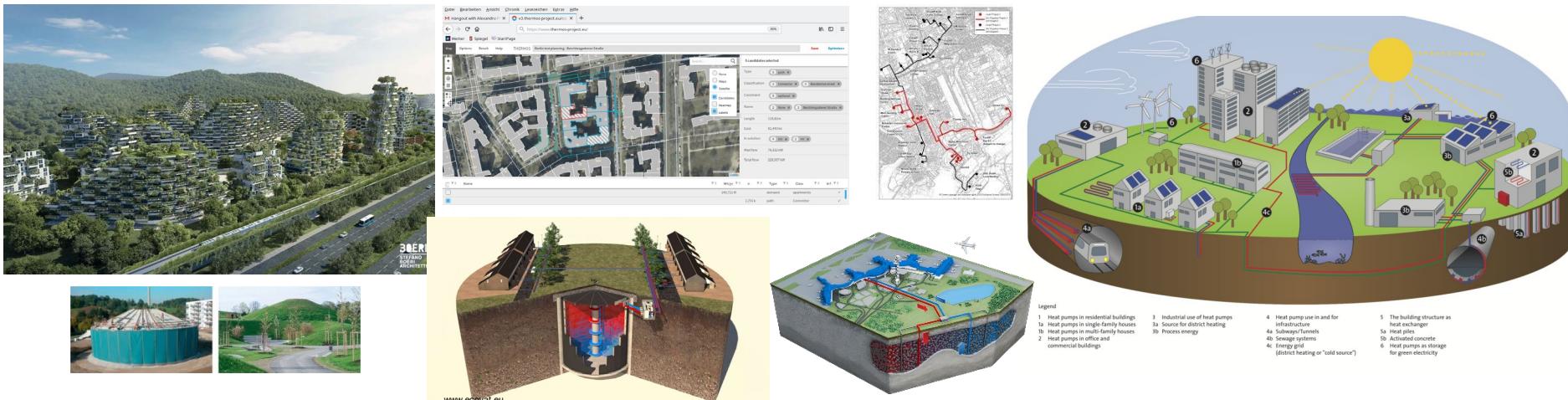
Naše pedagoške aktivnosti na 2.stopnji

<https://lahde.fs.uni-lj.si/studij>

Prenosniki toplote (prof. Kitanovski, prof. Golobič, izr.prof. Kutin)



Pametna mesta (prof. Kitanovski, prof. Medved)

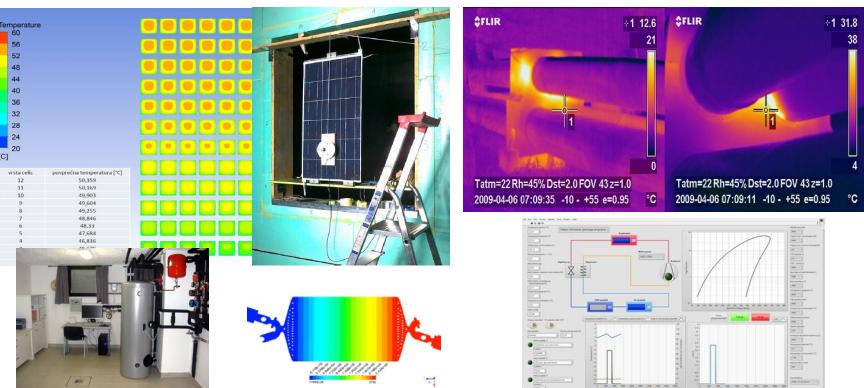


Naše raziskave in razvoj

[https://lahde.fs.uni-lj.si/raziskovalno-del/](https://lahde.fs.uni-lj.si/raziskovalno-delo/)
www.youtube.com/watch?v=38ICjwXSQgs&t=35s

Smo močno povezani z gospodarstvom

- Gospodinjski aparati
- Prenosniki toplote
- Hlajenje in Toplotne črpalke
- Solarni sistemi
- Daljinska energetika

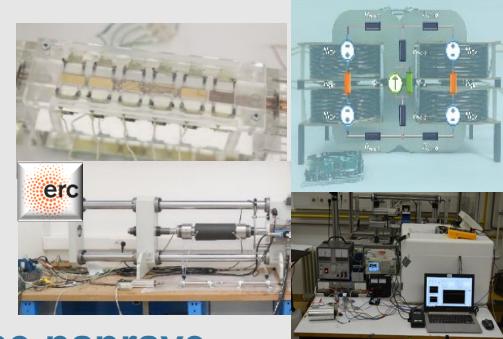


Smo svetovni nosilci področij

Trdninske tehnologije hlajenja, toplotnih črpalk in proizvodnje energij

Solid state cooling, heat pumping and power generation

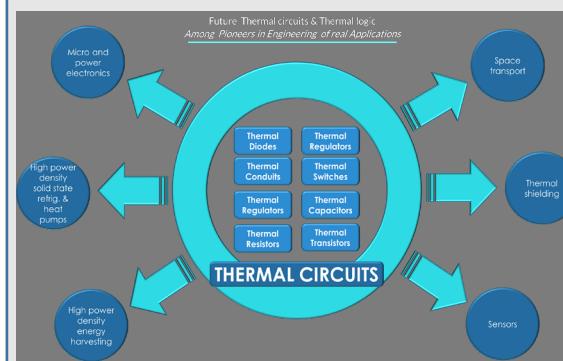
- Magnetokalorika
- Elektrokalorika
- Elastokalorika
- Termoelektrika
- Spinkaloritronika



Toplotne kontrolne naprave

Thermal control devices and thermal logics

Toplotni vodniki, Toplotna stikala, Toplotne diode, Toplotni tranzistorji, Toplotna logična vezja



Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo



Pedagoško delo laboratorija:

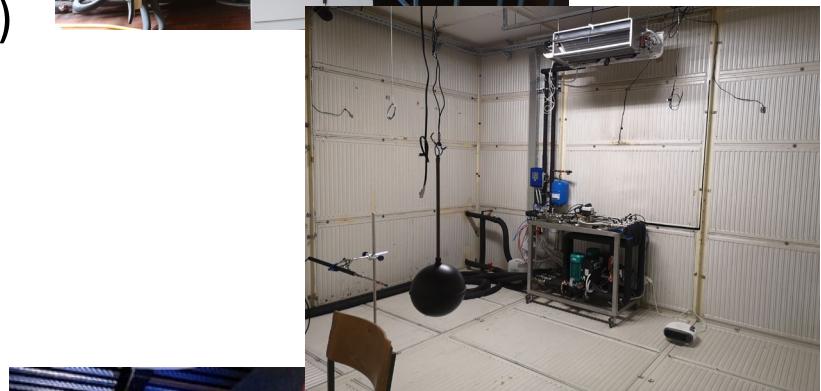
I.Stopnja

- Raba energije (PAP)
- Ogrevanje, hlajenje in klimatizacija (PAP)
- Stavbna tehnika (PAP)
- Notranje okolje (RR)



II.Stopnja

- Klimatizacija
- Klimatski in hladilni sistemi
- Air-conditioning (ERAZMUS)



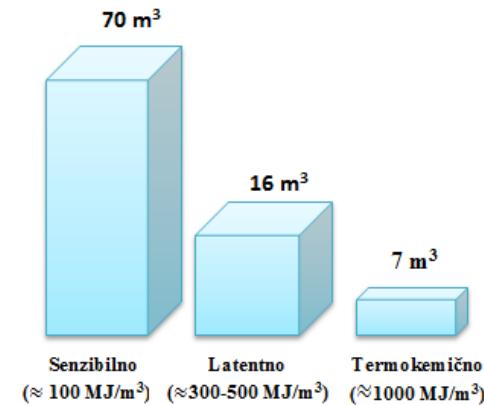
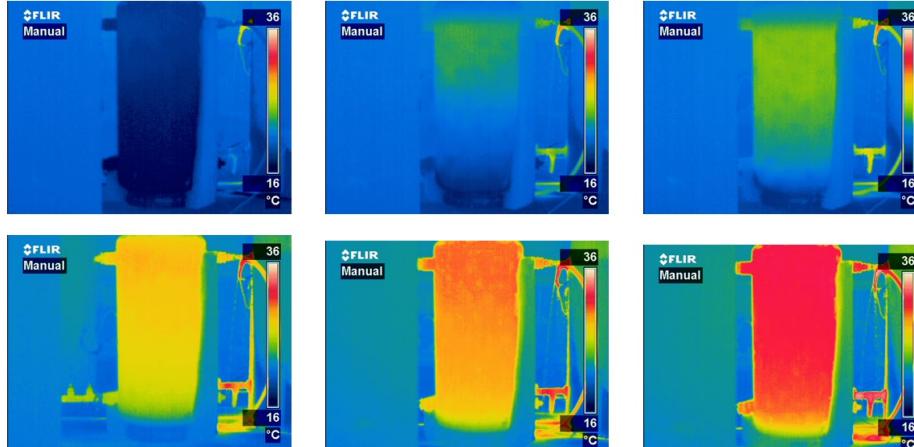
III.Stopnja

- Ekologija delavnega in bivalnega okolja

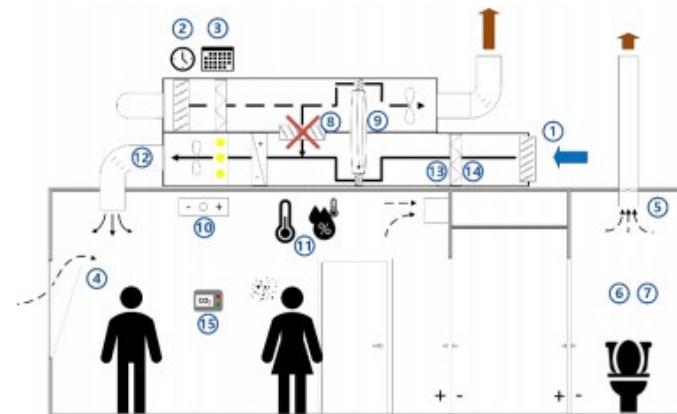
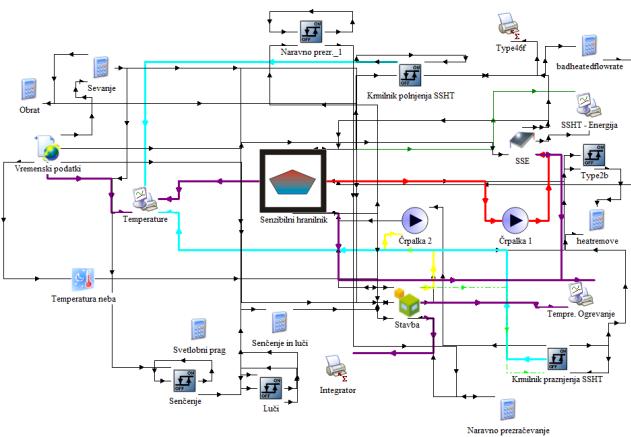
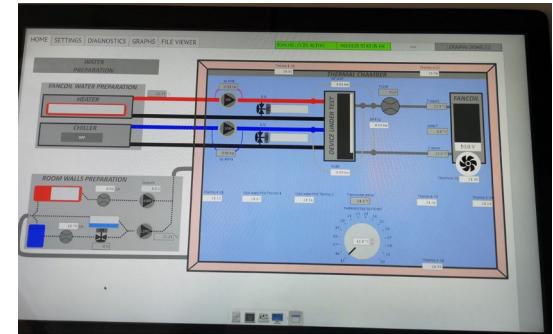
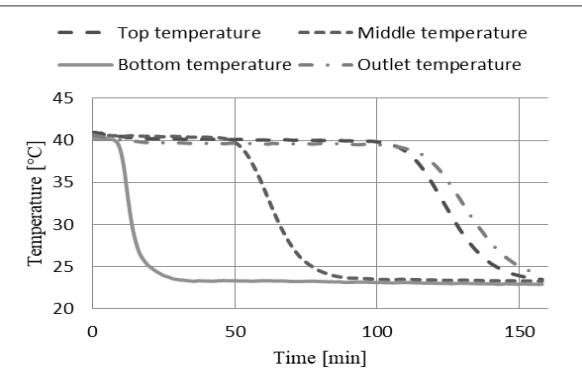


Raziskovalno in strokovno delo:

- Tehnične smernice, pravilniki, študije (HVAC, vonjave, zdravstveni objekti, izobraževalne ustanove (vrtci, OŠ, ...), ...)
- Ugodje in IAQ v prostoru (notranje okolje)
- HVAC sistemi (analize in izboljšave)
- Shranjevanje energije (senzibilno, latentno, termo-kemično)
- Učinkovita raba energije v stavbah
- Preizkuševanje rekuperatorjev in drugih manjših sistemov
- Uporaba orodji kot so: Trnsys, Ansys, Design Builder, Ursu, ...



Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo



Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo



Teme magistrskih nalog:

- Vpliv prezračevanja na koncentracijo skupnih hlapnih organskih spojin v notranjem zraku novih in prenovljenih prostorov.
- Učinkovitost filtriranja zunanjega zraka v prezračevalnih in klimatizacijskih napravah.
- Eksergijska analiza nestacionarnega prenosa toplote skozi gradbeno konstrukcijo.
- Gibanje zraka v kabini osebnega vozila.
- Klimatizacija prostorov s hlapilnim hlajenjem

Teme v sodelovanju s podjetjem Danfoss Trata d.o.o.:

- Analiza primerjave kontrole sobne temperature z LIN karakteristiko in LOG karakteristiko ventila pri ogrevanju ali segrevanju (sprememba set temperature, sprememba toplotnih/hladilnih potreb)
- Analiza on/off krmiljenja in zveznega krmiljenja za regulacijo sobne temperature glede na udobje (doseganje dejanske temperature v primerjavi z nastavljeno temperaturo) in dT v sistemu.