

**Mehaanika ja tööstustehnika instituut**  
**Department of Mechanical and Industrial Engineering**

**Teadus- ja arendustegevuse aruanne**

**2022**

**Prof. Kristo Karjust**  
[kristo.karjust@taltech.ee](mailto:kristo.karjust@taltech.ee), +372 620 3260

Tallinn  
2023

# 1. Struktuuriüksuse struktuur 2022. a

Mehaanika ja tööstustehnika instituut  
Department of Mechanical and Industrial Engineering

Instituudi töötajate arv on 102, kellest vanemlektoreid 5, lektoreid 7, tennuri-professoreid 8, kaasprofessor 3, praktik professoreid 1, dotsente 1, doktorant-nooremteadureid 9, järeldoktor-teadureid 1, teadureid 11, vanemteadureid 16, juhiabi 1, insenere 10, insener-tarkvaraarendaja 2, metroloogiainsenere 1, spetsialiste 5, õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, projekti ja õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, õppekonsultante-sekretäre 1, peaspetsialiste 1, täiendusõppe spetsialiste 2, 3D printimise spetsialiste 1, analüütikuid 1, ettevõtlusspetsialiste 1, konsultant ja tehnikuid 5, konsultant 1, labori juhataja 1, projektiassistente 5, projektijuhte 1.

Instituudi struktuuri kuuluvad: tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus; materjalitehnika teaduskeskus; logistika ja transpordi teaduskeskus; mehaanika ja metroloogia katselabor; Eesti inseneripedagoogika keskus.

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad/ The Department conducts research within next research groups:

- Automatiseeritud tootmissüsteemide, reaajas monitoringu ja tehisintellektil põhinevate mudelite uurimisrühm/ Automated Production Systems and Real-Time Monitoring and AI Models Research Group
- Autonomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group
- Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm/ Innovative Materials for Industrial Applications Research Group
- Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm/ Additive Manufacturing Technologies Research Group
- Kulumiskindlate komposiitide ja pinnete uurimisrühm/ Wear Resistant Composites and Coatings Research Group
- Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm/ Advanced Structures and Products Research Group
- Logistika ja transpordi uurimisgrupp/ Research Group of Logistics and Transport
- Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

Olulisemad tulemused 2022 aastal:

- Tehnikaülikooli aasta parimad arendusprojektid - Aasta arendustöödest teise koha sai „Virtuaalreaalsuse rakendamine palgikraana juhtimiseks”, mille eesmärk on võimaldada traditsioonilise juhtimise kõrval ka distantljuhtimist. Meeskonda kuulusid mehaanika ja tööstustehnika instituudi teadurid Vladimir Kuts ja Yevhen Bondarenko , doktorant nooremteadurid Simone Luca Pizzagalli , insener Baris Cem Baykara ning ettevõtlusspetsialist Alar Niidas;
- MaaS XT lahendus, mis on TalTech ja erasektori koostöös valminud liikuvusteenuse andmevahetuse platvorm, mis võimaldab turvaliselt siduda erinevaid transpordi teenuseid nn teenusepakkujad, isejuhtivad minibussid, piletimüük, sõiduplaneerija, kasutajaliides,

nõudepõhine transport jne. Avalikul sektoril tekib võimalus platvormi kaudu pakkuda lisaks mugavale transporditeenusele ka paindlikke ja personaliseeritud lahendusi/teenuseid nagu sotsiaal-, hariduse- või haigla transport, subsideerides neid vaid vajaduse põhiselt ja automatiseeritult (vähendades seeläbi halduskoormust);

- Kahe riikliku professuuri (tootmistehnika ja metallide tehnoloogia) edukas sihtvalveerimine;
- Õpperaja kaasprofessoriteks atesteeriti Tiia Rüütmann, Kati Kõrbe Kaare, Toivo Tähemaa, seda tingimustes, kus ülikooli üleselt atesteeriti kokku 13 kaasprofessorit;
- Tiia Rüütmann valiti Rahvusvahelise Inseneripedagoogika Ühingu IGIP presidendiks ([www.igip.org](http://www.igip.org));

## 2. Uurimisrühmade tutvustus TalTech T&A 2022. aasta kogumiku koostamiseks

### 2.1. Automatiseeritud tootmissüsteemide, reaajas monitooringu ja tehisintellektil põhinevate mudelite uurimisrühm/ Automated Production Systems and Real-Time Monitoring and AI Models Research Group

#### Uurimisrühma juht

Kristo Karjust, professor, [kristo.karjust@taltech.ee](mailto:kristo.karjust@taltech.ee), tel 620 3260

#### Uurimisrühm

Jüri Riives, Martinš Šarkans, Priit Põdra, Kashif Mahmood, Aigar Hermaste, Margus Müür

Doktorandid: Kaarel Kruuser, Pavel Tšukrejev, Heiko Pikner, Tõnis Raamets, Madis Moor

Tugipersonal: Riho Uusjärv, Mikk Narusberg

#### Võtmesõnad

Tootmise korraldussüsteem (MES), tootmise monitooring, tootmise optimeerimine, reaajas informatsioon, juhtmevaba andurvõrk, ennetav hooldus, tehisintellekt tootmises

*Manufacturing Execution System (MES), Production Monitoring, Production Optimisation, Real Time information, Wireless Sensor Network, Predictive Maintenance, Artificial Intelligent in Production*

#### Uurimisrühma kompetents

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatuse ja koormatavuse jälgimine reaajas. Süsteem toob välja tööpingi tööajad, seisakud ja tootlikkuse valitud ajaperioodil ning aitab leida tootmisliini kitsaskohti ja pudelikaelu. Süsteem võimaldab ka prognoosida seadmete, komponentide ja kasutatavate tööriistade tööiga läbi ennetava hoolduse soovitusi. Lisaks tootmise reaajas jälgimisele arendatakse ka ennetava hoolduse süsteemi, mis kergendab hooldustöötajate tööd läbi detailse seadmete ja komponentide ülevaate ja analüüsi erinevate tööpinkide varuosadest ja komponentidest ning nende reaalsest ja prognoositavast elueast, mis võimaldab ettevõtetel hoida kokku hoolduskuludelt ja suurendada tootmiseseadmete tootlikkust.

*The main objective of the research is to study and develop Automated Production Systems using AI models. The research group developed Production Monitoring System DIMUSA with Predictive functionality which operates in near real time, focusing on the SMEs. The advanced Production Monitoring and Prediction System is detecting, measuring and monitoring the variables, events and situations, which affect the performance and reliability of manufacturing systems and processes. Efficient, real-time feed of information for production control and monitoring includes data acquisition about state of the equipment and workplaces, production orders, flow of materials, quality of products, process data and other necessary data analyse. This is used for making the proper and optimised decisions, regarding the manufacturing planning, improved use of available resources, equipment maintenance planning etc.*

## Teadustegevuste tulemused

### Olulisemad projektid:

- VEU22048 *Magistrikraad nutikate, turvaliste ja ühendatud süsteemide alal* 01.10.2022-30.09.2026 *Kristo Karjust 688 813 EUR Euroopa Komisjon*
- TT2 *"Nutika tootmise tuumiktaristu (SmartIC) (1.01.2021–31.12.2024)", Tauno Otto, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.*
- VHE22019 *VKE-de toetamine jätkusuutlikul ja vastupidaval üleminekul tööstus 5.0 kontseptsioonile liikuvuse, transpordi, autotööstuse, lennunduse ja elektroonika valdkonnas* 01.06.2022- 31.05.2025 *Raivo Sell 112 250 EUR Aerospace Valley*

### Olulisemad teadusartiklid:

- *Pikner, H.; Sell, R.; Majak, J.; Karjust, K. Safety System Assessment Case Study of Automated Vehicle Shuttle. (2022). Electronics, 11 (7), 1–16.*
- *Mehrparvar, M.; Majak, J.; Karjust, K.; Arda, M. Free vibration analysis of tapered Timoshenko beam with higher order Haar wavelet method. (2022). roceedings of the Estonian Academy of Sciences, 71 (1), 77–83.*

### Tegevusvaldkond

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

### Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

### Täiendav info

Rakendus on TRL5-6 faasis ning kasutuses erinevates Eesti tootmisettevõtetes (Flexa Eesti, Chemi-Pharm, Multipakend, Halver Mööbel, Kulinaaria, Lotus Timber, Alise Technic, Tarmeko Spoon, Tarmeko LPD)

### Frascati Manual

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

2.3 Mehaanika / masinaehitus

### CERCS

T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika

P176 Tehisintellekt

T280 Maanteetransporditehnoloogia

### Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Eesti koostööpartnerid

- Kulinaaria OÜ
- Chemi-Pharm AS
-

Välispartnerid:

- Tampere University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Automation Technology and Mechanical Engineering Tampere
- Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Germany
- Czech Technical University in Prague - Czech Institute of Informatics, Robotics, and Cybernetics
- University of technology of Belfort Montbeliard (UTBM), France
- Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH)

Koduleht:

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

dimusa.taltech.ee

## 2.2. Autonomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group

### Uurimisrühm

Autonomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group

### Uurimisrühma juht

Raivo Sell, professor, raivo.sell@taltech.ee 6203268

### Uurimisrühm

Andres Petritšenko, Martinš Šarkans, Margus Müür, Vladimir Kuts, Kaimo Sonk, Andrus Udal

Doktorandid: Ehsan Malayjerdi, Heiko Pikner, Mohsen Malayjerdi, Krister Kalda, Junyi Gu, Andrew James Roberts

Tugipersonal: Baris Cem Baykara, Hagar Nakkurt, Karl Läll

### Võtmesõnad

robotika, isejuhtivad sõidukid, tehisintellekt, autonoomsed süsteemid, tark linn  
*Robotics, self-driving vehicles, artificial intelligence, autonomous systems, smart city*

### Uurimisrühma kompetents

Autonomsete sõidukite modelleerimine ja simuleerimine, 3D lidari ja kaamerapõhine kaardistamine ning virtuaalse keskkonna loomine, autonoomsete robotite ja sõidukite turvalisuse analüüs ja stsenaariumite genereerimine, Autonoomsete süsteemide komplekse täislahenduse arendus ja uurimistöö, sh lokalisatsioon ja navigatsioon, missiooni planeerimine, sensorika, tehisintellekt, elektromehaanika, juhtimine, simulatsioonid ja masinnägemine, Tööstus 5.0. Nimetatud teematika rakendatakse täismõõdus isejuhtivate sõidukite, mobiilsete robotite, tööstuslike logistikarobotite ja droonide arenduses ja väljatöötluses.

*Development and research on complex autonomous systems, including localization, navigation, mission planning, sensorics, artificial intelligence, electro-mechanics, control, simulation and machine vision.*

*Topics are applied to the full range of autonomous system, in particular to self-driving vehicles, mobile robots, industrial logistics robots and drones.*

### Teadustegevuste tulemused

Kõrgetasemelised publikatsioonid robotika valdkonnas, konkreetsemalt praktiline teekonna planeerimise tehnika isejuhtiva sõiduki möödasõiduks. Olulisel kohal oli ka targa linna teematika ja turvalisus mobiilsete robotite ning autonoomsete sõidukite valdkonnas ning fogikaksiku loomise tehnoloogiad ja teadustöö publikatsioonid. Kaitstud üks doktoritöö - Ehsan Malayjerdi.

### Olulisemad projektid:

- AR20013EM FinEst Twins pilot Future transport ecosystem management solution
- VFP20052 City-level Cyber-Secure Multimodal Transport Ecosystem
- VHE22019 Supporting the SMEs' Sustainability and Resilience transition towards Industry 5.0 in the Mobility, Transport & Automotive, Aerospace & Defence, and Electronics ecosystems

## **Teadustegevuste tulemused**

Eesti esimene isejuhtiv sõiduk – ISEAUTO

<https://autolab.taltech.ee/>

## **Tegevusvaldkond**

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika / Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical Engineering

## **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

Frascati Manual

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

2.3 Mehaanika / masinaehitus

CERCS

T125 Automatischeerimine, robotika, juhtimistehnika

P176 Tehisintellekt

T280 Maanteetransporditehnoloogia

## **Täiendav info**

uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2021. aastal:

- Autoware Foundation membership
- IAMTS - International Alliance for Mobility Testing and Standardization
- IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees (Vladimir Kuts)

## **Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:**

uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

- Eesti esimene isejuhtiva auto – ISEAUTO <http://iseauto.taltech.ee>
- Logistikarobot Eesti tööstusettevõttele: <https://www.tallinnatv.eu/klipp/16369/27112019-taltech-robot-muudab-tootmislogistika-tulevikus-efektiivsemaks>

kus käimasolevate projektide/lepingute tulemusi (väljatöötatud tehnoloogiat, uudseid lahendusi ja kompetentse) saab rakendada.

- Eesti tööstuse digitaliseerimises ja robotiseerimises (logistika robot)
- Rahvusvaheliselt autonoomsete sõidukite ja targa linna lahendustes

## **Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit**

Välispartnerid:

- Florida Polytechnic University, Advanced Mobility Institute



- Silesian University of Technology, Department of Graphics, Computer Vision and Digital Systems
- Aerospace Valley, France

**Koduleht:**

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

## 2.3. Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm/ Innovative Materials for Industrial Applications Research Group

### Uurimisrühm

Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm  
*Innovative Materials for Industrial Applications Research Group*

### Uurimisrühma juht

Irina Hussainova, professor, irina.hussainova@taltech.ee

### Uurimisrühm

Roman Ivanov, Maksim Antonov, Sofiya Aydynyan, Rocío Rojas Hernandez, Dmitri Goljandin, Mart Viljus, Le Liu

Doktorandid: Mansoureh Rezapourian, Rahul Kumar, Jallouli Necib, Arash Kariminejad

Tugipersonal: Rainer Traksmäe, Medhat Hussainov, Hans Vallner

### Võtmesõnad

Keraamika, Komposiitmaterjalid, Multifunktsionaalsed struktuurid, Grafeen, Plasmasädepaagutuse ja kihtlisandustehnoloogia, Mesoporsed komposiidid, Märg-põlemise meetod, Pulbrid, Mikrostruktuur, Kõrgtemperatuurised materjalid, Bio-inspireeritud materjalid; Pulbermetallurgia, Kulumiskindlus, Korrosioonikindlus

*Ceramics; Composites; Multifunctional structures; Bio-inspired materials; Tribology; Recycling; High temperature materials; Chemical vapour deposition; Self-propagating high temperature synthesis; Microstructural analysis; Mechanical testing; Additive manufacturing; Spark Plasma sintering*

### Uurimisrühma kompetents

Uurimisgrupp keskendub kolmele omavahel seotud uurimissuunale : (a) hierarhiliselt struktureeritud multifunktsionaalsed komposiidid, sealhulgas elektrijuhtivusega keraamilised materjalid; anisotroopsed keraamika- põhised funktsionaalgradientmaterjalid; hierarhiliselt struktureeritud komposiidid; bioloogiliselt inspireeritud konstruktsioonmaterjalid; mesoporsed materjalid; keraamilised nanokiud; grafeenitud nanokiududega komposiitmaterjalid; keraamilised membraanid; (b) kõrgtemperatuurised tribo-komposiidid, (c) keraamika- baasil pulbrid selektiivseks laserpaagutamiseks (SLS) kihtlisandustehnoloogias sealhulgas gradientstruktureeritud pulbrid ja komposiitpulbrid keraamika-põhiste komposiitide selektiivseks laserpaagutamiseks; iselevikõrgtemperatuursüntees (SHS); mehaaniline legerimine; funktsionaliseerimine; termotöötlus.

*The research is broadly subdivided into 3 main interconnected and highly interdisciplinary directions focused on (a) hierarchically structured bio-inspired multi-functional composites including but not limited to electroconductive ceramics, functionally graded and anisotropic ceramic-based composites, mesoporous ceramics, nanofibers, graphene added bulks, ceramic membranes; (b) tribology and high-temperature damage-tolerant composites for tribo-applications, and (c) selective laser melting and powders for SLM/S of ceramic – metal composites and AM of complex-shaped ceramic-matrix composites.*

*The team has several invents keeping research at a high international level. The most influential are (i) self-aligned fibrous scaffold for highly anisotropic cell cultures; (ii) method for producing nanofibers composites by combustion techniques and products comprising thereof; (iii) fibrous*

*ceramic networks and preparation thereof by selective laser melting; and (iv) ceramic complex structures by SLS.*

**Main outcomes 2022:**

- The implementation of powder bed selective laser processing technique for bioactive ceramics. The scaffolds, which morphologically and physiologically mimic natural features of the bone, are of a high demand for regenerative medicine.
- Silicon-doped biomimetic multi-phase composite scaffolds based on bioactive inorganic phases and biocompatible polymers have been developed using simple and inexpensive hydrothermal method.
- The computational study have addressed new biomimetic load-bearing implants designed to treat long bone critical-sized defects in a proximal diaphysis region. For the first time, the design encompasses two strategies: a Haversian bone-mimicking approach for cortical bone and lattices based on triply periodic minimal surfaces (TPMS) for trabecular bone.
- A strategy for fabricating ultra-hard high density parts was developed by sintering the microwave synthesized B<sub>4</sub>C-ReB<sub>2</sub> composite without additives.
- The spark plasma sintering (SPS) of self-propagating high-temperature synthesis (SHS)-derived Ni-W and Ni-W-2wt%hBN powders has been applied to the production of composites for high temperature applications.
- Self-lubricating high-temperature tribo-composites of Bi-Ni-Ti-TiB<sub>x</sub> have been developed.
- The SHS processing of composites powders has been developed for advanced powder metallurgy techniques.
- Mo(Si,Al)<sub>2</sub>-based composites are promising candidates to be used as heating elements, high temperature coatings and structural materials. The powders mixture of 90 wt.% MoSi<sub>2</sub> and 10 wt.% AlSi10Mg was subjected to a laser powder-bed fusion (LPBF) to produce Mo(Si,Al)<sub>2</sub>-based composites for the first time.
- The ability to use efficient energy transfer to convert ultraviolet or visible light photons to enhance the NIR emission has attracted a great deal of attention in down-conversion applications. Undoped ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> fibers have been synthesized by a cost-efficient wet chemical route to produce phosphors without rare-earth elements.
- For the first time, the NIR emitter luminescent compound ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Nd,Ce, which adopts a spinel-type structure, reveals the energy transfer from Ce<sup>3+</sup> to Nd<sup>3+</sup> and the enhancement of the NIR emission due to the presence of Ce<sup>4+</sup>. Cytotoxicity analyses suggest the viability of the synthesized nanofibers, which opens new avenues in bio-imaging applications.
- Novel graphene-added absorber materials, which can be directly integrated in terahertz waveguide systems, has been developed.
- 3D-printed  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> supports with multi-scale porosity have been fabricated by direct ink writing and, for the first time, successfully coated by a tailorable number of nanocrystalline graphene layers using a single-step catalyst-free CVD technique to develop cellular graphene/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hybrids.
- The remarkable tunability of 2D carbon structures combined with their non-toxicity renders them interesting candidates for thermoelectric applications. The graphene encapsulated nanofibrous fillers in composites have shown promising potential for thermoelectric material designs by tuning their properties via carrier density modification and Fermi engineering through doping.
- Composites formed by graphene augmented  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofibers embedded into the  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> matrix have been tested for X-band absorption efficiency. Such multilayer structures with tunable properties (i.e., broad-band and frequency-specific absorbers) can trigger

potential applications in the design of electronic enclosures and radar absorbing solutions in telecommunication and aerospace.

## **Teadustegevuste tulemused**

### **Olulisemad projektid**

- ERA-MIN2: Circular product design for automotive components made from recycled and sustainable composite material;
- PRG643: Bio-replicating engineering structures for tribo-applications;
- M-ERA.Net: Self-lubricating systems for high temperature tribo-applications;
- Mobilitas + MOBJD254: Development of novel core-shell structured luminescent materials;
- Mobilitas + MOBJD166: Combustion synthesized new materials for additive manufacturing;
- PSG466: Enhanced and wavelength-tunable luminescence in nanostructured phosphor films;
- PSG220: Additive manufacturing of super-strong and lightweight ceramics for next generation high temperature compounds

### **Olulisemad teadusartiklid:**

- Ramírez, Cristina; Saffar Shamshirgar, A.; Perez-Coll, D.; Osendi, M.; Miranzo, P.; Tewari, Girish C.; Karppinen, M.; Hussainova, I.; Belmonte, M. CVD nanocrystalline multilayer graphene coated 3D-printed alumina lattices. *Carbon*, 2023, 202, 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2022.10.085>
- Kumar, R.; Torres, H.; Aydinyan, S.; Antonov, M.; Varga, M.; Rodriguez Ripoll, M.; Hussainova, I. Microstructure and high temperature tribological behaviour of self-lubricating Ti-TiB<sub>x</sub> composite doped with Ni-Bi. *Surface & Coatings Technology*, 2022, 447, 128827. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128827>
- Rezapourian, Mansoureh; Nikhil Kamboj, Iwona Jasiuk, Irina Hussainova. Bio-mimetic design of implants for long bone critical-sized defects. *Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2022, 134, 105370. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105370>
- Rojas Hernandez, Rocio E.; Rubio-Marcos, Fernando; Romet, Ivo; Del Campo, Adolfo; Gorni, Giulio; Hussainova, Irina; Fernandez, Jose; Nagirnyi, Vitali. Deep-ultraviolet emitter: rare-earth free ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanofibers via a simple wet chemical route. *Inorganic Chemistry*, 2022, 61, 11886-11896. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.2c01646>
- Hussainova, I.; Saffar Shamshirgar, A.; Ivanov, R.; Volobujeva, O.; Romanov, A.E.; Gasik, M. Directional conductivity in layered alumina. *Current Applied Physics*, 2022, 40, 68-73; <https://doi.org/10.1016/j.cap.2020.06.009>
- Kumar, R., Hussainova, I., Rahmani, R., Antonov, M. Solid Lubrication at High-Temperatures—A Review. *Materials*, 2022, 15, 1695. <https://doi.org/10.3390/ma15051695>
- Minasyan, Tatevik; Hussainova, Irina. Laser Powder-Bed Fusion of Ceramic Particulate Reinforced Aluminum Alloys: A Review. *Materials*, 2022, 15, 2467; <https://doi.org/10.3390/ma15072467>
- Kamboj, Nikhil; Ressler, Antonia; Hussainova, Irina. Bioactive Ceramic Scaffolds for Bone Tissue Engineering by Powder Bed Selective Laser Processing: A Review. *Materials* 2021, 14, 5338. Doi: <https://doi.org/10.3390/ma14185338>
- Saffar Shamshirgar, A.; Rojas-Hernandez, Rocio E.; Tewari, G.; Fernandes H.F.; Ivanov, R.; Karppinen, M.; Hussainova, I. Functionally Graded Tunable Microwave Absorber with

Graphene-Augmented Alumina Nanofiber. ACS Applied materials & interfaces, 2021; <https://doi.org/10.1021/acsami.1c02899>

- Minasyan, T., Ivanov, R.; Toyserkani, E.; Hussainova, I. Laser powder-bed fusion of Mo(Si,Al)<sub>2</sub> – based composite for elevated temperature applications. J. of Alloys and Compounds (JALCOM), 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161034>
- Rojas-Hernandez, Rocio E., Rubio-Marcos, Fernando; Gorni, Giulio; Marini, Carlo; Danilson, Mati; Pascual, Laura; Uhida Ichikawa, Rodrigo; Hussainova, Irina; Fernandez, Jose Francisco. Enhancing NIR Emission in ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Nd,Ce Nanofibers by Energy Transfer from Ce to Nd: a Promising Biomarker Material with a Low Cytotoxicity. Materials Chemistry C, 2021, 9, pp.657-670. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0TC04752J>
- Kamboj, N.; Kazantseva, J.; Rahmani, R.; Rodriguez, M.A.; Hussainova, I. Selective laser sintered bio-inspired silicon-wollastonite scaffolds for bone tissue engineering. Materials Science & Engineering C, 2020, 116, 111223; doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111223>
- Saffar Shamshirgar, A.; Rojas-Hernandez, Rocio E.; Tewari, G.; Ivanov, R.; Mikli, V.; Karppinen, M.; Hussainova, I. Multi-Functional Layered Structure of Alumina/Graphene-Augmented-Nanofibers with Directional Conductivity. Carbon, 2020, 167, 634-645; doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.06.038>
- Liu, L., Minasyan, T., Ivanov, R., Aydinyan, S., Hussainova, I. Selective laser melting of TiB<sub>2</sub>-Ti composite with high content of ceramic phase. Ceramics International, 2020, 46 (13), 21128-21135; <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.189>
- Kamboj, N.; Saffar Shamshirgar, A.; Shirshneva-Vaschenko, E.; Hussainova, I. Deposition of iron oxide nanoparticles on mesoporous alumina network by wet-combustion technology. Materials Chemistry and Physics, 2019, 225, pp. 340-346; <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.12.095>
- Taleb, Masoud; Ivanov, Roman; Bereznev, Sergei; Kazemi, Sayed Habib; Hussainova, Irina. Alumina/graphene/Cu hybrids as highly selective sensor for simultaneous determination of epinephrine, acetaminophen and tryptophan in human urine. J. Electroanalytical Chemistry, 2018, 823, pp. 184 – 192; doi: [10/1016/j.jelechem.2018.06.013](https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2018.06.013)

### **Tegevusvaldkond**

2.5 Materjalitehnika / Materials engineering;

2.10 Nanotehnoloogia / Nano-technology

### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine

### **Field of research activity of the research group based on the Frascati Manual's classification:**

2.5 Materials Engineering

2.3 Mechanical Engineering

CERCS classification:

T153 Ceramic materials and powders

T152 Composite materials

T210 Mechanical engineering

**Täiendav info**

Web-site: <https://taltech.ee/en/department-mechanical-and-industrial-engineering/innovative-materials-for-industrial-applications#p58921>

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

## 2.4. Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm/ Advanced Manufacturing Technologies Research Group

### Uurimisrühm

Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm  
*Additive Manufacturing Technologies Research Group*

### Uurimisrühma juht

Prashanth Konda Gokuldoss, Kihtlisandustootmise professor/ Professor in Additive Manufacturing  
E-post: [prashanth.konda@taltech.ee](mailto:prashanth.konda@taltech.ee), Telefon: + 372-620-3378 / + 372-5452-5540

### Uurimisrühm

Lauri Kollo

Doktorandid: Riddhi Shukla, Mayank Kumar Yadav, Shangavi Subramanian

Külalisdoktorandid: Lokesh Raj

### Võtmesõnad

kihtlisandustootmine, pulbermetallurgia, tahkestumine, metastabiilsed materjalid, amorfsed sulamid, kõrgentroopsed sulamid, kõrgtemperatuurised materjalid, kergmetallid, biomaterjalid ja mehaanilised omadused.

*Additive manufacturing, powder metallurgy, solidification, meta-stable materials, amorphous alloys, high entropy alloys, high temperature materials, light metals, biomaterials and mechanical properties.*

### Uurimisrühma kompetents

Valitud teadustegevused:

- (1) Sulamite arendus kihtlisandustootmisele
- (2) Kihtlisandustootmise teel valmistatud materjalide enneaegne purunemine
- (3) Kõrgentroopsed pulbermetallurgilised sulamid ekstreemsetele keskkondadele
- (4) Kihtlisandustehnoloogia teel valmistatud funktsionaalsed materjalid

*Selected research activities:*

- (1) *Alloy design for additive manufacturing*
- (2) *Pre-mature failure in additively manufactured materials*
- (3) *Powder metallurgy of high entropy alloys for extreme environments*
- (4) *Processing of functional materials by additive manufacturing*

### Teadustegevuste tulemused

### Olulisemad projektid

- ETAG21021 "Waste-to-resource: eggshells as a source for next generation biomaterials for bone regeneration (1.04.2021–31.03.2024)", Prashanth Konda Gokuldoss, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

- SSGF21003 "Biomaterjalide kihtlisandustootmine toidujäätmetest (12.02.2021–31.03.2022)", Prashanth Konda Gokuldoss, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

#### **Olulisemad teadusartiklid:**

- Maurya et al. Additive Manufacturing, 58 (2022) 103013.
- Alinejadian et al. Materials Today Chemistry, 26 (2022) 101219.
- Karimi et al. Journal of Alloys and Compounds, 897 (2022) 163207.
- Yuan et al. Scripta Materialia, 212 (2022) 114575.
- Singh et al. Journal of Alloys and Compounds, 924 (2022) 166502.
- Chen et al. Journal of Materials Science and Technology, 136 (2023) 245-259.

#### **Tegevusvaldkond**

2.5. Materjalitehnika/Materials engineering

#### **CERCS eriala**

TEHNIKATEADUED/T150 Materjalitehnoloogia

#### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine;

#### **Täiendav info**

Osalemine rahvusvaheliste teadus- ja arendusorganisatsioonide jt tegevuses (prof. Prashanth):

1. Kaastoimetaja, Materials Design and Processing Communications, Wiley Publishers;
2. Külalistetoimetaja, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing – SI: Pulbermetallurgia ning materjalide 3d printimine/ kihtlisandustehnoloogiad
3. Külalistoimetaja, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing – SI: Selektiivne lasersulatus: materjalid ning kasutusvaldkonnad.
4. Külalistoimetaja, MDPI: Materials – SI: Kihtlisandustehnoloogia: Suklamite arendus ning protsessiinnovatsioonid;
5. Toimetuskolleegiumi liige, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing.
6. MDPI nõuandekogu liige: Science.

Koduleht:

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>



## 2.5. Kulumiskindlate komposiitmaterjalide ja pinnete uurimisrühm/ Wear Resistant Composites and Coatings Research Group

### Uurimisrühm

Kulumiskindlate komposiitide ja pinnete uurimisrühm  
*Wear Resistant Composites and Coatings Research Group*

### Uurimisrühma juht

Jakob Kübarsepp, professor, [jakob.kubarsepp@taltech.ee](mailto:jakob.kubarsepp@taltech.ee)

### Uurimisrühm

Kristjan Juhani, Marek Tarraste, Fjodor Sergejev, Mart Viljus, Lauri Kollo, Maksim Antonov, Dmitri Goljandin, Märt Kolnes, Mart Kolnes, Andrei Surženkov, Priit Kulu, Vitali Podgurski, Mart Saarna, Andrei Bogatov, Riho Tarbe

Doktorandid: Abrar Hussain, Vahur Leinberg, Himanshu Singh Maurya, Sibel Yöyler

Tugipersonal: Artur Šagarov, Rainer Traksmäe, Hans Vallner, Heinar Vagiström

### Võtmesõnad

keraamika-baasil komposiitmaterjal, kõvasulam, kermis, keraamikamaatrikskomposiit, pinne, komposiitpinne, kulumiskindlus, materjalide taaskasutus

*ceramic-based composite, hardmetal, cermet, ceramic-matrix composite, coating, composite hardfacing, wear resistance, materials recycling*

### Uurimisrühma kompetents

Teadus- ja arendustegevus on keskendunud eelkõige alljärgnevatel uurimissuundadele ja nendega seotud tööstuslikele rakendustele : (a) kriitilise tooraine (critical raw materials) vabad, Fe-baasil alternatiivsete (toorainevarusid, keskkonnakaitset ja tervishoiu aspekte arvestavate) sideainetega WC-baasil kõvasulamid ja W-vabad TiC- ja Ti(C,N)- baasil kermised; (b) Ti-baasil rasksulavate ühenditega keraamikamaatrikskomposiidid; (c) Fe-baasil komposiitkõvapinded; (e) õhukesed kõva- ja teemantpinded; (f) materjalide taaskasutustehnoloogiad.

*R&D activities of the research group have been focused mainly on the following research topics and related industrial applications: (a) critical raw materials -free WC-based hardmetals and W-free TiC- and Ti(C,N)-based cermets with alternative (considering critical materials supply, environmental and health safety aspects) Fe – based binders; (b) ceramic-matrix composites based on refractory compounds of Ti; (c) Fe- based composite hardfacings; (e) thin hard PVD and diamond coatings; (f) materials recycling.*

### Olulisemad projektid:

- PRG1145 „Komposiitmaterjalid „keraamika- Fe sulam“ kasutamiseks tingimuste laias diapasoonis“ (ETAg rühmagrant, 2021-2025).
- KIK20031 „ Nioobiumräbu ümbertöötlus ja väärindus“ (KIK, 2020-2021).
- LEMEE20074 Vaakum nanoelektronikal toimiva püroelektrilise röntgengeneraatori väljatöötamine ja valideerimine põlemisprotsessi optimeerimisel ja kahjulike suitsugaaside lagundamisel (NS rakendusuuring, 2020-2022).
- LEMEV20091 „Värvilised keraamikamaatrikskomposiidid kella- ja juveelitööstuses: materjalide ja tootmistehnoloogiate arendus“ (The Swatch Group R&D Ltd, 2020 – 2021).

- VHE22005 „RENEW: Mitteraudmetalletest E-jäätmetest epoksiidi ja metalli ringlus“ (EIT Raw Materials, 2022-2024).

#### **Olulisemad teadusartiklid:**

- Kübarsepp, J.; Juhani, K. Cermets with Fe-alloy binders: A review. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 92 (2020) 105290 (DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2020.105290).
- Podgurskyi, D.; Alamgir, A.; Yashin, M.; Jõgiaas, T.; Viljus, M.; Raadik, T.; Danilson, M.; Sergejev, F.; Lümekemann, A.; Kluson, J.; Sondor, J.; Bogatov, A. High-temperature tribological performance of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/a-C:H:Si coating in ambient air. Coatings, 11, 5 (2021) 495. (DOI: 10.3390/coatings11050495).

**Peamised teadustulemused:** 1) Co- ja Ni-vabade WC-baasil kõvasulamite ja TiC-baasil kermiste tehnoloogia arendus; 2) teemantpinnete talitusomaduste parendamine kõrgtemperatuurseteks rakendusteks; 3) Fe-baasil kõvapinnete ex situ ja in situ pealesulatustehnoloogia; 4) e-jäätmete taaskasutustehnoloogia arendus

**Outstanding research results:** 1) technology development of Co- and Ni-free WC-based hardmetals and TiC-based cermets; 2) advancement of diamond coatings for high-temperature applications; 3) deposition technology of ex situ and in situ synthesized hardfacings; 4) advancement of e-waste recycling

#### **Tegevusvaldkond**

2.5 Materjalitehnika/ *Materials engineering*

#### **CERCS eriala**

TEHNIKATEADUED/T150 Materjalitehnoloogia ja T153 Keraamilised materjalid ja -pulbrid ja T155 Pinded ja pinnatehnoloogia

#### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Keskkonnaressursside vääristamine; Targad ja energiatõhusad keskkonnad

#### **Täiendav info**

Uurimisrühma juht Jakob Kübarsepp on European Powder Metallurgy Association (EPMA) liige

#### **Koduleht:**

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

## **2.6. Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm/ Advanced Structures and Products Research Group**

### **Uurimisrühm**

Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm  
*Advanced Structures and Products Research Group*

### **Uurimisrühma juht**

Jüri Majak, professor, jüri.majak@taltech.ee, Tel. +372 6203265;

### **Uurimisrühm**

Martin Eerme, Jüri Lavrentjev, Martin Pärn, Meelis Pohlak, Fabio Auriemma, Hans Rämmal, Maarjus Kirs.

Doktorandid: Lenart Kivistik, Pavel Tšukrejev, Tiina Lelumees, Marvar Mehrparvar, Margus Villau, Tõnis Raamets, Katre Worth

Järel doktorid: Mustafa Arda

### **Võtmesõnad**

Optimeerimismeetodid, tehisintellekt, akustika, numbrilised meetodid, komposiitmaterjalid

*Structural analysis and design optimization, artificial intelligence, acoustics, numerical methods, composite materials*

### **Uurimisrühma kompetents**

Uurimisrühma kompetentsid katavad tehisintellektil põhinevate algoritmide ja tööriistade arendamist ning rakendamist toodete ja tootmisprotsesside optimeerimiseks. Üks põhisuundi on evolutsiooniliste optimeerimise algoritmide (GA, HGA PSO, ACO) kasutamine insenerirakendustes. Aktuaalseteks probleemideks on hübriidmeetodite arendus ja tehisintellekti tööriistade kombineeritud kasutamine algoritmides (ANN+EA). Üheks alamteemaks on uute numbriliste meetodite arendus fookusega Haari lainikutel põhinevatel diskretiseerimismeetoditel.

Konstruktsioonide ja komposiitmaterjalide struktuuranalüüs, kõrgemat järku Haari lainikute meetodi arendus vastavate diferentsiaalvõrrandite lahendamiseks. Kiired deformatsioonid.

Uurimisrühmal on pikaajaline kogemus lainelevi uuringutes kanalites ning üldisemalt piiratud ruumis. On välja arendatud erinevaid katsemeetodeid helivälja dekompositsiooniks. Väljatöötatud meetodid on kasutatavad erinevate materjalide ning toodete akustiliste omaduste eksperimentaalseks määramiseks, samuti akustilise välja energia kogumiseks selle muundatakse kasulikuks energialiigiks.

*The competencies of the workgroup cover development and application of the AI based optimization algorithms, procedures and tools for design of products and production processes.*

One main topic in recent years is implementation of Evolutionary (EA) methods and tools in engineering design. Actual topic is development of hybrid algorithms (ANN+EA) and combining multiple AI tools. One subtopic is development and adaption of new numerical methods with focus on Haar wavelet based discretization methods.

Structural analysis of the structures and composite materials, development of higher order Haar wavelet method for solving corresponding differential equations. High speed deformations.

The workgroup has a long experience in wave propagation research in channels and more generally in a limited space. Different test methods for sound field decomposition have been developed. The developed methods has been used for experimental determination of acoustic properties of different materials and products, as well as for the energy harvesting from acoustic noise.

### **Olulisemad projektid:**

- TAR16012 "Teadmistepõhise ehituse tippkeskus (1.10.2015–1.03.2023)", vastutav täitja: Jarek Kurnitski, Tallinna Tehnikaülikool, Ehitusteaduskond, Ehitiste projekteerimise instituut, Ehitusfüüsika ja energiatõhususe õppetool. Antud töögrupil on üks projekt fookus.
- AR20013 "Targa linna tippkeskus" (1.01.2020–31.08.2023); Vastutav täitja: Ralf-Martin Soe; Tallinna Tehnikaülikool, Targa linna tippkeskus, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Ehituse ja arhitektuuri instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Arvutisüsteemide instituut;
- AR20013EM "Tuleviku transpordi ökosüsteemi lahendus" (1.01.2021–31.08.2023); Vastutav täitja: Raivo Sell; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- MOBJD704 "Numbriliste meetodite arendamine kaasaegsete komposiit- ja nanostruktuuride analüüsiks (1.02.2021–28.02.2022)", Vastutav täitja: Mustafa Arda, PostDoc. juhendaja Jüri Majak, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- VEU22048. "Magistrikraad nutikate, turvaliste ja ühendatud süsteemide alal", (01.10.2022–30.09.2026) Vastutav täitja: Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- Lep19045 "Mürsu kildude leviku modelleerimine", (01.11.2020 - 01.06.2022), Martin Eerme, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- MNKA22036. „Killumudeli parendus ja valideerimine“, (01.01.2022–31.10.2023). Vastutav täitja: Martin Eerme, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- MNKA22074. "Kaitseväge tuletoetustarkvara arendusprojekt" (25.10.2022–30.11.2023). Vastutav täitja: Martin Eerme, Tallinna Tehnikaülikool.
- LEMEE21081 "Akustilised uuringud" (1.07.2021–1.07.2022); Vastutav täitja: Jüri Lavrentjev; Tallinna Tehnikaülikool.
- LEMEE21126 "Summutite ja muude toodete akustilised uuringud" (1.11.2021–31.10.2022); Vastutav täitja: Jüri Lavrentjev; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

### **Olulisemad teadusartiklid:**

- *Napolitano, M.; Di Giulio, E.; Auriemma, F.; Romano, R.; Dragonetti, R. (2022) Low frequency acoustic method to measure the complex bulk modulus of porous materials. The Journal of the Acoustical Society of America, 151 (3), 1545–1556. DOI: 10.1121/10.0009767.*
- *Pikner, H.; Sell, R.; Majak, J.; Karjust, K. (2022). Safety System Assessment Case Study of Automated Vehicle Shuttle, Electronics, 11 (7), 1–16. DOI: 10.3390/electronics11071162.*
- *Villau, Margus; Rämmal, Hans; Lavrentjev, Jüri (2022). Acoustic Study on Tubular Micro-perforated Flow Plug Sections in Vehicle Silencer's Application. SAE Technical Paper Series 2022-01-0933.*
- *Mehrpavar, M.; Majak, J.; Karjust, K.; Arda, M. (2022) Free vibration analysis of tapered Timoshenko beam with higher order Haar wavelet method. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 71 (1), 77–83. DOI: 10.3176/proc.2022.1.07.*

#### **Väljapaistvad tulemused:**

- *Töögrupi poolt väljatöötatud kõrgemat järku Haari lainikute meetodi koonduvuskiiruse ja täpsuse valideerimine;*
- *Kõrgemat järku Haari lainikute meetodi laiendamine murtuletistega diferentsiaalvõrrandite lahendamiseks.*

#### **Tegevusvaldkond**

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical engineering

#### **CERCS eriala**

TEHNIKATEADUUED/T210 Masinaehitus, hüdraulika, vaakumtehnoloogia, vibratsioonakustiline tehnoloogia

REAALTEADUSED/ P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

#### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Keskkonnaressursside väärastamine; Targad ja energiatõhusad keskkonnad

#### **Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:**

- Akustiliste omaduste rakendusuringud on aastal 2022 teostatud järgmistele tootmisettevõtetele: Structo AS, OK Products OÜ, Wallenium OÜ, Meraco OÜ, Flexovent OÜ
- Uute akustiliste materjalide väljatöötamine ettevõtetele: SIA 4 PLUS (Latvia), OÜ Ecolare, Debreta OÜ, IWS OÜ, Bolt Technologies OÜ
- Kaitseväge projektid : Lep19045; MNKA22036; MNKA22074 (andmed eespool)

#### **Täiendav info**

##### **välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.**

J.Majak on järgmiste ajakirjade toimetuse liige

- Elsevieri ajakiri „Composites Part C“
- Springeri ajakiri „Mechanics of Composite Materials“
- MPDI ajakiri „Mathematics“

**Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:**

Akustiliste omaduste rakendusuuringud on aastal 2021 teostatud järgmistele tootmisettevõtetele: Intoconcept OY (Soome), Structo AS, Airforced Systems OÜ, EZ Blockchain Europe OÜ, Flexovent OÜ.

Uute akustiliste materjalide väljatöötamine ettevõtetele: OÜ Ecolare, Debreta OÜ, Tolira Ehitus OÜ, IWS OÜ.

[https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisrühmad?\\_ga=2.37509664.1612683323.1674735140-1332349535.1661171432#p29804](https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisrühmad?_ga=2.37509664.1612683323.1674735140-1332349535.1661171432#p29804)

**Kolm olulisemat välismaist koostööpartnerit:**

- Centre Borelli, Université Paris Saclay, France (David Bassir)
- Trakya University, Department of Mechanical Engineering, Turkey (Metin Aydigdu, Mustafa Arda)
- Univerisy of Tuscia, Italy (Carlo Cattani)

**Kolm olulisemat Eesti koostööpartnerit:**

- Tartu Ülikool (Helle Hein)
- Küberneetika instituut TTÜ-s (Andrus Salupere, Jaan Janno)
- Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut (Tiia Plamus, Jaan Kers, Andres Krumme)

## 2.7. Logistika ja transpordi uurimisgrupp/ Research Group of Logistics and Transport

### Uurimisrühm

Logistika ja transpordi uurimisgrupp  
Research Group of Logistics and Transport

### Uurimisrühma juht

Dago Antov, professor, dago.antov@taltech.ee

### Uurimisrühm

Kati Kõrbe Kaare, Ott Koppel, Jelizaveta Janno, Peep Tomingas

Doktorandid: Kaidi Nõmmela, Riivo Pilvik, Tanel Jairus, Roger Allas

### Võtmesõnad

Säästvad lahendused transpordis ja logistikas, Logistikalahenduste digitaliseerimine, Transpordinõudluse analüüs

### Uurimisrühma kompetents

Uurimisrühma tegevus on suurel määral seotud ja fokuseeritud ülalloetletud põhiteemadele – need on säästvad lahendused transpordis ja logistikas (sh süsinikuneutraalsuse saavutamine, rohepöörde elemendid transpordisüsteemis, ohutud lahendused jne). Teiseks oluliseks tegevussuunaks on logistikasüsteemi optimeerimine, näiteks digilahenduste rakendamise võimalused logistikalahendustes, ja kolmandaks – transpordinõudluse analüüs, mis seisneb eelkõige hinnangutes sellele, milline on transpordinõudlus täna ja tulevikus, millised faktorid seda mõjutavad ja millised lahendused selle realiseerimiseks on otstarbekad. Uuurimisrühma tegevus ongi fokuseeritud just neile teemadele kasutades nende uurimiseks kõige kaasaegsemaid meetodeid, alustades andmekorjest ja -analüüsist ning lõpetades süsteemide simulatsiooniga.

*The activities of the research group are largely related and focused on the main topics listed above - these are sustainable solutions in transport and logistics (including achieving carbon neutrality, elements of the green turn in the transport system, safe solutions, etc.). Another important area of activity is the optimization of the logistics system, for example the possibilities of implementing digital solutions in logistics solutions, and the third is the analysis of transport demand, which primarily consists of assessments of what the transport demand is today and in the future, which factors affect it and which solutions are practical for its realization. The activities of the new research group are focused on these topics using the most modern methods for their research, starting with data collection and analysis and ending with system simulation.*

### Teadustegevuste tulemused

### Olulisemad projektid:

- Renoveerimislaine hooandja - energiatõhususe teekaardid ja energiasäästukohustused Eestis. LEAEV23006 ; LEIEV23006 ; LEMEV23006 "Renoveerimislaine hooandja - energiatõhususe teekaardid ja energiasäästukohustused Eestis" (1.11.2022–31.12.2023); Vastutav täitja: Jarek Kurnitski; Tallinna Tehnikaülikool,
- VFP20045 "5G-ROUTES: 5th Generation connected and automated mobility cross-border EU trials" (1.09.2020–31.08.2023); Vastutav täitja: Kristjan Kuhi; Ericsson Eesti AS; Finantseerija: Euroopa KomisjonProjekt 5G-ROUTES - Euroopa liidu 5G PPP kolmanda faasi (Phase 3) projekt. Projekti tulemiks on CAM (Connected and Automated Mobility - automaatset ühilduvust tagav mobiilsus) nõuetele vastavate edukate testitulemuste saamine, võttes arvesse 5G lahenduste funktsionaalseid võimalusi.
- AR20013EM "Tuleviku transpordi ökosüsteemi lahendus" (1.01.2021–31.08.2023); Vastutav täitja: Raivo Sell; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut (partner); Finantseerija: Haridus- ja Teadusministeerium;
- AR17119 "Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium" (1.01.2017–31.08.2022); Vastutav täitja: Dago Antov; Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut (partner), Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut (partner), Tallinna Tehnikaülikool, Majandusteaduskond, Ragnar Nurkse innovatsiooni ja valitsemise instituut (partner); Finantseerija: SA Archimedes;

#### **Olulisemad teadusartiklid:**

- Problem-Based Learning Contribution to Master's Studies in Logistics and Supply Chain Management Autorid: Janno, J.; Kõrbe Kaare, K.. Mobility for Smart Cities and Regional Development - Challenges for Higher Education. Proceedings of the 24th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2021): ICL2021 "Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education, 22-24 September 2021, Dresden, Germany. Springer, 492–503. (Lecture Notes in Networks and Systems; 389).
- 5G as an Enabler of Connected-and-Automated Mobility in European Cross-Border Corridors—A Market Assessment. Autorid: Rizopoulos, D.; Laskari, M.; Kouloumbis, G.; Fergadiotou, I.; Durkin, P.; Kõrbe Kaare, K.; Alam, M. M. Sustainability, 14 (21), #14411. DOI: 10.3390/su142114411. 2022

#### **Koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest):**

- ITS Estonia
- Eesti Rahvusvaheliste Autovedajate Assotsiatsioon (ERAA)
- Eesti Tarneahelate Juhtimise Ühing (PROLOG)
- Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsiooni (ELEA)
- Tallinna Sadam AS
- The Association for Supply Chain Management, Procurement and Logistics (BME)

#### **Tegevusvaldkond**

2.1 Ehitusteadused/ Civil Engineering

#### **CERCS eriala**

TEHNIKATEADUED/ T280 Maanteetransporditehnoloogia ja T290 Raudteetransporditehnoloogia ja T300 Veetransporditehnoloogia ja T310 Õhustransporditehnoloogia

#### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**



Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine; Usaldusväärsed IT lahendused; Innovaatilised ettevõtted ja tulevikku vaatav riigivalitsemine

1.1. tegevusega seotud teadusvaldkond – **kuni 2 alamvaldkonda** [Frascati Manuaali klassifikaatori](#)<sup>1</sup> alusel ja **kuni 3 teaduseriala**

1.1.1. Ehitusteadused (2.1)

1.1.2. Keskkonnatehnika (2.7)

1.1.3. Teised tehnika ja tehnoloogiateadused (2.11)

1.2. Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

1.2.1. Tartu ülikool

1.2.2. Ericsson Eesti

1.2.3. Aalto University

1.2.4. Tampere University

### **Täiendav info**

Käimasolevate projektide/lepingute tulemusi (väljatöötatud tehnoloogiat, uudseid lahendusi ja kompetentse) saab rakendada

- Logistikasektori efektiivsuse ja säästlikkuse tagamisel logistikaettevõtetes;
- Liikuvuskorralduse meetmete (sh riiklike strateegiate ja arengukavade) väljatöötamisel ja rakendamisel;
- Mürasummutusmeetmete valikul ja rakendamisel.

### **Koduleht:**

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisrühmad>

## 2.8. Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

### Uurimisrühm:

*Nutika tootmise uurimisrühm  
Smart Industry Research Group*

**Uurimisrühma juht:** Tauno Otto, professor, [tauno.otto@taltech.ee](mailto:tauno.otto@taltech.ee) 53090118

### Uurimisrühm:

Jüri Riives, Lauri Kollo, Meelis Pohlak, Toivo Tähemaa, Tatjana Karaulova, Martinš Sarkans, Kashif Mahmood, Vladimir Kuts, Margus Müür, Aigar Hermaste, Marietta Gavriljuk.

Doktorandid: Kristo Vaher, Madis Moor, Simone Lucca Pizzagalli, Karle Nutonen, Yevhen Bondarenko.

### Võtmesõnad:

*nutikas tootmine, tööstus 4.0/5.0, digitaalsed kaksikud, digitaalne tootmine  
smart manufacturing, industry 4.0/5.0, digital twins, digital manufacturing*

### Uurimisrühma kompetents

Kompetentsid: tootmisprotsesside digitaliseerimine, virtualiseerimine ja simulatsioon, digikaksikute arendus, tootmise ümberkonfigureerimine traditsioonilistelt tööstustehnoloogiatelt 3D tehnoloogiatele

On välja arendatud simulatsioonikeskkond tehisreaalsuses Tööstus 4.0 põhimõtetest lähtuvalt. Tulemuseks arendasid uurimisgrupi teadlased välja täiesti uue mudeli, kus tekitatakse digikaksik vahekihina virtuaalreaalsusse loodud keskkonna ja reaalse roboti juhtimissüsteemi vahele. Kasutades digitaalsete kaksikute kontseptsiooni mitte ainult simulatsioonivahendite, vaid ka kahe-suunaliselt sünkroniseeritavate digitaalsete kaksikute loomise meetodika arendamiseks, võimaldab see tööstusrobotite tootmisraku näitel hallata ja juhtida tehas simulatsioonikeskkonnast reaalajas. Vastav rakendus on toimiv eri nutiplatvormidelt ning uued robotsüsteemid sh isejuhtivad robotsõidukid on digikaksiku kaudu hallatavad.

Välja on töötatud tehisintellekti võimalusi kasutav ning mitmekriteeriumilisele otsustusvõimalustele tuginev robotiseeritud töökoha kavandamise lahendus (meetodika), mis arvestab ettevõtte tootmise vajadusi ning tagab tulemusliku töö planeeritud tootmissüsteemis. Välja töötatud meetodika on üles ehitatud erinevatele otsustus algoritmidele ning on rekurseeriv erinevate sammude vahel. Otsustusemeetoditena on kasutatud peamiselt kaalutud keskmise meetodit, erinevates variatsioonides analüütilist hierarhilist otsustusprotsessi ning on kaasatud tehiskäitajate võrkudel põhinevad otsustusemudeleid.

*An approach was proposed to develop a Digital Twin of production systems in order to optimize the planning and commissioning process. The proposed virtual cell interacts with the physical system with the help of different Digital Manufacturing Tools (DMT), which allows for the testing of various programs in a different scenario to check for any shortcomings before it is implemented on the physical system. Case studies from the different production systems were demonstrated to realize*

*the feasibility of the proposed approach. Based on the concept of Industry 5.0, it is important to integrate the human operator, especially using virtual and augmented reality tools. Corresponding tests have been carried out both in terms of the user interface and medical indications.*

*Development of an integrated and recursive artificial intelligence-based decision-making process for robotic workplace design and performance evaluation has been performed. A User-Centred Design approach was implemented, which is crucial in addressing the open challenges of Human-Robot Collaboration systems. Our work allocates Digital Twins and Augmented and Virtual Reality technologies (AR/VR) as central in this process by considering them as the key tools for the design, control, and assessment of modern collaborative industrial scenarios. It aims at assessing three types of input paradigms with virtual user Interfaces controlling a Digital Twin robot arm in a simple pick and place task and which can be based on different VR controller devices.*

## **Teadustegevuste tulemused**

### **Olulisemad projektid:**

- H2020 projekt "Innovatsiooni edendamine kiirenditeaduses ja -tehnoloogias" (i.Fast) (1.05.2021–30.04.2025)
- TT2 Teaduse teekaardi projekt "Nutika tootmise tuumiktaristu" (SmartIC) (1.01.2021–31.12.2024)
- VERT21022 VERT21015 "Digitaalse insenerihariduse virtuaalsed laborid" (1.07.2021–28.02.2023)
- VERT21015 "Veebipõhine õpe mehaanikainsenerile" (1.03.2021–28.02.2023)
- VERT20063 "Kompetentsiareendus tööstusliku asjade interneti koostöövõrgustikus" (01.09.2020-31.08.2023)
- VFP21010 H2020 projekt „DIH-de kasutuselevõtu ja küpsuse kiirendamine Euroopa VKEda digitaliseerimiseks“ (1.07.2020-30.6.2023)
- H2020 projekt AI & ROBOTICS ESTONIA (EDIH)
- VHE22018 „Turvaline 5G-toega kaksiküleminek Euroopa PUIDU tööstusele“ (1.06.2022–31.05.2025)

### **Olulisemad teadusartiklid:**

- Diachenko, D.; Partyshev, A.; Pizzagalli, S.; Bondarenko, Y.; Otto, T.; Kuts, V. (2022). Industrial Collaborative Robot Digital Twin integration and Control Using Robot Operating System. Journal of Machine Engineering. DOI: 10.36897/jme/148110.
- Christiansen, L.; Hvidsten, T. E.; Kristensen, J. H.; Gebhardt, J.; Mahmood, K.; Otto, T.; Lassen, A. H.; Brunoe, T.; Schou, C.; Laursen, E. S. (2022). A Framework for Developing Educational Industry 4.0 Activities and Study Materials. Education Sciences, 12 (10), #659. DOI: 10.3390/educsci12100659.
- Mondellini, M.; Arlati, S.; Gapeyeva, H.; Lees, K.; Märitz, I.; Pizzagalli, S. L.; Otto, T.; Sacco, M.; Teder-Braschinsky, A. (2022). User Experience during an Immersive Virtual Reality-Based Cognitive Task: A Comparison between Estonian and Italian Older Adults with MCI. Sensors, 22 (21), #8249. DOI: 10.3390/s22218249.
- Torims, T.; Cherif, A.; Delerue, N.; Foppa Pedretti, M.; Gruber, S.; Krogere, D.; Lopez, E.; Otto, T.; Pikurs, G.; Pozzi, M.; Ratkus, A.; Thielmann, M.; Vedani, M.; Vretenar, M.; Wagenblast, P. (2022). Evaluation of Geometrical Precision and Surface Roughness Quality for the Additively Manufactured Radio Frequency Quadrupole Prototype. Proceedings of the 13th International Particle Accelerator Conference: International Particle Accelerator Conference (13th). Ed. F. Zimmermann (CERN), H. Tanaka (RIKEN), P. Sudmuang (SLRI), P. Klysubun (SLRI), P. Sunwong (SLRI), T. Chanwattana (SLRI), C. Petit-Jean-Genaz

(CERN), V. R. W Schaa (GSI). Bangkok, Thailand: JACoW Publishing, 787–791. DOI: 10.18429/JACoW-IPAC2022-TUOXSP3.

- Kuts, V.; Marvel, J. A.; Aksu, M.; Pizzagalli, S. L.; Sarkams, M.; Bondarenko, Y.; Otto, T. (2022). Digital Twin as industrial robots manipulation validation tool. Robotics, 11 (5). DOI: 10.3390/robotics11050113.

### **Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2022. aastal:**

- Tauno Otto - Rahvusvahelise Inseneriakadeemia Kesk-Euroopa filiaali korrespondentliige
- Tauno Otto, Rahvusvaheline Tootmistehnika Akadeemia (CIRP) – kutsutud liige
- Tauno Otto - Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsiooni (EuroXR) juhatuse liige
- Tauno Otto – tehnoloogiaplatvormi ManuFuture High Level Group (ManuFuture HLG) nõukoja liige
- Tauno Otto - Horizon Europe avaliku ja erasektori partnerluse "Made in Europe" partnerlusnõukogu liige
- Tauno Otto - Euroopa Liidu tervisealasteks hädaolukordadeks valmisoleku ja neile reageerimise asutuse (HERA) tööstuskoostöönõukogu liige
- Tauno Otto - Flanders Make (Belgia) teadusnõukogu liige
- Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees
- Vladimir Kuts – Eesti Noorte Teaduste Akadeemia – valitud liige

### **Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

### **CERCS eriala**

TEHNIKATEADUED/T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika ja T130 Tootmistehnoloogia

### **Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga**

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

### **Täiendav info**

Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2022. aastal:

- Tauno Otto - Rahvusvahelise Inseneriakadeemia Kesk-Euroopa filiaali korrespondentliige
- Tauno Otto - Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsiooni (EuroXR) juhatuse liige
- Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees

### **Uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal**

- Vladimir Kuts valiti Eesti Noorte Teaduste Akadeemia liikmeks
- Tauno Otto valiti Flanders Make (Belgia) teadusnõukogu liikmeks

Uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Tehnoloogia aitab inimestel naasta pärisellu. Ida-Tallinna Keskhaiglaga (ITK) on algatatud 3D prinditava skolioosikorseti arendus koos Tartu Ülikooli ja Eesti Maaülikooliga, seda E-DIH AIRE võrgustikus. TERVISE JÄLGIMISE PLATVORM ORTOPEEDILISTE ABIVAHENDITE JAOKS demoprojekti laiem eesmärk oli välja töötada turvaline tervisetehnoloogia platvorm, millega ühendada tulevikus kõik ortopeedilised abivahendid. Teema on lai ja lahendatavaid probleeme on hulgi, seega otsustati esialgu pühendada tähelepanu skolioosikorseti näitele. Loodud on korsetile kinnitav andur ning platvorm andurist laekuvate andmete töötlemiseks. Ida-Tallinna Keskhaigla arstidega koostöös rakendatakse platvormile ka tehisintellektikomponent, mis võiks tulevikus autonoomselt aidata patsiendil kiiremini terveneda. Loodav platvorm on algusest peale olnud universaalne, näiteks on võimalik tulevikus arendada juurde võimekus tehisintellekti abil ennustada traumade tekkimist töökohal.

TOOTMISTSÜKLI OPTIMEERIMINE ROBOTTÖÖKOHAL – selle AIRE demoprojekti eesmärk oli välja töötada tehisintellektipõhine tugilahendus tootmisprotsessi optimeerimiseks robotipõhistel töökohtadel. Alise Technic OÜ otsustas projekti tehases ette võtta, et saavutada kõrgetasemelised tulemused samal ajal tööprotsessi oluliselt kiirendades. Muuseas oli luubi all robotite tootlikkus, töötamise paindlikkus ja tehtud töö kvaliteet. Kui esialgu luuakse rätseplahendus partnerettevõtte näitel, siis õpitu on rakendatav ka teistes robotšehhides sõltumata tööstusvaldkonnast.

Koostöös ameerika teadlastega panustavad TalTechi insenerid nutikate simulatsioonide rahvusvaheliste standardite loomisse, et luua tööstuses ohutud automatiseeritud töökohad inimestele. Koostöö USA Riikliku Standardite ja Tehnoloogiate Instituudiga (NIST) keskendub digitaalse kaksikutele ning inimese ja roboti koostööle. Eesmärgiks on hinnata inimeste tegevust tööstuses robotite juures ning seejärel luua ohutud meetmed ning süsteemid masinate operaatorite jaoks.

Projekti „Turvaline 5G-toega kaksikuleminek Euroopa PUIDU tööstusele” keskenutakse Harmet OÜ moodulmajade koostamise ja Hekotek AS saakaarite tootmise digitaalsete kaksikute arendamisele, mis võimaldavad Eesti toodete rahvusvahelist konkurentsitaset tõsta.

Information on applied research and development activities of the research group.

*Technology helps people get back to real life. With Eastern Tallinn Central Hospital (ITK) there was initiated development of 3D printable scoliosis bracelet altogether with University of Tartu and Estonian Life Sciences University in the network of E-DIH AIRE. The goal of the project was to develop a secure health technology platform to connect all orthopedic aids in the future. The topic is broad and there are many problems to be solved, so initially it was decided to pay attention to the example of a scoliosis corset. A sensor that can be attached to a corset and a platform for processing the data received from the sensor was created. In cooperation with the doctors of Eastern Tallinn Central Hospital, an artificial intelligence component was applied to the platform, which could autonomously help the patient recover faster in the future. The platform created has been universal from the beginning, for example, it is possible to develop the ability to predict the occurrence of trauma in the workplace in the future with the help of artificial intelligence.*

*OPTIMIZING THE PRODUCTION CYCLE IN A ROBOTIC WORKPLACE - the goal of the project was to develop an artificial intelligence-based support solution for optimizing the production process at robot-based workplaces. Alise Technic OÜ decided to undertake the project in the factory in order to achieve high-level results while significantly speeding up the work process. In addition, the productivity of robots, the flexibility of work and the quality of the work performed were under scrutiny. If initially a tailor-made solution is created on the example of a partner company, then what has been learned can also be applied to other robotic workshops, regardless of the industry.*

*With U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST), creation of the smart simulations standards is on the process. Expertise of TalTech is well-aligned with NIST's efforts toward developing repeatable and replicable test methods for human-robot interaction (HRI). Together, we verify and validate the test methodology and metrics for assessing performance and overall user experience, which will be integral to emerging robotic technologies in a variety of application domains. This is a first step in a larger effort to work with the robotics community to verify and validate HRI research.*

*In „Secure 5G-Enabled Twin Transition for Europe's TIMBER Industry Sector“ is developed digital twin solutions for Harmet OÜ modular house assembly and Hekotek AS sawmills production, enabling increase international competitiveness of Estonian products.*

**Olulised koostööpartnerid:**

- Rahvusvaheliselt
  - CERN
  - NIST
  - EuroXR
- Siseriiklikult
  - AIRE E-DIH
  - Ida-Tallinna Keskhaigla
  - IMECC OÜ

**Koduleht:**

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>