

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

Instituudi 2024. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2024. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

1. Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori Euroopa H2020 innovatsiooniprojekt Custom-Art pakkus alternatiivi olemasolevatele, kuid sageli suure keskkonnamõjuga päikeseelementide (PV) lahendustele. Nelja-aastase intensiivse töö tulemusena arendati koos Euroopa juhtivate teadusasutuste ja ettevõtetega esimesed kesteriitsetel materjalidel põhinevad BIPV- (hoonetesse integreeritud) ja PIPV- (toodetesse integreeritud) päikesemoodulite prototüübid. Uute legerimismeetoditega suurendati seadmete efektiivsust ja valmistati paindlikud ning poolläbipaistvad moodulid. Prototüüpe katsetati edukalt reaalsetes tingimustes Hispaanias ja Austrias, kinnitades nende töökindlust ja vastupidavust. Projekt tõestas, et jätkusuutlikud energialahendused võivad saada tavapäraseks, kui teadus ja tööstus teevad koostööd.
2. TalTechi Puidutehnoloogia labori teadlased viisid 2023-2024 läbi SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse toetatud projekti „Eesti vähekasutatud puiduliikide kasutusvõimalused uutes spoonipõhistes toodetes“. Ressursipõuas maailm on pööranud pilgu madalama kvaliteediga puiduliikide väärindamise poole. Puidutehnoloogia labori teadlaste poolt valminud uuringus näidati, kuidas vähemväärtuslikuks peetud sanglepast, hallist lepast ja haavast saab tugevat vineeri ja spoonliimpuitu valmistada. Ligniini on puidutihendamisel võtmeteguriks, kuna osaline ligniini eemaldamine puidust aitas kaasa puidu tiheduse suurenemisele säilitades samas puidurakkude terviklikkuse. Lisaks puidu tihendamisele saab erinevatest puiduliikidest erineva paksusega kihtide kombineerimisega suurendada vineeri painde- ja kruvi väljatõmbe tugevust.
3. Uue teadusteema algatamine keskkonnatehnoloogia teaduslaboris teaduse tippkeskuse SOURCES raames (<https://taltech.ee/sources>): toitainete ringlussevõtt uriinist ja ravimite energiasäästlik eemaldamine. Kasutusel on korona impulss-elektrilahenduse (KIEL) plasma, mis võimaldab energiatõhusalt ravimite jääke uriinist eemaldada. Ravimite eemaldamine uriinist on vajalik väetiste kommertsiaalseks tootmiseks imporditud mineraalväetiste asendamiseks. Teadus- ja arendustöö viiakse läbi koostöös Rootsi Põllumajanduse Ülikooliga.

TA valdkonna väljakutsed 2025. aastaks

Edukas teadus-arendusprojektide taotlemine ja elluviimine

TA valdkonna 2024. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

Täitmine/tulemused

Olulisemad soetatud seadmed

Koondhinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

vajab uuendamist

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

Vanemad seadmed (>10 a) vajavad suuremas mahus hooldust või uue seadme soetamist. Selleks, et olla rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline, on vajadus ka uute tehnoloogiliste ja karakteriseerimisvõime seadmete järele.

1 Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Marit Kauk-Kuusik, kaasprofessor tenuuris, marit.kauk-kuusik@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Marit Kauk-Kuusik, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Kristi Timmo, Doktor, vanemteadur
Maris Pilvet, Doktor, teadur
Katri Muska, Doktor, teadur
Mare Altosaar, Teaduste kandidaat, juhtivspetsialist
Jaan Raudoja, Teaduste kandidaat, vaneminsener
Maarja Grossberg-Kuusk, Doktor, täisprofessor tenuuris
Jüri Krustok, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Sergei Bereznev, Doktor, dotsent
Olga Volobujeva, Doktor, vanemteadur
Valdek Mikli, Doktor, vanemteadur
Taavi Raadik, Doktor, vanemteadur
Mati Danilson, Doktor, teadur
Mehmet Ender Uslu, Magister, doktorant-nooremteadur
Reelika Kaupmees, Doktor, teadur
Elizaveta Shmagina, Magister, doktorant-nooremteadur
Katriin Kristmann, Magister, doktorant-nooremteadur
Idil Mengü, Magister, doktorant-nooremteadur
Svetlana Polivtseva, Doktor, teadur
Marc Dolcet Sadurni, Magister, doktorant-nooremteadur
Nafiseh Abbasi, Magister, doktorant-nooremteadur
Marc Vincent Heemskerk, Magister, doktorant-nooremteadur
Achmad Nasyori, magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

keskkonnasõbralikud pooljuhtmaterjalid, ehitisintegreeritavate päikesepaneelide tehnoloogiad, materjalide ja seadiste optilised ja elektrilised uuringud

Inglise keeles

environmentally friendly semiconductor materials, building-integrated photovoltaic technologies, optical and electrical characterization of materials and devices

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori uurimisrühma teadustöö on suunatud keskkonnasõbralikel anorgaanilistel materjalidel põhinevate ehitisintegreeritavate päikesepaneelide tehnoloogiate väljatöötamisele. Uurimisgrupp omab maailmatasemel tehnoloogilist kompetentsi mitme-komponentsete pooljuhtmaterjalide sünteesi alal kui ka sulade soolade keskkonnas toimuvate protsesside keemia, mehhanismi ja kineetika valdkonnas. Samuti omab uurimisrühm pikaajalist kogemust erinevate nano- ja mikroskaalas metall-, metalloksiid ja kalkogeniid õhukesekileliste pinnakatete valmistamisel füüsikaliste

sadestustehnoloogiatega. Kõrgetasemeline kompetents on ka optoelektronsete materjalide ja seadiste (päikesepatareid, laserid, valgusdiodid, sensorid jne.) fundamentaalsete füüsikaliste omaduste uurimise alal.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research conducted by the Laboratory of Photovoltaic Materials focuses on advancing building-integrated photovoltaic technologies through the use of environmentally friendly inorganic materials. This research group has world-class expertise in synthesizing multi-component semiconductor materials, as well as extensive knowledge in the chemistry, mechanisms, and kinetics of processes occurring in molten salt environments. Additionally, the group has accumulated significant experience in producing nano- and micro-scale coatings of metal, metal oxide, and chalcogenide thin films using physical deposition technologies. The team also demonstrates a high level of competence in investigating the fundamental physical properties of opto-electronic materials and devices, such as solar cells, lasers, light-emitting diodes, sensors, and more.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1023 Mitmik-kalkogeniididel põhinevad jätkusuutlikud, kuluefektiivsed, kerged, painduvad ja poolläbipaistvad ehitisintegreeritavad päikesepatareid 2021 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4440609a-87f3-4134-9e0c-3535f2465d2a>

PRG1815 Järgmise põlvkonna mikrokristalliline püriit päikesepatarei rakendamaks Maal kui kosmoses 2023 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4eca61e7-b533-4c04-ad72-6bbd46237019>

VFP20034 Innovaatiliste kesteriitidel põhinevate õhukesekileliste tehnoloogiate kohandamine erilahendusega arhitektuuri ja linnamööbli rakendusteks 2020 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/b9d83108-5623-4249-afdb-c7cdfca3b4c3>

MNHA23040 2023 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0d51b77a-14b4-4440-9d54-ee8c779cfbda>

TF24020 Jätkusuutliku rohevesiniku ja energiatehnoloogia tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/af850459-822d-47bc-b29b-cfc20992a1f0>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Mengü, İdil; Muska, Katri; Pilvet, Maris; Mikli, Valdek; Dudutienė, Evelina; Kondrotas, Rokas; Krustok, Jüri; Kauk-Kuusik, Marit; Grossberg-Kuusk, Maarja (2024). Comprehensive study of photoluminescence and device properties in Cu₂Zn(Sn_{1-x}Gex)₄ monograins and monograin layer solar cells. Solar Energy Materials and Solar Cells, 277, #113124. DOI: 10.1016/j.solmat.2024.113124.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d72dcc31-2acf-490f-bebd-a0b677e4fe23>

Uslu, M.E.; Muska, K.; Pilvet, M.; Bereznev, S.; Mikli, V.; Kauk-Kuusik, M.; Grossberg-Kuusik, M. (2024). Enhanced grain orientation in Sb₂Se₃ thin films deposited on Mo/BSG substrates via RF-sputtering and selenization. Materials Science in Semiconductor Processing, 184, #108835. DOI: 10.1016/j.mssp.2024.108835. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f238246e-ed72-4738-8865-ee86f8475a83>

Dolcet Sadurni, Marc; Krustok, Jüri; Timmo, Kristi; Mikli, Valdek; Kondrotas, Rokas; Grossberg, Maarja; Kauk-Kuusik, Marit (2024). Radiative recombination model for BiSeI microcrystals: unveiling deep defects through photoluminescence. Journal of Physics Energy, 6 (4), #045004. DOI: 10.1088/2515-7655/ad8377. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/762c2acb-247e-48b9-977a-97c1a00b457a>

Krustok, Jüri; Kaupmees, Reelika; Kokla, Joel; Kauk-Kuusik, Marit (2024). Optical study of valence band splitting and resonant acceptor states in Cu₂GeS₃ microcrystals. Applied Physics Letters, 125, 24, #242111. DOI: 10.1063/5.0245139. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f54e0139-475a-4c4e-aa41-a09d04f3cb9b>

Shmagina, E.; Volobujeva, O.; Nasibulin, A.G.; Bereznev, S. (2024). Fabrication of novel SiOxNy/SWCNT laminate-type composite protective coating using low-temperature approach. Ceramics International, 50, 18, 34312–34320. DOI: 10.1016/j.ceramint.2024.06.250. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4bf4a997-0c11-408c-bfcd-4b775137091f>

Shmagina, Elizaveta; Antonov, Maksim; Kasikov, Aarne; Volobujeva, Olga; Khabushev, Eldar M.; Kallio, Tanja; Bereznev, Sergei (2024). Structural, Mechanical, and Optical Properties of Laminate-Type Thin Film SWCNT/SiOxNy Composites. Nanomaterials, 14, 22, #1806. DOI: 10.3390/nano14221806. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ba70b019-757c-41e8-a471-3cba035db52e>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

1. Euroopa H2020 innovatsiooniprojekt Custom-Art pakkus alternatiivi olemasolevatele, kuid sageli suure keskkonnamõjuga PV lahendustele. Nelja-aastase intensiivse töö tulemusena arendasid Euroopa juhtivad teadusasutused (sh TalTech Eestist) ja ettevõtted esimesed kesteriitsetel materjalidel põhinevad BIPV- (hoonetesse integreeritud) ja PIPV- (toodetesse integreeritud) päikesemoodulite prototüübid. Uute legeerimismeetoditega suurendati seadmete efektiivsust ja valmistati paindlikud ning poolläbipaistvad moodulid. Prototüüpe katsetati edukalt reaalsetes tingimustes Hispaanias ja Austrias, tkinnitades nende töökindlust ja vastupidavust. Projekt tõestas, et jätkusuutlikud energialahendused võivad saada tavapäraseks, kui teadus ja tööstus teevad koostööd.
2. 2024 a. fookuses olnud uurimistöö käigus sünteesiti tahkefaasilise reaktsiooni teel binaarsetest algmaterjalidest Bi₂Se₃ ja BiI₃ kõrge kvaliteediga ühefaasilised, nõelakujulise morfoloogiaga BiSeI mikrokristallid. UV-Vis-NIR spektroskoopia abil määrati esmakordselt BiSeI-le nii kaudne kui ka otsene keelutsooni laius, milleks saadi toatemperatuuril vastavalt 1,17 eV ja 1,29 eV. Põhjalik fotoluminestsentsiuuring, mis viidi läbi toatemperatuuril ja madalatel temperatuuridel, tõi esile BiSeI mikrokristallide keeruka defektstruktuuri. Tegemist on esimese eksperimentaalse uurimusega BiSeI mikrokristallide

fotoluminestsentsi omaduste kohta, mille tulemusel töötati välja rekombinatsioonimudel, mis kirjeldab mitme defekti olekuga seotud protsesse. Selle teadustöö tulemused annavad väärtuslikku teavet BiSel defektstruktuuri ja rekombinatsioonimehhanismide kohta, luues aluse edasisteks uuringuteks BiSel potentsiaali rakendamiseks optoelektronilistes seadmetes.

3. Töötati välja soovitud kristallide orientatsiooniga Sb₂Se₃ õhukeste kilede valmistamise meetod, kombineerides raadiosagedusliku magnetron pihustamise meetodi seleniseerimisega intergaasi keskkonnas. Röntgendifraktsiooni analüüsi põhjal saadi antud meetodil Sb₂Se₃ õhukesed kiled kristallide orientatsiooniga [002] suunas, säilitades samal ajal kilede kompaktsuse. Parim tulemus saadi Sb₂Se₃ kilede isotermaalisel seleniseerimisel 380° C ja 300 Torri toatemperatuurse argooni rõhu juures. Soovitud kristallide orientatsiooniga kiled võimaldasid suurendada vastava õhukesekilelise päikeseelemendi ZnO:Al/CdS/Sb₂Se₃/Mo/BSG poolt genereeritavat fotovoolu.

4. Uuriti erinevate siseruumide valgusallikate ja valguse langemisnurkade mõju CZTS monoterakiht päikeseelementide jõudlusele. Selgus, et valgusnurkade vahemikus 30°–60° langes CZTS elementide efektiivsus vähem kui c-Si elementidel. CZTS elemendi paremat suhtelist efektiivsust seostati absorbermaterjali morfoloogiaga, mis võimaldab sisepeegeldust. Testitud valgusallikatest sobis CZTS elementidele kõige paremini LED-lamp (3000K), mille "sooja" valguse spekter vastas uuritud materjali ribalaiusele.

5. FeS₂ pinna uuringutes keskenduti UPS meetodile, et analüüsida pinna oksüdeerumise ja saastumise taset. Tulemused näitasid sulandajate materjalide olulist mõju FeS₂ mikrokristallide pindkeemiale. Tulemused tõid esile, et sulandaja materjali valik mõjutas märkimisväärselt oksüdeerumise ulatust ning sulandaja lisandite jääkide säilimist püriidi pinnal.

Sulasoolade, nagu kaaliumjodiidi (KI) ja teiste jodiidide, kasutamine põhjustas muutusi lisandite difusiooni ja oksüdatsiooniasmetes, mis on olulised püriidi omaduste kohandamisel spetsiifiliste rakenduste jaoks.

6. Tihedas koostöös Aalto ülikooliga valmistati ja uuriti esmakordselt eelkeraamilise polümeeri polüsilasaani ja süsinik-nanotorude baasil orienteeritud nanokomposiitkatteid. Töödeldud katteid saab potentsiaalselt kasutada päikeseplatade kapseldamiseks ja kaitsematerjalina muudeks rakendusteks õhukese kile tehnoloogiates.

Inglise keeles

1. The European H2020 innovation project Custom-Art introduced a sustainable alternative to conventional, often with a high environmental impact PV solutions. Over four years of intensive collaboration, leading European research institutions—including TalTech from Estonia—and companies developed the first prototypes of building-integrated (BIPV) and product-integrated (PIPV) solar modules based on kesterite materials. New doping methods enhanced device efficiency and enabled the production of flexible, semi-transparent modules. These prototypes were successfully tested in real-world conditions in Spain and Austria, demonstrating their reliability and durability. The project highlighted how sustainable energy solutions can become mainstream through the synergy of science and industry.

2. In 2024, the research focused on synthesizing high-quality, single-phase, needle-shaped BiSeI microcrystals from the binary starting materials Bi₂Se₃ and BiI₃ through solid-state reaction. UV-Vis-NIR spectroscopy was used to determine the indirect and direct bandgap widths of BiSeI for the first time, measuring 1.17 eV and 1.29 eV, respectively, at room temperature. A comprehensive photoluminescence study conducted at both room and low temperatures revealed the complex defect structure of BiSeI microcrystals. This study represents the first experimental investigation into the photoluminescence properties of BiSeI microcrystals, leading to the development of a recombination model describing processes associated with multiple defect states. The findings provide valuable insights into the defect structure and recombination mechanisms of BiSeI, laying the foundation for future research into its potential applications in optoelectronic devices.
3. A controllable fabrication approach for Sb₂Se₃ thin film absorbers with significantly enhanced grain orientations combining RF-magnetron sputtering and post-thermal selenization in an inert gas at elevated pressures was developed. The film structure was studied by X-ray diffraction. Improved grain orientations in the Sb₂Se₃ thin film closely aligning with the c-axis, especially in the [002] direction without compromising the surface compactness was obtained with the isothermal selenization process at 380° C and 300 Torr of Ar-pressure at RT. The developed Sb₂Se₃ thin films with desired grain orientation enabled to increase the photocurrent of the ZnO:Al/CdS/Sb₂Se₃/Mo/BSG thin film solar cells.
4. The impact of various indoor light sources and light incidence angles on the performance of CZTS monolayer solar cells was examined. Results revealed that within the illumination angle range of 30°–60°, CZTS cells experienced a smaller efficiency decline compared to c-Si cells. This superior relative efficiency of CZTS cells was attributed to the absorber material's morphology, which facilitates internal light reflection. Among the tested light sources, the LED lamp with a 3000K color temperature proved to be the most compatible with CZTS cells, as its "warm" light spectrum aligned well with the material's bandgap characteristics.
5. The ultraviolet photoelectron spectroscopy (UPS) measurements in the study provided insights into the electronic properties of FeS₂ pyrite microcrystals. They revealed variations in the work function and valence band edge position based on the flux media used during synthesis. This information is essential for understanding the influence of flux-induced defects and impurities on the electronic structure of the material. By analyzing the shifts in electronic levels, the study highlighted how flux materials can be tailored to optimize pyrite for specific optoelectronic applications.
6. In close cooperation with Aalto university, oriented nanocomposite coatings based on pre-ceramic polymer polysilazane and carbon nanotubes were prepared and studied for the first time. Elaborated coatings can be potentially

applied for encapsulation of the solar cells and as protective material for other applications in thin-film technologies.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Euroopa roheleppe ambitsioonikas eesmärk muuta Euroopa 2050. aastaks kliimanetraalseks tähendab üleminekut taastuenergiatehnoloogiatele. Vastamaks kiiresti kasvavale nõudlusele päikeseenergia tootmise võimsuste järele, tuleb välja töötada tehnoloogiad, mis on ökoloogiliselt jätkusuutlikumad, tõhusamad ning võimaldavad mitmekülgsemaid rakendusi, et asendada esimese põlvkonna räni päikesepaneelid, mis domineerivad päikesepaneelide maastikul.

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori uurimisrühma peamine eesmärk on teha oluline läbimurre kesteriitsetel ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ - CZTS) materjalidel põhinevate painduvate päikesepaneelide tehnoloogiates. Selline läbimurre võimaldaks nende päikesepaneelide integreerimist erinevatesse rakendustesse, alates kaasaskantavast elektroonikast kuni hoonetesse integreeritud lahendusteni (BIPV). Painduvate päikesepaneelide tehnoloogiate arendamine avab uued võimalused päikeseenergia kasutamiseks keskkondades ja tööstusharudes, kus tavapärased jäigad päikesepaneelid ei oleks otstarbekad.

Inglise keeles

The European Green Deal's ambitious objective of achieving climate neutrality by 2050 necessitates a shift to renewable energy technologies. Addressing the increasing demand for solar power capacity requires the development of more ecologically sustainable, efficient, and versatile technologies to replace the predominant first-generation silicon solar panels.

The primary focus of the Laboratory of Photovoltaic Materials is to achieve a significant breakthrough in flexible solar panel technologies using kesterite ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ - CZTS) materials. Such advancements would allow the integration of these solar panels across diverse applications, ranging from portable electronics to building-integrated solutions (BIPV). The development of flexible solar panel technologies creates new opportunities for utilizing solar energy in environments and industries where conventional rigid solar panels may not be practical.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

- * crystalsol GmbH- arendab Taltech-is väljatöötatud monoterakiht-päikesepaneelide tehnoloogiat <https://www.crystalsol.com/>
- * Roofit Solar Energy OÜ– ehitisintegreeritud päikesepaneelide vastupidavuse suurendamine keskkonna mõjudele läbi polümeersehermeetiku parendamine (LEKEE20041)
- * Elcogen AS- kütuseelementide tootmise kvaliteedikontroll ja tootaarenduse uuringud SEM-EDX ja Raman meetoditel.
- * Stargate Hydrogen Solutions OÜ- uut tüüpi elektrolüüserite arendus, materjalide uuringud
- * Up Catalyst OÜ - Loodussõbralikul tehnoloogial baseeruv süsinikmaterjalide (grafiit, süsiniknanotorud) tootmise väljatöötamine. Katsetootmisel saadud näidiste uurimine SEM-EDS ja Raman meetoditel.
- * Stoneridge Electronics AS, Enics Eesti AS; ABB AS; Ericsson Eesti AS - Elektroonikakomponentide ja nendest valmistatud integraalskeemide kvaliteedikontroll SEM-EDS meetoditel. Riknenud skeemide purunemise põhjuste uurimine.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Uurimisrühma kasutuses olev taristu võimaldab uurida nii materjalide elektronstruktuuri, defektstruktuuri, faasi- ja elementkoostist, kristallstruktuuri, morfoloogiat, elektrilisi ning optilisi omadusi. Peale materjalide omaduste uuringute pakume võimalust sadestada õhukesekilelisi pinnakatteid füüsikaliste sadestustehnoloogiatega.

- * Termilised käsitlused erinevates keskkondades temperatuuridel kuni 1200 kraadi;
- * Kvaliteetsete mikrokristalliliste pooljuhtmaterjalide süntees sulasoolades.
- * Keskkonnasõbralike materjalide ja tehnoloogiate arendamine hoonesse integreeritud (BIPV) päikesepaneelirakenduste jaoks.
- * Metallide, metallioksiidide ja -kalkogeniidi õhukeste kilede sadestamine füüsikaliste sadestustehnoloogiate abil.
- * Materjalide ja seadmete (päikesepatareid, laserid, valgusdiodid, andurid jne) optiline ja elektriline iseloomustus.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

1.4 Keemiateadused

CERCSi teaduserialad:

P265 Pooljuhtide füüsika

T150 Materjalitehnoloogia

T140 Energeetika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Uurimisrühm kasutab kõrgtasemel teadustaristut, sealhulgas

* skaneeriv elektronmikroskoop HR-SEM (Merlin, tuumiktaristu NAMUR+ objekt ja Zeiss Ultra 55),

* röntgen-fotoelektronspektromeeter- XPS (Kratos Analytical Ltd),

* Raman spektromeeter (Horiba),

* integreeritud SEM-Raman-CL mõõtesüsteem (Renishaw),

* aatomjõu mikroskoop- AFM (Bruker Multimode 8),

* PL analüüsi süsteem,

* mahtuvusspektroskoopia süsteem,

* UV-VIS-NIR spektromeeter,

* DTA (NETZSCH),

* päikesesimulaator (Newport),

* kvantefektiivsuse seade (Sciencetech Inc).

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Maarja Grossberg-Kuusk - TalTechi esindaja European Energy Research Alliance -

Joint Programme in Photovoltaics (EERA PV-s), Academia.net liige.

Taavi Raadik - Taltech'i esindajana ESA Eesti teaduse konsortiumi juhtkomitees (Taltech, TÜ ja KBFI)

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- IREC, Fundacio Institut de Recerca de L'energia de Catalunya
- Center for Physical Sciences and Technology (FTMC), Vilnius, Leedu
- Technical University of Denmark; DGIST; National Institute of Materials Physics (NIMP), Rumeenia; Euroopa Kosmoseagentuur; Poola Teaduste Akadeemia; Four Point; SKA Polska; Astrom

Eesti partnerid:

- Tartu ülikool, Keemia instituut ja Füüsika instituut
- Keemilise ja Bioloogilise Füüsika (koostöö kosmose temaatikal)
- Tartu Ülikooli Observatoorium (kosmose temaatikal)

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Valik Eesti avalikkusele suunatud teavitustegevusest 2024 aastal:

* 22.11.24 Sirp "Ringmajanduse võimalustest päikeseenergeetikas"

* Juuli 2024 Osalemine näitusel "Not A Woman's Job?: Changing Faces of Science and Tech", mille avamine toimus 2. juulil 2024 ÜRO Plais des Nation'is.

Digitaalne näitus on üleval: Permanent Missions (ungeneva.org).

* 6.09.2024 Postimehe veerg Teadlase pilguga, koos Krista Fischeriga
"Reaalteadused vajavad rohkem naisi"

* 10.08.2024 Arvamusfestivali arutelupaneelis osalemine "„Rohkem naisi reaalteadustesse!“ (Paide, Arvamusfestival).

* 22.04.2024 Ärileht "Roheliste energiatehnoloogiate spetsialiste ootab ees lai tööpõld",

<https://arileht.delfi.ee/artikkel/120286818/roheliste-energiatehnoloogiate-spetsialiste-ootab-ees-lai-toopold>

* 15.03.2024 TööstusEST artikkel „Teadlane dilemma ees – kas teha teadust või siseneda ärimaailma? Teadlane dilemma ees – kas teha teadust või siseneda ärimaailma - TööstusEST (toostusest.ee)

* 27.02.2024 Podcast karjäärast naisteadlasena päikeseenergeetika tehnoloogiate arendamise valdkonnas ja tööelu ning isikliku elu kombineerimise väljakutsetest teadlase, juhi ja pereemana:

<https://podcast.ee/taltech-podcast/taltech-taskus-maarja-grossberg-kuusk-teadusel-on-votmeroll-meie-uhiskonna-jatkusuutlikus-arengus>

* 16.02.2024 Postimees Teadus:

<https://teadus.postimees.ee/7961698/sammhaaval-uha-paremate-paikeseptareide-pole>

* 8.02.2024 Ajakiri Horisont:

<https://www.loodusajakiri.ee/intervjuu-sammhaaval-uha-paremate-paikeseptareide-pole>

* 13.01.2024 Postimees Teadlase pilguga: MAARJA GROSSBERG-KUUSK }

Päikeseenergeetika väljakutse: mis saab päikesepaneelidest elukaare lõpus?
(postimees.ee)

* 8.01.2024 Novaator artikkel:

<https://novaator.err.ee/1609215421/akadeemik-toostuses-voiks-olla-rohkem-doktorikraadiga-juhte>

* <https://novaator.err.ee/1609301406/suvenev-energiakriis-annab-kosmose-paikeseelektrijaamadele-uu-e-hingamise>

* <https://novaator.err.ee/1609464775/lugeja-kusib-miks-katavad-paikesepargid-autoparklate-asetel-pollumaid>

* <https://arvamus.postimees.ee/8046555/katriin-kristmann-kirjeldan-praegu-uhete-usna-taiuslikku-naist-ehk-insener-barbid-rajavad-teed>

* <https://trialoog.taltech.ee/taltech-i-doktorandi-unistus-paikese-park-kuul/>

* <https://taltech.ee/uudised/taltech-panustab-kosmosevaldkonda-koos-itaalia-ulikooliga>

* <https://vikerraadio.err.ee/1609429498/katriin-kristmann-eesti-vaiksus-on-maailmas-meie-eelis>

* <https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/tudengisatelliidi-juht-katriin-kristmann-sai-usas-kosmilise-kogemuse/>

* <https://menu.err.ee/1609474531/taltech-i-doktorant-tahab-uu-e-polvkonna-paikese-paneelid-kuule-viia>

* <https://novaator.err.ee/1609237239/kassikuld-voib-osutada-elektroonikatoostuses-kullast-kallimaks>

* <https://researchinestonia.eu/2024/04/29/solar-park-on-the-moon/>

* Kuku Raadio - Kukuv Õun saade 03.12.2024 - Eesti kui kosmoseriik (Katriin Kristmann)

* Eeva Esse teadussaade "Ja nii ongi" Hooaeg 1 osa 2 Eesti Kosmoseriigina (Katriin Kristmann)

* Tehnoloogia animatsioon

- https://www.youtube.com/watch?v=Z98YleKJdEo&ab_channel=Astrostrom

Töötoad kooliõpilastele:

02.04 Kajamaa Põhikooli päikeseenergeetika alase töötoa läbi viimine

03-04.04 Uhtna Põhikoolis päikeseenergeetika alase töötoa läbi viimine

Osalemine Tallinna XXI Kooli ja Tallinna Tehnikaülikooli koostööprojektis Rakett 21, mida toetab Tallinna Haridusamet

- Valdkonna populariseerimine Taltech avatud uste päeval 27.02.2024.

- Valdkonna populariseerimine Teadlaste Ööl 27.09.2024.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

* Tallinna Tehnikaülikooli 2023. aasta parim teadusartikkel tehnika ja tehnoloogia valdkonnas. Kauk-Kuusik, Marit; Timmo, Kristi; Pilvet, Maris; Muska, Katri; Danilson, Mati; Krustok, Jüri; Josepson, Raavo; Mikli, Valdek; Grossberg, Maarja (2023). Cu₂ZnSnS₄ monograin layer solar cells for flexible photovoltaic applications. Journal of Materials Chemistry A, 11, 23640–23652.

* Maarja Grossberg-Kuusk: Riiklikult tunnustatud teaduse populariseerija 2024 kategoorias „Parim teaduse ja tehnoloogia populariseerija“

* Katriin Kristmann – Teaduste Akadeemia korraldatava "Teadus 3 minutiga" konkursi laureaat

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes

Kristi Timmo, TÜ Energiaühistu, nõukogu liige

Marit Kauk-Kuusik, TÜ Energiaühistu, nõukogu liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/paikeseneergeetika-materjalide-labor>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/laboratory-photovoltaic-materials>

2 Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Vitali Sõritski, juhtivteadur, vitali.syritski@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Vitali Sõritski, Doktor, juhtivteadur

Jekaterina Reut, Doktor, vanemlektor

Roman Boroznjak, Doktor, teadur

Akinrinade George Ayankajo, Doktor, teadur

Anna Kidakova, Doktor, teadur

Vu Bao Chau Nguyen, Magister, doktorant-nooremteadur

Võttesõnad

Eesti keeles

molekulaarselt jäljendatud polümeerid; sünteetilised retseptorid; sensorid; meditsiiniline diagnostika; PoCT; keskkonnaseire; covid-19 kiirtest

Inglise keeles

Molecularly Imprinted Polymers; synthetic receptors; chemical sensors; medical diagnostics; PoCT; environmental monitoring; COVID-19 express test

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühm tegeleb nutikate funktsionaalsete sensormaterjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitses ja meditsiinilises diagnostikas. Teadustöö on suunatud molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil biotundlike funktsionaalsete sensormaterjalide nn molekulaarselt jäljendatud polümeeride (MIP) väljatöötamisele. MIP sensormaterjale, erinevalt looduslikest retseptoritest, iseloomustab nende hea keemiline ja termiline stabiilsus, omaduste reprodutseeritavus ja valmistamise tehnoloogia odavus. MIP-de integreerimine piesogravimeetrilise, optilise või elektrokeemilise sensoriga võimaldab uuritava analüüti kvantitatiivset määramist märgisevabalt ja piisava tundlikkusega. Uurimisrühmal on välja töötatud lahendused MIP-sensorite valmistamiseks, mis on võimelised määrama nii keskkonna saasteaineid nagu antibiootikumid (sulfametisool, amoksitsilliin, erütromütsiin) kui ka kliiniliselt olulisi valke nagu IgG, neurotroofsed faktorid (BDNF, CDNF), viirusvalgud (SARS-CoV-2 nukleokapsiid- ja ogavalgud).

Rühma ülevaade inglise keeles

The group develops smart biosensing functional materials to propose solutions with considerable potential impact on essential areas of human life such as environmental protection and medical diagnostics. By employing the molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials so

called Molecularly Imprinted Polymers (MIP). The main benefits of MIPs is related to their synthetic nature, i.e. excellent chemical and thermal stability associated with reproducible, cost-effective fabrication. MIPs can be easily integrated with a variety of sensor platforms including piezogravimetric, optical and electrochemical transducers and allowing label-free detection of a target analyte with high sensitivity and selectivity. The group succeeded in developing the MIP-based sensors capable of determining sulfamethizole, amoxicillin, erythromycin as well as immunoglobulin G, neurotrophic factors (BDNF, CDNF) and viral proteins (SARS-Cov-2 nucleocapsid and spike proteins).

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG2113 Biomimeetilised polümeersed retseptorid integreeritud sensormassiiviga keeruliste keskkondade odavaks ja kiireks analüüsiks 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/a6ea9196-8788-4e48-ab7d-b93372bf1eb4>

PRG307 Sensormaterjalid molekulaarselt jäljendatud polümeeridest meditsiiniliseks diagnostikaks ja keskkonnaseireks 2019 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/532226b1-85b0-4f32-8593-31623a46988e>

TK218 Heaoluteaduste tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/822947c8-6e66-494a-8f2d-9e728d2a6b87>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Nguyen, Vu Bao Chau; Reut, Jekaterina; Rappich, Jörg; Hinrichs, Karsten; Syritski, Vitali (2024). Molecularly Imprinted Polymer-Based Electrochemical Sensor for the Detection of Azoxystrobin in Aqueous Media. *Polymers*, 16 (10), #1394. DOI: 10.3390/polym16101394.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8e862d2c-1096-4703-a2b0-c36cb331614b>

Nguyen, V. B. C.; Ayankojo, A. G.; Reut, J.; Rappich, J.; Furchner, A.; Hinrichs, K.; Syritski, V. (2023). Molecularly imprinted co-polymer for class-selective electrochemical detection of macrolide antibiotics in aqueous media. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 374, #132768. DOI:

10.1016/j.snb.2022.132768. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fafc215b-327b-49f5-bb01-36cc6ff54828>

Ayankojo, Akinrinade George; Reut, Jekaterina; Boroznjak, Roman; Syritski, Vitali (2025). Ruthenium oxide electrode integrated with molecularly imprinted polymer for direct electrochemical sensing of a neurotrophic factor protein. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 429, 137301. DOI:

10.1016/j.snb.2025.137301. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b94623ba-7f6e-4e99-8c4c-ae164a03346c>

Chau Nguyen, Vu Bao; Reut, Jekaterina; Ayankojo, Akinrinade George; Syritski, Vitali (2025). Direct electrochemical sensing of ampicillin in aqueous media by a ruthenium oxide electrode decorated with a molecularly imprinted polymer. *Talanta*, 287, #127580. DOI: 10.1016/j.talanta.2025.127580.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e08af12f-8985-4ab7-ab2c-05c2d80fb634>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

1. Töötati välja elektrokeemilisi sensoreid, kus molekulaarselt jäljendatud polümeeriga (MIP) modifitseeriti RuO₂ või ITO elektroodid ja sihtanalüütideks kasutati aju-pärotoluga neurotroofset faktorit (BDNF) kui neurodegeneratiivsete haiguste biomarkerit, ja hüdrokortisooni (HCT) kui stressi biomarkerit.

2. Koostöös LDI Innovation OÜ-ga (Eesti) ja prof. M. Saarma uurimisrühmaga (Soome) töötati välja peptiid-selektiivse MIP retseptori, mis oli võimeline sihtvalku (kasvufaktor X) ära tundma. Valmistatud peptiid-MIP integreeritud RuO₂-elektroodiga tuvastas edukalt kasvufaktori X veise loote seerumis füsioloogiliselt oluliste kontsentratsioonide piirides (~1 ng/mL).

3. Samuti töötati välja MIP-põhised elektrokeemilised sensorid, vesikeskkonna analüüsiks. RuO₂-elektroodi põhjal valmistatud ampitsilliin-selektiivne sensor võimaldas ampitsilliini otsest tuvastamist looduslikus tiigivees ilma välise redoksproovi kasutusega. Lisaks, valmistati fungitsiid-selektiivne sensor, mis tuvastas asoksüstrobiini keerukates vesikeskkondades kiiresti ja piisava tundlikkusega

Inglise keeles

1. Electrochemical sensors utilizing synthetic receptors based on molecularly imprinted polymers (MIPs) in combination with RuO₂ or ITO electrode systems are being developed to detect Brain-derived Neurotrophic Factor (BDNF), a biomarker for neurodegenerative disorders, and hydrocortisone (HCT), a biomarker for stress response.

2. In collaboration with LDI Innovation OÜ (Estonia) and Prof. M. Saarma's group (Finland), efforts were focused on developing a peptide-based MIP for detecting a target protein. Specifically, a pre-selected peptide of growth factor X was molecularly imprinted, and the resulting peptide-MIP, combined with RuO₂, successfully detected the growth factor at physiologically relevant concentrations (~1 ng/mL) in complex media, such as fetal bovine serum.

3. Electrochemical sensors for environmental applications were developed, targeting contaminants in water:

- An ampicillin-selective sensor, utilizing RuO₂, demonstrated direct detection of ampicillin in natural pond water without requiring external redox probes.
- A fungicide-selective sensor targeting azoxystrobin was successfully developed to operate in complex aqueous environments, showcasing its sensitivity and selectivity.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Odavad ja töökindlad analüütilised sedmed meditsiiniliseks diagnostikaks ja keskkonnaseireks, mis võimaldavad uusaldusväärset kiiranalüüsi vahetult sündmus kohal ja leivad kasutust kui:

- * patsiendimanuste testid või kantavad sensorid luues eeldused kaugdiagnostikaks ja personaliseeritud lähenemise;
- * kaasaskantavad analüsaatorid keskkonna ohtlike saasteainete madalate kontsentratsioonide reaajas mõõtmiseks olles alternatiiviks kallitele ja töömahukatele kromatograafilistele meetoditele.

Inglise keeles

Inexpensive and reliable analytical instruments for medical diagnostics and environmental monitoring, enabling dependable rapid analysis on-site and finding utility as:

- * patient point-of-care tests or wearable sensors, creating possibilities for remote diagnostics and personalized approaches;
- * portable analyzers for real-time measurement of low concentrations of hazardous environmental pollutants, serving as an alternative to costly and labor-intensive chromatographic methods.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

- * Sünteetiliste retseptorite valmistamine erinevate sihtmolekulide selektiivseks ära tundmiseks molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil. Nende baasil portatiivsete elektrokeemiliste sensorite arendus.
- * Osakeste ja molekulide suuruste analüüs dünaamilise valguse hajumise meetodil vedelas proovis
- * Molekulidevaheliste interaktsioonide märgisevaba detekteerimine reaal-ajas pinna plasmon resonantsile (SPR) põhineva tehnikaga.
- * Metallide korrosiooni uurimine erinevate elektrokeemiliste tehnikatega.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Arendatavate sensorite prototüüpimine, valideerimine ja kommercialiseerimine.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 5. Tervisetehnoloogiad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 1.4 Keemiateadused
- 2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused

CERCSi teaduserialad:

- T150 Materjalitehnoloogia
- P300 Analüütiline keemia
- P401 Elektrokeemia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

**Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:**

- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Institut für Silizium-Photovoltaik, Berlin, Germany
- Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS - e.V., Department Berlin, Germany
- University of Helsinki, Institute of Biotechnology

Eesti partnerid:

- Synlab Eesti OÜ, Tallinn
- Icosagen AS, Tartu
- LDI Innovation OÜ, Tallinn

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Populaarteaduslikud loengud gümnaasiumi õpilastele teemal "Molekulaarne jäljendamise võimalused ja väljakutsed".

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/biofunktsionaalsete-materjalide-labor>

Inglise keeles

3 Õhukesekileliste energiamaterjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Ilona Oja Acik, täisprofessor tenuuris, ilona.oja@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Ilona Oja Acik, Doktor, täisprofessor tenuuris
Malle Krunks, Teaduste kandidaat, täisprofessor tenuuris
Arvo Mere, Doktor, peaspetsialist
Tatjana Dedova, Doktor, vanemteadur
Merike Kriisa, Doktor, teadur
Nicolae Spalatu, Doktor, nooremprofessor
Atanas Katerski, Doktor, vanemteadur
Robert Krautmann, Doktor, teadur
Jekaterina Sydorenko, Doktor, teadur
Nimish Juneja, Magister, doktorant-nooremteadur
Sajeesh Vadakkedath Gopi, Magister, doktorant-nooremteadur
Mykhailo Koltsov, Magister, doktorant-nooremteadur
Maciej Sibiński, Doktor, sihtarahastusega professor
Ernest Adiyiah Asare, Magister, doktorant-nooremteadur
Daria Miliäieva, Doktor, järeldoktor-teadur
Hadeer Hussien Ahmed Hussien Saleh, Magister, doktorant-nooremteadur
Athulya Babu Suseela, Magister, doktorant-nooremteadur
Omoboyede Femi Igbari, Doktor, järeldoktor-teadur
Dumitru Untila, Doktor, järeldoktor-teadur
Thanh Tai Nguyen, Doktor, järeldoktor-teadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

päikesepatareid; õhukesed kiled; fotokatalüütilised pinnakatted

Inglise keeles

solar cells; thin films; photocatalytic coatings

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teaduslabori põhikompetentsid on: • metalloksiid ja -kalkogeniid õhukeste kilede ja nanostruktuursete kihtide väljatöötamine tööstuses rakendatavate keemilistening vaakummeetoditega; • päikesepatareid; • fotokatalüütilised pinnakatted. Rakenduslik arendustöö on suunatud päikeseelementidel põhinevate nutikate elektrit tootvate teekatendite väljatöötamisele, mille tootmisega on alustanud ülikooli spin-off ettevõtte E-Pavement.

Rühma ülevaade inglise keeles

The key competences of the Laboratory of Thin Film Chemical Technologies are: • Development of metal oxide and chalcogenide thin films and nanostructures by cost-effective chemical and vacuum based technologies. • Development of solar

cells. • Development of photocatalytic coatings.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG627 Antimon-kalkogeniid õhukesed kiled järgmise põlvkonna pool-läbipaistvatele päikeseelementidele kasutamiseks elektrit tootvates akendes 2020 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/c44f388b-a16e-40eb-8cbe-df21cdcacca8>

PSG689 Õhukesekilised vismutkalkogeniidid murrangulisele tulevase põlvkonna päikeseenergiatehnoloogiale 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/2a043522-540a-4625-98b6-96a712f0f7ec>

VFP20035 ERA CHAIR OF EMERGING NEXT-GENERATION PHOTOVOLTAICS 2020 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/deb9be51-cc55-4d3b-8bf2-55d03c2305d0>

VEU22058 Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel põhinevad päikeseplatareid – rahvusvaheline koostöövõrgustik teadus- ja arendustöö läbiviimiseks 2022 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/164807a9-1ab4-4dd3-9fd4-c3ee142d3eb4>

TF24020EK Jätkusuutliku rohevesiniku ja energiatehnoloogia tippkeskus 2024 - 2030 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e63bf598-2dc0-4f6e-9dfe-ccdb4b15342b>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Gopi, Sajeesh Vadakkedath; Spalatu, Nicolae; Katerski, Atanas; Kuliček, Jaroslav; Razek, Bohuslav; Ukrainsev, Egor; Bařinková, Markéta Šlapal; Zoppi, Guillaume; Grzibovskis, Raitis; Vembris, Aivars; Ignatane, Liga; Krunk, Malle; Oja Acik, Ilona (2024). An alternative chlorine-assisted optimization of CdS/Sb₂Se₃ solar cells: Towards understanding of chlorine incorporation mechanism. Journal of Alloys and Compounds, 1005, #176175. DOI: 10.1016/j.jallcom.2024.176175. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a0ae3143-9b94-454f-a0d2-34565736d64f>

Juneja, Nimish; Jegorov, Aistė; Grzibovskis, Raitis; Katerski, Atanas; Daskeviciene, Maryte; Malinauskas, Tadas; Vembris, Aivars; Karazhanov, Smagul; Spalatu, Nicolae; Getautis, Vytautas; Krunk, Malle; Oja Acik, Ilona (2024). Dopant-free fluorene based dimers linked with thiophene units as prospective hole transport materials for Sb₂S₃ solar cells. Sustainable Energy & Fuels, 8 (18), 4324–4334. DOI: 10.1039/d4se00472h. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ad4029c3-bc6b-4100-bb40-21707b0f8302>

Sydorenko, J.; Krunk, M.; Katerski, A.; Grzibovskis, R.; Vembris, A.; Mere, A.; Spalatu, N.; Oja Acik, I. (2024). Development of spray pyrolysis-synthesised Bi₂O₃ thin films for photocatalytic applications. RSC Advances, 14, 19648–19657. DOI: 10.1039/D4RA02907K. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8197d36f-d1fa-4895-b4ad-d88d017a7bf2>

Juneja, N.; Daskeviciute-Geguziene, S.; Spalatu, N.; Mandati, S.; Katerski, A.; Grzibovskis, R.; Vembris, A.; Karazhanov, S.; Getautis, V.; Krunk, M.; Oja Acik, I. (2024). Employment of dopant-free fluorene-based enamines as innovative hole transport materials to boost the transparency and performance of Sb₂S₃ based solar cells. Materials Science in Semiconductor Processing, 169, #107934. DOI: 10.1016/j.mssp.2023.107934. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8680dff6-9e64-4902-ad5f-26f6e03d4cf5>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

CdS/Sb₂Se₃ õhukesekileliste päikeseelementide arenduses tõestasime eksperimentaalselt Cl lisandi mõju CdS ja Sb₂Se₃ piirpinna omadustele ja näitasime, et 1 mM NH₄Cl lisamine Cl allikana CBD-sadestatud CdS-i võib suurendada CdS/Sb₂Se₃ päikeseelementide kasutegurit ~20%.

Töötasime välja β-Bi₂O₃ õhukeste kilede kasvuprotokollid USP meetodil. Kõrgeim fotokatalüütiline aktiivsus MO lagundamisele (48% 5 tunni jooksul) UV-A all registreeriti β-Bi₂O₃ kile puhul, mis sadestati 0, 1 M prekursorlahusega temperatuuril 300 °C ja kuumtöödeldi 1 tund temperatuuril 350 °C õhus.

Sb-kalkogeniidsetel materjalidel põhinevate poolläbipaistvate päikeseelementide väljaarenduses rakendasime erinevaid floureenipõhiseid orgaanilisi aukjuhtmaterjale. Uut tüüpi aukjuhtmaterjalide rakendamine võimaldas tõsta päikeseelemendi keskmise optiline läbilaskvuse nähtava valguse piirkonnas 33%-ni, kusjuures päikeseelemendi efektiivsus oli 4.9%.

Inglise keeles

In the development of CdS/Sb₂Se₃ thin film solar cells, we experimentally proved the effect of Cl dopant on the interfacial properties of CdS and Sb₂Se₃ and showed that adding 1 mM NH₄Cl as a Cl source to CBD-deposited CdS can increase the efficiency of CdS/Sb₂Se₃ solar cells by ~20%.

We developed protocols for the growth of β-Bi₂O₃ thin films using the USP method. The highest photocatalytic activity for MO degradation (48% in 5 h) under UV-A was recorded for the β-Bi₂O₃ film deposited with a 0.1 M precursor solution at 300 °C and heat-treated for 1 h at 350 °C in air.

In the development of semi-transparent solar cells based on Sb-chalcogenide materials, the application of fluorene-based organic hole-conducting materials resulted in solar cell efficiency of 4.9% and average visible transmittance of 33%.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakumisega

Eesti keeles

Gümnasistidele suunatud töötuba „Tule ehita endale päikesepaneel“

<https://www.youtube.com/watch?v=UNxZtavravI>

<https://www.facebook.com/ylikool/videos/tee-endale-ise-p%C3%A4ikesepaneel/819372735967151/>

Inglise keeles

Workshop aimed at high school students "Come build your own solar panel"

<https://www.youtube.com/watch?v=UNxZtavravI>

<https://www.facebook.com/ylikool/videos/tee-endale-ise-p%C3%A4ikesepaneel/819372735967151/>

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Arvo Mere Spin-off ettevõtte e-pavement OÜ kaasasutaja

LEP19036 Päikeseelektrit tootvate teekatendite arendamine ja kasutuselevõtt

SS19007 Tark teekatend

LEP17023B Nordic e-pavement

GFKEKIOA23 Aerodünaamilise piirpinna kasutamine fotokatalüütiliste reaktsioonide skaleerimiseks

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Õhukeselelised poolläbipaistvad päikeseelemendid.

Siseruumides töötavad seadisintegreeritud päikeseelemendid.

Isepuhastuvad, antimikroobsed ja siseruumi õhku lenduvatest orgaanilistest ühenditest puhastavad pinnakatted.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisrühma leiutiste kommertisaliseerimine.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.5 Materjalitehnika
- 2.10 Nanotehnoloogia

CERCSi teaduserialad:

- T150 Materjalitehnoloogia
- T155 Pinded ja pinnatehnoloogia
- T140 Energeetika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Uurimisrühmal on olemas baas TA taristu - nii tehnoloogiline materjalide ja seadiste valmistamiseks kui ka nende füüsiko-keemiliste omaduste karakteriseerimiseks.

Olmeasolev tehnoloogiline taristu on vananenud ja vajab uuendamist, et püsida maailma mastaabis konkurentsivõimeline ja pakkuda uusi tehnoloogilisi lahendusi ettevõtetele.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
VEU22058, H2020, COST projekt CA21148, Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel
põhinevad päikesepatareid – rahvusvaheline koostöövõrgustik teadus- ja
arendustöö läbiviimiseks
[<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/164807a9-1ab4-4dd3-9fd4-c3ee142d3eb4>],

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- University of Liverpool, Füüsika instituut
- Helmholtz Zentrum Berlin, PVComB
- CTF Solar GmbH

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool Keemia Instituut, Füüsika Instituut
- Tartu Ülikool, Füüsika Instituut
- Solarstone OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

<https://researchinestonia.eu/2023/04/14/if-you-are-indoors-right-now-there-are-up-to-200-different-toxic-substances-around-you-researchers-created-a-glass-that-can-get-rid-of-them/>

<https://www.airbaltic.com/about/press/outlook/uploads/august2023.pdf>

<https://taltech.ee/uudised/uliohuke-paikesepaneel-avab-energia-tootmisele-uued-uksed>

<https://rohe.geenius.ee/rubriik/rohetehnoloogia/tallinnas-alustatakse-energiakriisi-lahendamist-tulevikus-on-maailma-poldudel-ja-ehitistel-paikesepaneelid-kergemad-ning-tohusamad/>

<https://teadus.postimees.ee/7796329/tallinnas-alustatakse-energiakriisi-lahendamist-paikesepaneelid-poldudel-ja-ehitistel-saavad-kergemaks-ning-tohusamaks>

<https://vikerraadio.err.ee/1608998228/labor-kohrekulumine-ja-selle-ravi/1197d254b92e6d80fad0d6a4e8fcf9a9>

<https://novaator.err.ee/1609009796/paikeseneergeetika-tulevikku-kujundavad-kilepinnad-ja-tandempaneelid>

<https://etvpluss.err.ee/1609006148/kofe-alates-kell-8:30>
[<https://etvpluss.err.ee/1609006148/kofe%20alates%20kell%208:30>]

<https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/taltech-teadlased-viie-aastaga-laieneb-paikeseneergeetika-lahenduste-valik-margatavalt/>

<https://www.facebook.com/LabTFEnergyMat>

<https://twitter.com/5GSolar>

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/laborid-ja-teenused/ohukesekileliste-energiamaterjalide-teaduslabor>

<https://news.err.ee/1609238850/the-thinner-the-better-from-silicon-solar-cell-to-photovoltaics-of-tomorrow>

<https://novaator.err.ee/1609243563/kleenukesed-paikeseelemendid-aitaks-valtida-ranipaneelootavat-kriisi>

<https://news.err.ee/1609329057/solar-cells-from-taltech-to-upsurge-internet-of-things-expansion>

<https://novaator.err.ee/1609328817/asjade-interneti-levikule-tootavad-anda-hoogu-erilised-paikesepaneelid>

<https://novaator.err.ee/1609328013/uue-polvkonna-paikesepaneelid-muudavad-kodu-paikeseptareiks>

<https://novaator.err.ee/1609530103/uued-materjalid-annavad-paikeseautodele-elulootuse>

<https://www.openaccessgovernment.org/article/5gsolar-on-track-for-effective-project-commercialisation/177868/>

<https://www.openaccessgovernment.org/article/building-integrated-photovoltaics-in-practical-use-the-5gsolar-thin-film-device-perspective/186505/>

<https://www.akadeemia.ee/wp-content/uploads/2024/10/sajeesh-vadakkedath-gopi.pdf>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes

Arvo Mere, Solaride, mentor

Roofit Solar Energy OÜ, nõunik

Malle Krunk, e-pavement OÜ, teadusnõunik

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut-keemiliste-kiletehnoloogiate-teaduslabor>

Inglise keeles

4 Puidutehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Jaan Kers, kaasprofessor tenuuris, jaan.kers@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jaan Kers, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Triinu Poltimäe, Doktor, vanemlektor
Karmo Kiiman, Magister, lektor
Anti Rohumaa, Doktor, teadur
Heikko Kallakas, Doktor, nooremprofessor
Percy Festus Alao, Doktor, teadur
Silvi Treial, Magister, lektor
Margus Kangur, kutseharidus pärast keskharidust, tehnik
Tanuth Kattamanchi, Magister, doktorant-nooremteadur
Catherine Kilumets, Magister, doktorant-nooremteadur
Akkurt Tolgay, Magister, doktorant-nooremteadur
Paula Eda Stoicescu, Magister, doktorant-nooremteadur
Laura Kaljula, Magistrikraad,
Loretta Kalju, Kõrgharidus, insener
Joonas Lauri Hakonen, Kõrgharidus, insener

Võtmesõnad

Eesti keeles

spoon; vineer; tselluloos; puitpolümeerkomposiidid; puitplastkomposiidid; looduslikud komposiidid; tulekindlus; ehitusmaterjalid; inseneripuit; mööbel; pehme mööbel

Inglise keeles

veneer; plywood; wood-polymer composites; agro-crop and natural fibre composites; fire resistance, bio-based adhesives testing, furniture and upholstery furniture products development and testing

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Puidutehnoloogia labor tegeleb madalakvaliteediliste lehtpuuliikide väärimisega uurides spooni ja spoonipõhiste toodete pinnaomadusi ja nende mõju liimliite tugevusele. Puidupinnaomadused sõltuvad puiduehitusest, veesisaldusest ja töötlemisprotsessi parameetritest ning on õhuniiskuse tõttu ajas muutuvad. Puidutehnoloogia laboris on olemas spetsiaalne spooni ja vineeri tootmise liin, millega saab kontrollida tehnoloogilise protsessi parameetreid ja valmistada nõutud pinnakvaliteedi ja omadustega spooni ja vineeri. Koostöös liginullenergiahoonete uurimisrühmaga töötati Villu Kuke doktoritöös välja hügrotermilised kriteeriumid ristkihtpuitpaneelide kasutamiseks elamute projekteerimisel ja ehitamisel. Puidutehnoloogia laboris ja TalTech liginullenergiahoone testmajas uuritakse WoodLCC, projekti raames, kuidas mõjutavad niiskuse ja temperatuuri muutused pragude tekkimist ristkihtpuitpaneelides. Puidutehnoloogia laboris on üheks peamiseks uurimisteenaks biokomposiitide arendamine looduslikest kiududest (kanep, pilliroog). Percy Festus Alao doktoritöö tulemusena karakteriseeriti külmligu

kanepikiudusid nende kasutamiseks biokomposiitide sarrusena looduslikes ehitus- ja transpordisektori materjalides. Kasutusalaadest tulenevalt on oluline suurendada biokomposiitmaterjalide tuletokeomadusi, mida uuritakse koostöös ehituskonstruksioonide uurimisrühmaga. Koostöös polümeeride ja tekstiilitehnoloogia laboriga arendatakse välja termoplastsete omadustega tselluloosi derivaatidest uudseid biopolümeere ja biokomposiite kasutamiseks pakendites.

Rühma ülevaade inglise keeles

The Laboratory of Wood Technology investigates the possibilities for using the low-quality hardwood species in veneer and veneer based products by evaluating the impact of surface properties, quality to the bond strength development. In collaboration with nearly zero energy buildings research group, hygrothermal criteria were developed for using cross-laminated timber (CLT) panels in the design and construction of wooden buildings (PhD thesis of Villu Kukk). Within the framework of the WoodLCC project, the impact of moisture content and temperature to crack formation in CLT panels is investigated. Development of biocomposites and green composites from natural fiber and agro-crop (hemp fibres and reed) was also an important part of the research work conducted during the past year. As a result of the PhD thesis of Percy Festus Alao the frost-retted hemp fibres were characterised for use as reinforcement in biocomposites that can be used for construction or transportation applications. These applications require higher fire safety properties, which are developed together with structural engineering research group. In collaboration with the Laboratory of Polymer and Textile Technology, novel thermoplastic cellulose materials for further packaging applications are developed.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Puidutehnoloogia labor avaldas viimase 2 teadussaavutuste kohta artiklid madala kvaliteediga puiduliikide kasutamisel tulekindla tihendatud ja basaltkiuga tugevdatud vineeritoodete väljatöötamisel. Kokku avaldati Q1 ajakirjades seitse artiklit.

Inglise keeles

Laboratory of Wood technology published the recent scientific achievements in using low quality wood species in fire resistant densified and basalt fiber reinforced plywood products development. In total seven papers were published in Q1 Journals.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

AVALDASIME EESTI TEADUST RAHVUSVAHELISEL AREENIL TUTVUSTAVAS RESEARCH IN ESTONIA [<https://researchinestonia.eu/>] UUDISVOOS PUIDUTEHNOLOOGIA LABORI VIIMASE 2 AASTA UURIMISTÖÖ TULEMUSI KAJASTANUD ARTIKLI „LEPA JA HAAVA UUS ELU: TEADLASTE LÄBIMURRE EESTIST“ [<https://trialoog.taltech.ee/lepa-ja-haava-uus-elu-teadlaste-labimurre-eestist/>] INGLISE KEELES JA KAJASTASIME UURIMISTÖÖ PÕHITULEMUSI KA EESTI KEELES TRIALOOG PORTAALIS.

AVALDASIME EESTI KEELSE KÕRGKOOLIÕPIKU "PUIDU TÖÖTLEMINE" E-ÕPIKUNA (670LK) 2024 AASTA LÕPUS.

OSALEMINE EUROOPA TEADLASTE VÕRGUSTIKU ÜHISPROJEKTI JUHTKOMMITEE TEGEVUSTES UUE COST ACTION PROJEKTI CA22155 - NETWORK FOR FOREST BY-PRODUCTS CHARCOAL, RESIN, TAR, POTASH (EU-POTARCH) KÄIVITAMISEL.

Inglise keeles

We published the popular science article "The new application of alder and aspen in plywood products: the breakthrough of scientists from Estonia" in the Research in Estonia news stream, which presents Estonian science on the international scene, which reflected the results of the last 2 years of research of the wood technology laboratory, and we also reported the main results of the research in Estonian on the Trialoog portal.

We published the Estonian language higher education textbook "Wood processing" as an e-textbook (670 pages) at the end of 2024.

Participation in the activities of the joint project steering committee of the European network of researchers at the launch of the new COST Action project CA22155 - Network for forest by-products charcoal, resin, tar, potash

(EU-PoTaRCh).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Jõudsime ettevõtetega tehtud teaduskoostööga puidutehnoloogia laborist välja piloteerimiseni pool-tööstuslikus skaalas. Uurimistöö originaalsus seisneb uudse ioonse vedeliku põhise tuletõkkeaine immutus- ja pealekandmismeetodite tehnoloogilises uuringus. Uudne tuletõkkeaine on loodud spetsiaalselt puidupõhistele plaatmaterjalidele nagu vineer. Vineeritööstus vajab uusi keskkonna nõuetele vastavaid tuletõkkeaineid, millega töötlemine oleks hästi integreeritav tootmisprotsessi. Uurimistöö andis väärtuslikku teavet selle uudse tuletõkkeaine toimimise kohta erinevate vineeri pinnaspooni ja kanepikomposiitplaadi paksuste korral. Professor Alar Justi tuelgrupiga koostöös teostatud laboratoorsed tulekatsed koonuspõletiga võimaldasid väikeste kuludega välja valida parima tehnoloogia ja materjalipaksuse kombinatsiooni kasutamiseks pool-tööstuslikus skaalas läbiviidavates immutus ja tulekatsetes, mis suurendab nii vineeri kui kanepikomposiidi kasutamist ehitus- ja transpordisektoris.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

TA kompetents on erinevate puiduliikide füüsikaliste ja pinnaomaduste mõju pinna märguvusele ja liimliite tugevusele. Erinevate puiduliikide tugevusomaduste mõju kihiliste puittoodete tugevusomadustele. Looduslikest kiududest valmistatavate komposiitmaterjalide disain mikroehitusest kuni makroehituseni. Õhukeste puitmaterjalide immutatatvus tuletõkkeainega ja selle mõju tulekaitse omadustele.

Rakenduslikud uuringud on seotud vähekasutatud lehtpuiduliikidest ja biopõhistest jääkidest (pilliroog, kanepikiud) komposiitmaterjalide arendamisega. Puittoodete pinnakatete vastupidavusega väliskeskkonna tingiimustes.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö eesmärgiks on jõuda arendusprojektides väljatöötatud materjalide ja tehnoloogiatega laborist välja ja piloteerida neid tootmises. See õnnestus 2023 aastal koostöös Estonian Plywoodiga kui TalTech Spooni ja Vineeri T&A keskuses välja töötatud tehnoloogia haava- ja sanglepa spooni ning vineeri valmistamiseks leidis rakendust ettevõttes läbiviidud tehnoloogilistes katsetes. Seoses ettevõtete vajadustega oleme keskendunud puitmaterjalide ja biopõhiste komposiitide tulekindlusega töötlemiseks sobilike meetodite uurimisele, et tooted vastaksid ehitus- ja transpordisektoris kehtivatele tulekindluse nõuetele. Uurime ka pinnakatte tehnoloogiate mõju puidu pinnakatete vastupidavusele välistingimustes. Samuti uurime ja katsetame erinevaid biopõhiseid liime puidu liimimisel, kuna nendes nähakse suurt tuleviku potentsiaali fossiilse toorme järk-järgulisel asendamisel biopõhiseiga.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside väärastamine
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused

CERCSi teaduserialad:

T150 Materjalitehnoloogia

T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia

T152 Komposiitmaterjalid

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsoonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Puit on raskesti uuritav materjal oma rakulise ehituse ja keskkonnatingimuste mõjul ajas muutuvate füüsikaliste eomaduste tõttu. Puidutehnoloogia labori TA taristu on Põhjamaades ja Kesk-Euroopas unikaalne, sest võimaldab kontrollida puidu niiskust ja teisi füüsikalisi omadusi spoonipakust spooni lõiketöötlemisel, kuivatamisel, liimimisel ja vineeriks pressimisel reaalse tootmisega sarnastes tingimustes. Samuti saame kontrollida protsessi parameetreid puidu immutamisel tulekindlusega ning katsetada meetodi toimivuse uurimiseks tulekindlust. Protsessiparameetrite kontroll on väga

oluline vältimaks puidu niiskuse muutumisest tingitud materjali muutusi pinnaomaduste ja mehaanilise tugevuse katsetamisel, millel on suur mõju teadustöö tulemustele ja nende usaldusväärsusele. Teadustööks ja ettevõtluskoostööks oleks vaja Puidumajja ehitada ja paigaldada täiendavaid seadmeid nagu puidu konvektiivkuivatii ja 1m3 mahutavusega autoklaav puidu immutuseks. Praegu ei ole Puidumajas ühtegi m2 vaba ruumi nende seadmete paigaldamiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
OSALEMINE INNOVAWOODI ÜLDKOGU KORRALDAMISEL EESTIS JA OSALEMINE ORGANISATSIOONI LIIKMENA KOSOTÖÖPROJEKTIS 5 -G TIMBER. INNOVAWOOD ON 20 AASTA VANUNE ORGANISATSIOON, MIS ÜHENDAB NELJA EUROOPA METSA-, PUIDU- JA MÖÖBLITÖÖSTUSE VÕRGUSTIKKU, MILLES ON KOKKU ÜLE 60 LIIKMESORGANISATSIOONI 28 EUROOPA RIIGIST. OSALEMINE EUROOPA TEADLASTE VÕRGUSTIKU ÜHISPROJEKTI JUHTKOMMITEE TEGEVUSTES UUE COST ACTION PROJEKTI CA22155 - NETWORK FOR FOREST BY-PRODUCTS CHARCOAL, RESIN, TAR, POTASH (EU-POTARCH) KÄIVITAMISEL.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- USDA Forest Products Laboratory, Madison Wisconsin, USA
- InnoRenew Slovenia
- AgroParisTech; Aalto University; Mid Sweden University

Eesti partnerid:

- Rait AS; Estonian Plywood AS; Palonot OY; Onewood OÜ; Tartu Ülikool, Füüsikanstituut
- Eesti Maaülikool, Metsanduse ja inseneeria instituut.
- Eesti Kunstikadeemia

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Puidutehnoloogia labor viib 5 gümnaasiumi õpilastele materjalitehnoloogia kursuse raames igaastaselt läbi "Spoon- ja vineeri valmistamise praktikume". 2023 aasta sügisel osalesime "Teadlaste öö" üritusel ja kokku käis meie vineeri töötoas 45 inimest, kellest ligi pooled oli põhikooliiealised lapsed. Teadustöö tulemusi tutvustame Eestis toimuvatel konverentsidel ja seminaridel "Hiiumaa keskkonnapäev", Eesti Mööblitootjate Liidu, Tsentri ja Kagu-Eesti Puduklastri ühine aastakonverents Augustis 2023.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes
Puidutehnoloogia labori professor Jaan Kers osaleb Eesti Metsa ja Puidutööstuse juhatuse liikmena juhatuse töös ja TAIE tööühma töös. Samuti osaleb Jaan Kers Eesti Mööblitootjate Liidu juhatuse liikmena juhatuse töös ning tegeleb eelkõige erialaste ja haridusküsimustega.

Puidutehnoloogia labor pakub ettevõtetele puit- ja komposiitmaterjalide ja mööbli toodete katsetusteenust. Samuti viime läbi vastupidavuse ja Ilmastikukindluse katseid.

Iga tellimustöö on erinev ja sellele eelneb nõustamistöö, katsetusmetoodika alal ja peale töö läbiviimist tulemuste analüüsi tutvustamine ja arutelu.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/puidutehnoloogia-labor>

Inglise keeles

5 Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Sergei Preis, täisprofessor tenuuris, sergei.preis@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Sergei Preis, Doktor, täisprofessor tenuuris

Marina Kritševskaja, Doktor, kaasprofessor

Niina Dulova, Doktor, vanemteadur

Eneliis Kattel, Doktor, teadur

Juri Bolobajev, Doktor, vanemlektor

Priit Tikker, Doktor, teadur

Dmitri Nikitin, Doktor, doktorant-nooremteadur

Kristen Altof, Magister, doktorant-nooremteadur

Irina Petrotšenko, Magister, doktorant-nooremteadur

Daniel Anselm Teittinen, MSc, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

keskkonnatehnoloogia; veetöötlemine; õhupuhastus; pinnasepuhastus; süvaoksüdatsiooni protsessid; koroona impulsslektrilahenduse plasma; katalüüs; fotokatalüüs

Inglise keeles

environmental technology; water treatment; air cleaning; soil cleaning; advanced oxidation processes; pulsed corona discharge plasma; catalytic and photocatalytic processes

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühm on kompetentne keskkonnatehnoloogia probleemide lahenduses, mis sisaldab veetöötlemist, õhu- ja pinnasepuhastust, kus kasutatakse süvaoksüdatsiooni protsesse, koroona impulsslektrilahenduse plasmat, katalüütilisi ja fotokatalüütilisi protsesse. Uuritavad protsessid omavad suurt potentsiaali püsivate saasteainete ja mikrosasteainete eemaldamiseks veest, saastatud pinnastest ning heitgaasidest. Õhu töötlemist koroona impulss-elektrilahenduse plasmaga kui kõrge energiaefektiivsusega puhastusprotsessiga rakendatakse mikroorganismide, k.a viiruste hävitamiseks ning lenduvate orgaaniliste ühendite lagundamiseks.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group is competent in solving environmental technology problems, including water treatment, air and soil cleaning by using advanced oxidation processes, pulsed corona discharge plasma, catalytic and photocatalytic processes.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TF24021EK2 Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus 2024 - 2030 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/58da913f-95cc-484a-82ba-09036de54be7>

ETAG22018 Alumiiniumi sisaldavate toormaterjalide kasutamine alumiiniummetalli, muude metallide ja ühendite tootmiseks 2022 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/5a10582c-9c94-4862-991f-96924265320f>

VIR23025 Sademevee puhastamine ehitus- ja lammutusjäätmetega 2023 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4d4b3ed6-176e-4357-917b-7796d862e326>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Tikker, P.; Nikitin, D.; Preis, S. (2022). Oxidation of aqueous bisphenols A and S by pulsed corona discharge: Impacts of process control parameters and oxidation products identification. Chemical Engineering Journal, 438, #135602. DOI: 10.1016/j.cej.2022.135602.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/9b605bb0-1ce8-4b8b-94cb-5dc8803e337d>

Nikitin, D.; Preis, S.; Dulova, N. (2024). Degradation of imidazolium-based ionic liquids by UV photolysis and pulsed corona discharge: The effect of persulfates addition. Separation and Purification Technology, 344, #127235. DOI: 10.1016/j.seppur.2024.127235.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d3bde8d2-2244-49c1-a4bb-d1ef39ba65e5>

Altöf, Kristen; Krichevskaya, Marina; Preis, Sergei; Tähemaa, Toivo; Bolobajev, Juri (2024). Ozone-assisted degradation of 2-methoxyethanol in a prototype plug flow photocatalytic reactor. Chemical Engineering Journal, 481, #148488. DOI: 10.1016/j.cej.2023.148488.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/197393fb-2b8a-496f-827c-c57272fc809d>

Altöf, Kristen; Krichevskaya, Marina; Preis, Sergei; Bolobajev, Juri (2024). Oxidation of Airborne m-Xylene in Pulsed Corona Discharge: Impact of Water Sprinkling. ChemEngineering, 8 (5), #99. DOI: 10.3390/chemengineering8050099. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/9ee52718-edd0-4f73-927f-a027710fa490>

Petrochenko, Irina; Preis, Sergei (2024). Aqueous bromide oxidized with pulsed corona discharge. Journal of Electrostatics, 132, #103978. DOI: 10.1016/j.elstat.2024.103978.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8829220b-67e2-4b89-9b24-b7fbc5c5fd95>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2024. aastal rühm osales kahes rahvusvahelistes projektides:

Utilization of Aluminium-Bearing Raw Materials for the Production of Aluminium Metal, Other Metals and Compounds“ (ABtomat) - ERA-MIN3 programme;

CB0100091, Stormwater purification with construction and demolition waste (StoPWa) - InterReg Central Baltic Programme 2021-2027

Mõlemate projektide vahearuanded on finantseerivate organisatsioonide poolt heakskiidetud. Tulemused on avaldatud konverentsil:

22nd International Metallurgy and Materials Congress (IMMC'24), Istanbul, September 19-21, 2024

Preis, S., Pilař, L. Adsorbents from lignite fly ash capturing heavy metals and CO₂. Oral presentation

Uurimisrühm ühines tipp-keskusega TF24021EK2 (TK228U4) "Centre of Excellence in Circular Economy for Strategic Mineral and Carbon Resources" (01.01.2024–31.12.2030). EV Haridus- ja Teadusministeerium. Projekti raames rühm avaldas kolm teadusartiklit.

Inglise keeles

In 2024 the Laboratory participated in two international projects:

Utilization of Aluminium-Bearing Raw Materials for the Production of Aluminium Metal, Other Metals and Compounds" (ABtomat) - ERA-MIN3 programme;

CB0100091, Stormwater purification with construction and demolition waste (StoPWa) - InterReg Central Baltic Programme 2021-2027

Interim reports of the projects were approved by the financing organisations. The results were published in an international conference:

22nd International Metallurgy and Materials Congress (IMMC'24), Istanbul, September 19-21, 2024

Preis, S., Pilař, L. Adsorbents from lignite fly ash capturing heavy metals and CO₂. Oral presentation

The Laboratory joined the Centre of Expertise TF24021EK2 (TK228U4) "Centre of Excellence in Circular Economy for Strategic Mineral and Carbon Resources" (01.01.2024–31.12.2030); Financier: Ministry of Education and Research. Withing the year, three research articles were published in international scientific journals.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

2024. aastal viidi läbi uuring fotokatalüütilise reaktori skaleerimise e suurendamise kohta õhu puhastamiseks lenduvatest orgaanilistest ühenditest. Uue reaktori arendamine võimaldas tõsta töödeldava õhu mahtu 0,03-lt 1-10 m³/h-le. Reaktori konstruktsioon võimaldab kasutada nii kunstlikku kui ka päikesekiirgust katalüsaatori aktiveerimiseks. Õhupuhastusreaktori mitmeparametriline katsetamise ja optimeerimise uuring on avaldatud ajakirjas Chemical Engineering

Journal (Q1, IF 15.1; 3rd of 75 in Environmental Engineering; 6th of 160 in Chemical Engineering).

Inglise keeles

In 2024, the research in upscaling of photocatalytic reactor for air purification from volatile organic compounds (VOCs) was completed. The new reactor allows treatment of air in amount of 1 to 10 m³/h. The reactor construction is able to utilize both artificial and natural solar light activating the photocatalyst. The research results were accepted for publication in Chemical Engineering Journal (Q1, IF 15.1; 3rd of 75 in Environmental Engineering; 6th of 160 in Chemical Engineering).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Uurimisrühm on kompetentne joogi-, ringlus- ja heitvete puhastustehnoloogiates ning õhupuhastustehnoloogiates ja on võimeline pakkuda lahendusi vee ja õhu probleemidele. Rühmas on kõrge kompetents ja taristu õhu ja vee analüüsides. Kogemused on kogutud ka pinnase ja teiste tahkefaaside analüüsis ja tehnoloogiates.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.7 Keskkonnatehnika

2.4 Keemiatehnika

CERCSi teaduserialad:

P305 Keskkonnakeemia

T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll

T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- South China University of Technology, School of Environment and Energy, PR China
- South China University of Technology, PRChina, The Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters
- School of Biosciences and Biopharmaceutics, Guangdong Pharmaceutical University, PR China

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Postimees:

<https://www.postimees.ee/7797418/liigne-veetarbimine-voib-rikkuda-pohjavee>

16. juuni 2023, 17:16

TV3 uudised:

<https://play.tv3.ee/clips/miniseire-suur-sojamae-polengu-jargselt,clip-5618828>

24.05.2023 | 3 min

TTÜ ettevõtlusosakonna üritus:

<https://www.facebook.com/profile.php?id=100068490382425>

Eesti Vee-ettevõtete Liit

27.09.2023

Teadus vee-ettevõtluse teenistuses

27. septembril toimus TalTechi infopäev vee-ettevõtetele. Ürituse eesmärk oli leida uusimatele teadustulemustele parimaid võimalikke praktilisi rakendusi.

Infopäeval kõneles kaasprofessor tenuuris Ivar Annus joogivee kvaliteedi modelleerimisest, dr Juri Bolobajev Keskkonnatehnoloogia teaduslaborist võttis lühidalt kokku rahvusvahelise projekti LIFE ALCHEMIA „Toward a smart & integral treatment of natural radioactivity in water provision services“ käigus saadud uued teadmised ja nende võimalikud rakendused.

Sergei Preis (täisprofessor tenuuris) rääkis uutest energiatõhusatest tehnoloogiatest ja dr Olev Sokk vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühmast tutvustas segregeeritud mikroorganismide koosluste rakendusi reoveepuhastuse aktiivmuda protsessides.

Juttu tuli veel lõhnaärastusest: kaasprofessor dr Marina Kritševskaja kõneles lenduvate orgaaniliste ühendite energiatõhusast oksüdatsioonist õhus kombineeritud meetodiga: madaltemperatuurilise plasmaga töötlemine niisutavas reaktoris järgneva fotokatalüütilise oksüdatsiooniga osooni juuresolekul.

Esinemistele järgnes arutelu.

EVEL-I esindajana käis kohal tegevjuht Raili Kärmas.

Foto: Raili Kärmas

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/en/laboratory-environmental-technology>

Inglise keeles

6 Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium

Uurimisrühma juht

Andres Trikkel, täisprofessor teneuris, andres.trikkel@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Andres Trikkel, Doktor, täisprofessor teneuris

Mai Uibu, Doktor, vanemteadur

Kaia Tõnsuaadu, Doktor, vanemteadur

Rein Kuusik, Teaduste kandidaat, vanemteadur

Tiit Kaljuvee, Teaduste kandidaat, vanemteadur

Kadriann Tamm, Doktor, teadur

Can Rüstü Yörük, Doktor, vanemteadur

Mustafa Cem Usta, Doktor, teadur

Ana Jurkeviciute, Doktor,

Marve Einard, Kõrgharidus, keemiainsener

Ruhany Sheherazad Azeez, Magister, doktorant-nooremteadur

Eliise-Koidula Kivimäe, Magister, doktorant-nooremteadur

Adheena Thomas, Magister, doktorant-nooremteadur

Ademola Michael Adegbile, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

fosforiit; graptoliitargilliit; põlevkivituhk; sadestatud kaltsiumkarbonaat; kasvuhoonegaasid; termiline analüüs

Inglise keeles

phosphorite; graptolite-argillite; oil shale ash; precipitated calcium carbonate; GHG; thermal analysis

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Labor tegutseb kolmel prioriteetsel suunal nii globaalselt kui Eesti riigi

võtmes: • Kriitiliste toormete ressursibaasi laiendamine alus- ja

rakendusuringutega Eesti fosforiidi ja kaasnevate mineraalide

(graptoliitargilliit) väärdamise uute jätkusuutlike meetodite väljatöötamiseks

- väärtuslike komponentide nagu fosfori, vanaadiumi ja haruldaste muldmetallide eraldamiseks; • Kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine kui rohepöörde üks

oluline eesmärk, mis hõlmab aluseliste tööstusjäätmete (põlevkivituhk,

klinkritolm) kiirendatud karboniseerimise protsesside ning kütuste hapnikus

põletamise kui sobiva CO₂ püüdmistehnoloogia keemilis-tehnoloogiliste aluste

väljatöötamise. Võimalikud rakendused on ehitusmaterjalide saamine koos

samaaegse CO₂ sidumisega; • Põlevkivituha taaskasutamise rakendusuringud

sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks koos tekkivate jäätmete kompleksse

ärakasutamisega.

Rühma ülevaade inglise keeles

The activities of the laboratory are focused on three priority directions both globally and in the key of Estonian future: • Expanding the resource base of critical raw materials with basic and applied research for the development of new sustainable methods for the valorisation of Estonian phosphorite and associated minerals (graptoliteargillite) - for the selective separation of valuable components such as phosphorus, vanadium and rare earths; • Reducing greenhouse gas emissions which is one of the key objectives of the green turn, including development of chemical-technological bases of accelerated carbonation processes for alkaline industrial wastes (oil shale ash, clinker dust) as well as oxy-fuel combustion of fuels as a promising method for CO₂ capture. The possible applications are aimed to make construction materials together with simultaneous binding of CO₂; • Applied research to reuse oil shale ash for the production of a valuable product - precipitated calcium carbonate - on an industrial scale with the possibly complete utilization of the generated residues.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1779 Fosforvæetised ja haruldased metallid jäätmevabalt Eesti fosforiidist 2023 - 2027
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f20d13cc-b55f-4275-83d0-0d40d301b552>

TF24021 Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus 2024 - 2030
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/06f7ec43-b7d8-4b0c-8321-7c8eb1de7b47>

TEM-TA87 Mineraalsete kaevandus- ja tööstusjäätmete kompleksne väärimine teisese toormena ehitusmaterjalide ja hüdrometallurgia kontekstis 2024 - 2028
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/96b4d794-2653-4aa7-89d6-00ae27244bd9>

TEM-TA100 Fosforiidi kaastoormete omaduste varieeruvus ja väärimise võimalused 2024 - 2028
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/93da0d5a-b74e-4ef4-8b34-0b2c11b58987>

RESTA23 Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemistehnoloogiad 2020 - 2023
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/61bafc82-a76d-4b44-9804-6a98da8376b7>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Tõnsuaadu, Kaia; Kallas, Juha; Kallaste, Toivo; Urtson, Kristjan; Einard, Marve; Martin, Rasmus; Kuusik, Rein; Triikkel, Andres (2023). Estonian Phosphate Rock Dissolution in Hydrochloric Acid: Optimization of Acid Dosage and Concentration. Minerals, 13 (4), #578. DOI: 10.3390/min13040578.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/883b8d2a-bb5e-482c-84e0-13789513ee5c>

Azeez, Ruhany Sheherazad; Tõnsuaadu, Kaia; Kaljuvee, Tiit; Triikkel, Andres (2024). Kinetics of Estonian Phosphate Rock Dissolution in Hydrochloric Acid. Minerals, 14 (3), 322. DOI: 10.3390/min14030322. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/519061a8-72dd-48c5-a83b-5a157bdd3a0e>

Usta, Mustafa Cem; Yörük, Can Rüstü; Uibu, Mai; Traksmäe, Rainer; Hain, Tiina; Gregor, Andre; Triikkel, Andres (2023). Carbonation and Leaching Behaviors of Cement-Free Monoliths Based on High-Sulfur Fly Ashes with the Incorporation of Amorphous Calcium Aluminate. ACS Omega, 8 (32),

29543–29557. DOI: 10.1021/acsomega.3c03286.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/cb05b1f5-138d-4602-9d57-8675b5eb09b1>

Kaljuvee, T.; Tonsuaadu, K.; Einard, M.; Mikli, V.; Kivimae, E.-K.; Kallaste, T.; Triikkel, A. (2022). Thermal Behavior of Estonian Graptolite-Argillite from Different Deposits. Processes, 10 (10), #19866. DOI: 10.3390/pr10101986. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/1c73dbd9-c4bd-406c-abcb-32cfa623d1d1>

Usta, M. C.; Yörük, C. R.; Uibu, M.; Hain, T.; Gregor, A.; Triikkel, A. (2022). CO₂ Curing of Ca-Rich Fly Ashes to Produce Cement-Free Building Materials. Minerals, 12 (5), #513. DOI: 10.3390/min12050513. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/684a22ee-d7a8-40c4-a0dd-5104e943a7a1>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Aastal 2024 käivitus Tallinna Tehnikaülikoolis tippkeskus SOURCES (R. Aav), mille SMR (strateegilise mineraalse toorme) töörühma juhiks ülikoolis on anorgaaniliste materjalide teaduslabor (A.Triikkel). Taotleti ning saadi uusi projekte koostöös geoloogiainstituudiga (Tem-TA100, R.Hints) ning labori juhtimisel (Tem-TA87, M.Uibu). Jätkus ettevõtluskoostöö RagSells'iga nii Eesti kui Rootsi poolega (LEKEE24020, LEKEV24105). Jätkuvad Eesti fosforiidi väärimise tehnoloogiate uuringud (PRG1779, A.Triikkel).

Fosforiidi tehnoloogiate osas esitati vahearuanne, milles näidatakse erinevate parameetrite mõju fosfaatmineraali ja selles sisalduvate haruldaste muldmetallide lahustuvusele soolhappelises keskkonnas, anti nende protsesside kirjeldus ning modelleeriti protsessi kineetikat kasutades nii keemilise kineetika kui masinõppe põhist lähenemist. 2024.a. tulemused on avaldatud artiklis Azeez, Ruhany Sheherazad; et.al. (2024). Kinetics of Estonian Phosphate Rock Dissolution in Hydrochloric Acid. Minerals, 14 (3), 322. DOI: 10.3390/min14030322 ning on kantud ette mitmetel konverentsidel. Tem-TA projektide osas on tegeletud projektide käivitamisega, katseseadmete koostamisega, metaandmete analüüsiga ning esmased tulemused kanti ette SOURCES tippkeskuse sügisseminaril 29. Nov. 2024, Tallinn (<https://taltech.ee/sources/uudised#p6607381>).

Inglise keeles

In 2024 the Centre of Excellence in Circular Economy for Strategic Mineral and Carbon Resources TK228 (SOURCES) was established in TalTech where the Laboratory of Inorganic Materials leads the SMR (strategic mineral resources) workgroup.

Project Tem-TA87 "Complex recovery of mineral mining and industrial waste as secondary raw material in the context of eco-conscious building materials and hydrometallurgy" was approved and launched.

Three new PhD students were involved in the activities of the projects and the Centre of Excellence.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Labor tegutseb kolmel prioriteetsel suunal nii globaalselt kui Eesti riigi võtmes:

- * Kriitiliste toormete ressursibaasi laiendamine alus- ja rakendusuringutega Eesti fosforiidi ja kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) väärindamise uute jätkusuutlike meetodite väljatöötamiseks - väärtuslike strateegiliste komponentide nagu fosfori, vanaadiumi ja haruldaste muldmetallide eraldamiseks;
- * Kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine kui rohepöörde üks oluline eesmärk, mis hõlmab aluseliste tööstusjäätmete (tuhad, klinkritolm) kiirendatud karboniseerimise protsesside keemilis-tehnoloogiliste aluste väljatöötamise. Rakendusteks on ehitusmaterjalide saamine koos samaaegse CO₂ sidumisega;
- * Põlevkivituha taaskasutamise rakendusuringud sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks koos tekkivates jäätmetes sisalduvate elementide kompleksse väärindamisega.

Töötatakse välja tehnoloogia Eesti fosforiidi jäätmevabaks töötlemiseks eesmärgiga saada fosforväetisi ning eraldada haruldased muldmetallid (PRG1779 -- "Fosforväetised ja haruldased metallid jäätmevabalt Eesti fosforiidist", 2023-2027). Samuti uuriti fosfaattoormega kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) töötlemise võimalusi eesmärgiga eraldada kasulikke elemente, näiteks vanaadiumit (Tem-TA100 "Fosforiidi kaastoormete omaduste varieeruvus ja väärindamise võimalused", 2024-2028).

Uuritakse võimalusi kasutada erinevaid tuhkasid (ladestatud põlevkivi-, olme- ja puidutuhad) spetsiifiliste ehitusmaterjalide saamiseks sidudes samaaegselt nn kiirendatud karboniseerimise protsessis ka teatud hulk CO₂ tahkesse materjali. (Tem-TA87 "Mineraalsete kaevandus- ja tööstusjäätmete kompleksne väärindamine teise toormena ehitusmaterjalide ja hüdro metallurgia kontekstis", 2024-2028).

On välja töötatud ja arendatakse jätkuvalt edasi tehnoloogiat põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) saamiseks, mis seisneb põlevkivituha võimalikult komplekses ja keskkonnaohutus ära kasutamises, st lisaks kaltsiumile ka teiste elementide (Mg, Si) väärindamises (LEKEE24020 "Tuha jääkmaterjali laborikatsetel põhinev uuring", 2023-2024 ja LEKEV24105 "Projekt CaFe, etapp I", 2024-2025).

Inglise keeles

The laboratory operates in three priority areas both globally and in the context of Estonia:

- * Expanding the resource base of critical raw materials through fundamental and applied research to develop new sustainable methods for valorizing Estonian phosphorite and associated minerals (graptolite-argillite). This involves extracting valuable strategic components such as phosphorus, vanadium, and rare earth elements.
- * Reducing greenhouse gas emissions, a key goal of the green transition. This includes developing the chemical and technological foundations for accelerated carbonation processes using alkaline industrial wastes (ashes, clinker dust etc). Applications include producing construction materials while simultaneously sequestering CO₂.
- * Applied research into reusing landfilled oil shale ash to produce precipitated calcium carbonate (PCC) while also valorizing other chemical elements contained in the waste.

Efforts include developing technology for waste-free processing of Estonian phosphorite to produce phosphorus fertilizers and extract rare earth elements (PRG1779 – "Phosphorus Fertilisers and Rare Metals from Estonian Phosphorite in a Waste-Free Way", 2023–2027). Research is also being conducted into processing associated minerals (graptolite-argillite) to extract useful elements, such as vanadium (Tem-TA100 "Variability of Properties of Associated Resources of Shelly Phosphorite and Opportunities for Beneficiation", 2024–2028).

Studies are underway to explore the use of various ashes (deposited oil shale, MSWI, and wood ashes) for producing specific construction materials, while simultaneously capturing certain amounts of CO₂ into solid material through an accelerated carbonation process (Tem-TA87 "Complex recovery of mineral mining and industrial waste as secondary raw material in the context of eco-conscious building materials and hydrometallurgy", 2024–2028).

Technology for producing PCC from oil shale ash has been developed and is being further refined. This technology aims for the most comprehensive and environmentally safe use of oil shale ash, valorizing not only calcium but also other elements such as magnesium and silicon (LEKEE24020 "Lab tests for the study of ash residual material: refining the silica phase", 2023–2024, and LEKEV24105 "Project CaFe, Phase I", 2024–2025).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

On välja töötatud ja arendatakse jätkuvalt edasi tehnoloogiat põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) saamiseks koos tekkivate jäätmete võimalikult täieliku ja keskkonnaohutu väärimisega. Selles osas jätkub pidev koostöö ettevõttega RagnSells, mis peaks lähitulevikus realiseerima tööstuslikus mastaabis PCC tootmisega. 2023-2025.a. jätkulepingud LEKEE24020 "Tuha jääkmaterjali laborikatsetel põhinev uuring" (2023-2024, A.Trikkel) ja LEKEV24105 "Projekt CaFe, Etapp I" (2024-2025, A.Trikkel) tegelevad lisaks PCC saamisele ka teiste keemiliste elementide (Mg, Al, Si) eraldamisega ladestatud põlevkivituhaast ning muudest aluselistest heitmetest.

On näidatud, et kasutades aluselisi tööstusheitmeid (klinkritolm, ladestatud põlevkivi-, puidu jm tuhad) erinevate karbonaatsidestatud ehitusmaterjalide valmistamiseks vähenevad CO₂ heitmeid, sest osa emiteeritud CO₂ kogusest seotakse protsessis tahkesse materjali. Rakendusliku väljundiga TA tegevuseks saab lugeda ka Eesti fosforiidimaagi ja kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) töötlemistehnoloogiate arendamisega seotud projekte (PRG1779, Tem-TA100), millel otsene tööstuslik väljund veel puudub.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

- * Termiline analüüs (TG, DTA). Tahkete materjalide termilise püsivuse (sulamine, lagunemine) ning gaas-tahke reaktsioonide uurimine temperatuurini 1000...1200°C õhus ja mõnede mittekorrodeerivate gaaside (näit. CO₂) ja inertgaaside (Ar, N₂) keskkonnas (isotermilised katsed ja dünaamiline temperatuuri tõus 2...25 °C/min)
- * Keemiline analüüs. CaO (üldine, vaba), MgO, SO₄(2-), SO₃(2-), S₂-, P, CO₂, R₂O₃, LOI, TC, TIC jt.
- * Tahkete pulbriliste materjalide FTIR analüüs
- * Elementide analüüs (AAS, ICP-AES)
- * Pinna- ning struktuuriuuringud. BET eripind, poorsusjaotus, osakeste suurusjaotus

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö viimasel aastal on toimunud peamiselt ettevõttega Ragn-Sells Group (R-S OSA Service, Estonia ja Ragn-Sells Recycling AB, Sweden). TA asutustest on koostöö Eesti Geoloogiateenistuse ning Soome Geoloogiateenistusega (GTK Mintec, Outokumpu, Finland).

Koostöös Ragn Sellsiga arendatakse põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) tootmistehnoloogiat eesmärgiga jõuda kestliku tööstusliku rakenduseeni. Lisaks põhiprotsessile, uuritakse ka selles tekkivate jäätmete võimalikult täieliku kasutamise võimalusi, püüdes kätte saada ka mitmed teised elemendid (Mg, Al, Si, S).

Fosforiidi töötlemistehnoloogiatega tegelevaid ettevõtteid Eestis veel ei ole, see uurimistöö on suunatud tulevikku kui selgub kaevandamise võimalikkus. Koostöö on olnud Soome Geoloogiateenistusega fosforiidi rikastamise osas ning Eesti Geoloogiateenistusega eesmärgiga saada nii fosforiidi kui graptoliit-argilliidi esinduslikke, potentsiaalselt huvi pakkuvaid tööstuslikke proove. Konsulteeritud on NPM Silmet OÜ tehnoloogidega haruldaste muldmetallide kontsentraadi vajalike omaduste osas.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.4 Keemiatehnika
- 2.7 Keskkonnatehnika

CERCSi teaduserialad:

- T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus
- T150 Materjalitehnoloogia
- T440 Mittemetalliliste mineraalide tehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Eksperimentaalse uurimistöö jaoks on laboril ajakohased seadmed, sealhulgas erineva suurusega arvutipõhised reaktorisüsteemid heterogeensete tahke-vedel-gaas ja tahke-gaas süsteemide jaoks (nt multifunktsionaalne reaktorisüsteem Lara/Radleys) ja termoanalüüsi kompleks koos gaasifaasi analüüsi võimalustega: termoanalüsaatorid TA Setsys Evo; TA Labsys Evo; LINSEIS STA PT 1600, ühendatud MS (Pfeiffer) analüsaatoriga. Lisaks kasutatakse erinevaid elementanalüsaatoreid, spektroskoopilisi (FTIR, UV-Vis, AAS, ICP-AES) ja tahkete osakeste iseloomustamise meetodeid – BET eripind, poorsuse jaotus (Qantachrome), osakeste suurusjaotus PSD (Horiba).

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Andres Triikkel, täisprofessor tenuuris

IGIP (Rahvusvaheline Inseneripedagoogika Ühing) liige; ING-PAED IGIP kvalifikatsioon;

Mitmete rahvusvaheliste ajakirjade retsensent. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry; Thermochimica Acta; Fuel; Fuel Processing; Oil Shale jt.

Tiit Kaljuvee, vanemteadur

Ajakirja JTAC piirkondlik toimetaja;

Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry organiseerimiskomitee liige;

Shota Rustaveli (Georgia) Rahvusliku Teadusfondi grandiprojektide hindamiseekspert;

ICTAC (International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry) liige;

Mai Uibu, vanemteadur

Rumeenia Rahvusliku Teadusfondi (UEFISCDI - The Executive Agency for Higher Education, Research, Development and Innovation Funding) grandiprojekti hindamiseekspert;

Retsensent rahvusvahelises teadusajakirjas Waste Management

Retsensent rahvusvahelises teadusajakirjas Journal of Residuals Science & Technology

Kaia Tõnsuaadu, vanemteadur

Ajakirjade J. of Thermal analysis and calorimetry; J. of Colloids and surfaces; J. of Minerals processing; J. of hazardous materials; J. of surface and coatings technology; Bioactive materials; J. of materials science; Polyhedron; Materials research bulletin; International journal of mineral processing retsensent

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Constantine the Philosopher University, Department of Physics, A. Nitra, Slovak Republic
- Institut de Recherche de Chimie Paris, France
- GTK Mintec, Outokumpu, Finland; Institute of Mineralogy and Crystallography of Bulgarian Academy of Sciences

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Geoloogia osakond
- Eesti Geoloogiateenistus
- Maaelu Teadmuskuskeskus, Põllumajandusuuringute osakond

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

* SOURCES tippkeskus (SMR tööühm) veebis <https://taltech.ee/sources/tooruhmad>

* EGT videod, 2022. "Seriaal Eesti maapõue uuringud" (Juhan Aare)

[<https://www.youtube.com/watch?v=B2AsvxFxPvo&list=PLLGOiBzo1hmU3XNWbLg9oTk09DUe4B39I&index=4>]

* Novaator, ERR. "Osoon": Tuhamäed võivad kujuneda kliimanutraalse tööstuse

tooraineks, 2022, Mai Uibu

[<https://novaator.err.ee/1608802570/osoon-tuhamaed-voivad-kujuneda-kliimanutraalse-toostuse-tooraineks>]

* 30.03.2023. Infopäev Sõmerul "Eesti maapõueressurssidega seotud teadusuuringud". „Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemise tehnoloogiad“. Kaia

Tõnsuaadu. [<https://www.egt.ee/infopaev-eesti-maapoueressurssidega-seotud-teadusuuringud>]

* ERR sari „Tähelepanu tegemist on teadusega“. 2023. Andres Triikkel ja Kaia Tõnsuaadu

[<https://jupiter.err.ee/1608954311/tahelepauutegemist-on-teadusega>]

* Novaator, ERR. „Kaval keemia aitab fosforiidist välja pigistada haruldasi muldmetalle“. Ain Alvela intervjuu Andres Trikkeliga. 2023. [<https://novaator.err.ee/1608936935/kaval-keemia-aitab-fosforiidist-valja-pigistada-haruldasi-muldmetalle>]

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/anorgaaniliste-materjalide-teaduslabor>

Inglise keeles

7 Biopolümeeride tehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Andres Krumme, kaasprofessor teneuris, andres.krumme@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Andres Krumme, Doktor, kaasprofessor teneuris
Elvira Tarasova, Teaduste kandidaat, vanemlektor
Illia Krasnou, Doktor, vanemteadur
Natalja Savest, Doktor, vanemlektor
Nutan Savale, Magister, doktorant
Omar Parve, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Jaan Parve, Kesk, keemik

Võtmesõnad

Eesti keeles

polümeerid; biopolümeerid; tselluloosi derivaadid; polümeeride tehnoloogia; polümeerkomposiidid; reaktiivne ekstrusioon; tekstiil; elektroketrus; nanokiud; superkondensaatorid; filtermaterjalid

Inglise keeles

polymers; biopolymers; derivatives of cellulose; polymer technology; polymeric composites; reactive extrusion; textile; electrospinning; nanofibres; conductive polymers; supercapacitors; filtering materials

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teadustöö peamine fookus on keskkonnaressursside väärimisel ja uute nanokiuliste elektron- ja filtermaterjalide arendamine. Eesmärgiks on jätkusuutlike alternatiivide leidmine fossiilsete maavarade põhiste polümeerimaterjalidele ning selleks biopõhiste keskkonnaressursside ja taaskasutatavate materjalide rakendamine nii laiatarbetoodeteskui ka spetsiifilistes valdkondades. Otsitakse uudseid võimalusi tselluloosi jätkusuutlikuks väärimiseks, rakendades uusi, taaskasutatavaid lahustikeskkondi, biopõhiseid keemilise modifitseerimise reagente ja energiasäästlike tehnoloogiaid. Lahustitena kasutatakse uusi, destilleeritavaid ioonseid vedelikke. Uuritakse looduslike õlide kasutamist tselluloosi esterdamiseks ja sünteesikeskkonnana arendatakse reaktiivse ekstrusiooni tehnoloogiat. Laboril on ainsana Eestis elektroketruse piloottootmise võimekus. Elektroketrusmeetodil arendatakse tselluloosi derivaatidel põhinevaid ja viirusevastaseid toimeaineid sisaldavaid filtermaterjale, mis pikendavad nende eluiga ja muudavad need süsinikuneutraalseks. Laboril on Eestis unikaalne piloottootmise võimekus sellistes olulistest polümeeride/plastide tehnoloogia valdkondades nagu kuumsegamine, ekstrusioon ja survevalu. Arendatakse termoplastsete ja termoreaktiivsete polümeeride komposiite anorgaaniliste või biopõhiste lisanditega sekundaarse toorme efektiivseks kasutuseks ringmajanduses. Paljudel juhtudel vajab plast mineraalsete lisandite kasutamist, et mõjutada komposiitmaterjali omadusi (jäikus, soojusjuhtivus, tulekindlus

jne.) ning vähendada plasti osakaalu ja seega ka maksumust. Selgitatakse, kas ja kuidas suudavad erinevad mineraalsed jäätmed, nagu elektri- ja õlitootmises tekkivad tuhaliigid komposiitides asendada kaevandatavaid maavarasid nagu lubjakivi. Samuti otsitakse lahendusi tekstiilijäätmete ja lignotselluloossete kiudude suuremamahuliseks ringlussevõtuks plastkomposiitide tugevdava täiteainena. Laboris uuritakse erinevate meetoditega ümber töödeldud tekstiilijäätmetest saadud kiudude omadusi ning nende sobivust eritüübiliste uute (tekstiil)materjalide valmistamiseks. Põhiliste meetoditena on seni kasutatud ümbertöödeldud tekstiilkiudude ja termoplastsete lisakiududega lausmaterjalide valmistamist. Samuti tegeletakse laboris vastupidavate tekstiili- ja rõivamaterjalide välja töötamisega

Rühma ülevaade inglise keeles

The main focus of the research of the laboratory is valorization of environmental resources and development of new energy storage methods for energy efficient environments. The goal is to find sustainable alternatives for fossil resources based polymeric materials by more efficient utilisation of biopolymers and recycled materials in commodity products and in specific fields. Innovative options for the sustainable recovery of cellulose are being sought through the use of new, reusable solvent media, bio-based chemical modification reagents and energy-saving technologies. New, distillable ionic liquids are used as solvents. The use of plant oils for cellulose esterification is being studied and reactive extrusion technology is being developed. The laboratory is the only one in Estonia capable of pilot production by electrospinning technology. The electrospinning technology is also applied for developing filter materials based on cellulose derivatives and containing antiviral agents, which prolong their life and make them carbon neutral. The laboratory has a unique pilot production capability in Estonia in such important areas of polymer / plastics technology as compounding, extrusion and injection molding. Composites of thermoplastic and thermosetting polymers with inorganic or bio-based additives are being developed for the efficient use of secondary raw materials in the circular economy. Properties of textile fibres obtained by different recycling methods are being explored and their suitability for manufacturing different types of (textile) materials is being studied. Producing nonwoven materials with recycled textile fibres and thermoplastic virgin fibres is the main method explored. The laboratory also develops durable and sustainable textile and clothing materials.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TEM-TA103 Tselluloosist ja taimsete õlide tootmise kõrvalsaadustest reaktiivse ekstrusiooni teel valmistatud uued biomaterjalid 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/59dc289c-7bc8-41e8-98b9-8681e590ea1b>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Tarasova, Elvira; Savale, Nutan; Ausmaa, Peeter-Mihkel; Krasnou, Illia; Krumme, Andres (2024). Rheology and dissolution capacity of cellulose in novel [mTBNH][OAc] ionic liquid mixed with green co-solvents. *Rheologica Acta*, 63, 167–178. DOI: 10.1007/s00397-024-01433-3.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/49aed5dd-89b1-4faf-936f-89c66c955afc>

Tarasova, Elvira; Savale, Nutan; Trifonova, Lada; Krasnou, Illia; Reile, Indrek; Kudrjasova, Marina; Mere, Arvo; Kaljuvee, Tiit; Mikli, Valdek; Sedrik, Rauno; Krumme, Andres (2024). Effect of green co-solvents on properties and synthesis of cellulose esters in superbase ionic liquid. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-024-05920-x. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3bf6336d-e618-45ab-9074-b08982c2272f>

Savale, N.; Tarasova, E.; Krasnou, I.; Kudrjašova, M.; Rjabovs, V.; Reile, I.; Heinmaa, I.; Krumme, A. (2024). Optimization and degradation studies of cellulose transesterification to palmitate esters in superbase ionic liquid. *Carbohydrate Research*, 537, 109047. DOI: 10.1016/j.carres.2024.109047. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/64686cb3-e252-42d6-8d8e-90006a84ef9a>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Võrreldi tselluloosi rasvhapete estrite (FACE) valmistamist labratoorses reaktoris (~100 ml skaalas) ja laboratoorses reaktiivse ekstrusiooni (REX) seadmes. Meetodite võrdlus näitas reaktiivse ekstrusiooni tõhusust tselluloosi struktuuri muutmisel, et luua soovitud omadustega FACEsid. Töötlemismeetodi mõjutas oluliselt tselluloosi derivaadi struktuuri, mis omakorda mõjutab materjali omadusi. Esterdamine reaktoris viis täielikult amorfsete produktideni. REX põhised materjalid säilitasid teatud määral tselluloosile iseloomuliku kristallstruktuuri, ehk kristalsed domeenid püsisid hoolimata esterdamisest, kuigi õnnestus saavutada asendusaste >2. Kristalsed domeenid võivad toimida materjali sisese armeeringuna, suurendades õigel rakendamisel bioplasti tugevust ja jäikust. Need domeenid võivad olla ka REX põhise materjali suurema termilise vastupidavuse põhjuseks, mida uuring välja tõi. REX ja reaktoripõhiste materjalide võrdlev analüüs näitas selgeid erinevusi reoloogilistes omadustes. REX põhistel materjalidel olid kõrgemad kompleksviskoossuse ja elastsusmooduli väärtused kui reaktoripõhistel. See näitab, et REX materjalide makromolekulaarne struktuur, sealhulgas asendamata hüdroksüülrühmade olemasolu ja jääkristallilisus soodustab molekulidevahelisi interaktsioone, mis suurendab viskoossust ja jäikust. Kokkuvõttes on REX põhiste materjalide omadused võrreldavad reaktoripõhistega, mis lubab eeldada, et reaktoripõhise laborimeetodi skaleerimine tööstuslikuks REX põhiseks meetodiks on teostatav.

Inglise keeles

The production of fatty acid esters of cellulose (FACE) in a laboratory reactor (~100 ml scale) and a laboratory reactive extrusion (REX) unit were compared. A comparison of the methods demonstrated the effectiveness of reactive extrusion in modifying the cellulose structure to create FACEs with desired properties. The processing method significantly affected the structure of the cellulose derivative, which in turn affects the properties of the material. Esterification

in the reactor led to completely amorphous products. The REX-based materials preserved to some extent the crystalline structure characteristic of cellulose, i.e. the crystalline domains remained despite esterification, although it was possible to achieve a degree of substitution >2 . Crystalline domains can act as reinforcement within the material, increasing the strength and stiffness of the bioplastic when properly applied. These domains may also be the reason for the higher thermal resistance of the REX-based material, which the study pointed out. Comparative analysis of REX and reactor-based materials revealed clear differences in rheological properties. REX-based materials had higher complex viscosity and elastic modulus values than reactor-based ones. This indicates that the macromolecular structure of REX materials, including the presence of unsubstituted hydroxyl groups and residual crystallinity, promotes intermolecular interactions that increase viscosity and stiffness. In summary, the properties of REX-based materials are comparable to reactor-based ones, which suggests that scaling up the reactor-based laboratory method to an industrial REX-based method is feasible.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Töörühm tegeleb kriitilise probleemiga, mis on seotud plastitööstuse üleviimisega fossiilsetelt ressurssidelt biopõhistele, kasutades selleks lignotsellulooset biomassi, eriti tselluloosi. Vastavad plaste kasutavad tööstusharud on pakenditööstus, autotööstus, ehitustööstus ja ka kõrgtehnoloogiline tekstiilitööstus (elektroketrus), filtreerimiseks või elektrienergia tootmiseks ja salvestamiseks vajalike materjalide valmistamine.

Eesti metsanduse biomassi, peamiselt ümarpuidu toodang on ligikaudu 6,0 Mt (kuivmass, aastal 2022) aastas. Täispuittoodetena vääridatakse 2,5 Mt, energia tootmiseks kasutatakse 3,9 Mt ja enamasti mehaanilisel töötlemisel saadud puidutselluloosina vaid 237 Kt (ligikaudu 4% biomassist). Puidutselluloosi toodang on Soomes ja Rootsis vastavalt 40 ja 36% biomassist. Samas võib tselluloosi valmistamine üksi tõsta biomassi väärtust 4-5 korda ja keerukamaid tselluloositooteid, nagu bioplast veelgi enam. Võib seada hüpoteesi, et ligikaud 3% iga-aastaselt varutava biomassi nutikas ümbertöötlemine võib asendada kogu Eestis kasutatava, valdavalt fossiilsel toormel põhineva plasti.

Lignotselluloosse biomassi tööstuslik väärimine on Eestis aktiivses kasvus. Vrii Keemia Grupp plaanib Krahti ja lahustava tselluloosi tehase käivitamist aastal 2028. Samuti peavad nad oma toodete edasiseks väärimiseks oluliseks töörühma tselluloosi keemia uuringuid. OÜ Fibenol on käivitatud tööstusliku piloottehase puidu biomassi fraktsioneerimiseks ligniini, puidusuhkruteks ja

mikrokristalliliseks tselluloosiks (MCC). Nad otsivad nendele lignotselluloosse toorme komponentidele edasist rakendust ning kasutavad juba töörühma kompetentsi ja ressursse nendele toodetele lisandväärtuse loomiseks. Tselluloosi ja õlipõhise bioplasti sünteesiks vajalike taimeõlijääkide tarnimise partner on Scanola Baltic teeb töörühmaga koostööd taimsete õlide tootmise jääkide kasutamiseks tselluloosi ja õlipõhiste bioplastide tootmiseks. Välismaiste T&A tegevuste osas teeb töörühm koostööd Soome ettevõttega UPM-Kymmene ja Rootsi ettevõtetega Domsjö Fabriken AB ja Södra.

Inglise keeles

Activity of the workgroup is addressing a critical problem related to transferring plastic industry from fossil based resources to bio-based by exploiting lignocellulosic biomass, especially cellulose. Relevant areas are packaging industry, car industry, construction industry and also high-tech textile industry (electrospinning), producing materials for filtration or electrical energy production and storage.

Estonian forestry biomass, mainly roundwood production is approximately 6.0 Mt (dry matter, in year 2022) annually. 2.5 Mt-s are valorised as solid wood products, 3.9 Mt-s are used for energy and only 237 Kt-s (approximately 4 % of the biomass) are valorised as wood pulp, mostly by mechanical processing. Corresponding valorisation values of wood pulp in Finland and Sweden are 40 and 36% correspondingly. Still, pulping alone can increase value of biomass 4 - 5 times and more sophisticated cellulosic products, as bioplastics even more. One can hypostasise that smart conversion of ~3% of the annually harvested forestry biomass of can replace all, mostly fossil based plastics used in Estonia.

Industrial valorisation of lignocellulosic biomass is in active growth in Estonia. Vrii Keemia Grupp is planning to start Kraft and dissolving pulp factory in year 2028. They also found cellulose chemistry research of the workgroup important for further valorisation of their products. OÜ Fibenol is started industrial pilot plant for fractionation of wooden biomass to lignin, sugars and microcrystalline cellulose (MCC). They are looking for further application of the lignocellulosic components and are already using competence and resources of the workgroup for providing added value for these products. Partner for providing the plant oil residues for synthesis of cellulose and oil based bioplastics is Scanola Baltic. Regarding R&D developments abroad, the workgroup is cooperating with Finnish company UPM-Kymmene, Swedish companies Domsjö Fabriken AB and Södra.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

LEKEE22028 "Tellijale laboriteenuse osutamine puidu biomassi komponentide väärimiseks" (17.03.2022–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut; Finantseerija: OÜ Fibenol. Projekti käigus kasutatakse Tallinna Tehnikaülikooli biopolümeeride tehnoloogia labori kompetentsi ja tehnoloogilist ning analüütilist seadme parki, et väärimada projekti finantseeriva ettevõtte poolt valmistatavaid puidu biomassi komponente erinevates bioplastide komposiitidel põhinevates toodetes.

VA23023 "Tselluloosipõhine energia kogumine" (1.01.2023–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut (partner); Finantseerija: Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning. Projekti käigus uuritakse erinevate tselluloosi keemilisel väärimisel valmistatud materjalide kasutusvõimalusi elektrienergia kogumiseks triboelektrilisel meetodil. Tallinna Tehnikaülikooli biopolümeeride tehnoloogia laboris valmistatakse tselluloosi derivaadid ning toodetakse neist elektrketru teel nanokiulised lausmaterjalid. Määratakse lausmaterjalide peamised füüsikalised omadused. Projekti partner RISE konstrueerib lausmaterjalidest triboelektrilised seadmed ja hindab nende elektrienergia tootmise võimet.

LEP19061 "Geosüntetika kvaliteedikontrolli meetoodika arendamine" (9.07.2019–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut; Finantseerija: Transpordiamet. Projekti käigus arendatakse Transpordiameti tellimusel välja meetoodika polümeeridel põhineva geosüntetika pikaajalise vastupidavuse hindamiseks, arvestades Eesti teekonstruksioonides esinevaid spetsiifilisi tingimusi ja riske.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Tselluloosi keemia, plastitehnoloogia, nanokiulised materjalid, polümeersete materjalide ringmajandus

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisrühma TA tulemuste juurutamine ettevõtluses, siseriiklikud TA projektid mahuga alates 30000€, rahvusvaheliste TA projektide käivitamine või osalemine partnerina.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

1.4 Keemiateadused

CERCSi teaduserialad:

T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia

T150 Materjalitehnoloogia

T470 Tekstiilitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Rühma käsutuses olev TA taristu on piisav kuid mitmed olulised seadmed on ületamas mõistliku kasutusea piiri, kuna lähiaastatel on puudunud sobiv projektipõhine rahastus mahukamate taristuobjektide uuendamiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal COST tegevus CA19124 „Rethinking packaging for circular and sustainable food supply chains of the future“

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- The research institute of Sweden, RISE, Rootsi
- VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Soome
- German Institutes for Textile and Fiber Research, Denkendorf, Saksamaa

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Tehnoloogiainstituut
- Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut
- AS Metrosert

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Andres Krumme, Illia Krasnou, ERR, Novaator

<https://novaator.err.ee/1608955168/teadlased-loodavad-muuta-estti-puidujaatmedpikaealiseks-plastiks>

Andres Krumme, ERR, Mis värvi on

majandus <https://jupiter.err.ee/1609180991/mis-varvi-on-majandus>

Andres Krumme, Postimees,

Majandus, <https://majandus.postimees.ee/7700453/kas-killerkottidest-loobumine-on-ka-tegelikult-keskkonnale-kasu-toonud>

Andres Krumme, Oma

Maitse, <https://omamaitse.delfi.ee/artikkel/120236658/suur-test-milline-pann-osta-kas-odav-pann-teeb-too-ara-sama-hasti-kui-kallis>

Andres Krumme, Äripäev, konverents Puidutööstuse Äriplaan 2024, Millised on puidukeemia

perspektiivid? <https://pood.aripaev.ee/konverentsid-puidutoostuse-ariplaan-2024#Esinejad>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Andres Krumme, AS Metrosert RUK biomassi rafineerimise töörühma liige

[Uurimisrühma veebilehe aadress](#)

Eesti keeles

Inglise keeles

8 Tekstiilitehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Tiia Plamus, vanemlektor, tiia.plamus@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Tiia Plamus, Doktor, vanemlektor
Md Toufiqueur Rahman, Magister, doktorant-nooremteadur
Katre Worth, Magister, doktorant-nooremteadur
Laura Kuningas, Kõrgharidus, spetsialist
Diana Tuulik, Magistrikraad,

Võtmesõnad

Eesti keeles

tekstiilmaterjalid; tekstiilmaterjalide ümbertöötlemine; ringmajandus; taaskasutus; rõivaste ja tekstiiltoodete tehniline disain

Inglise keeles

textile materials; recycling of textile materials; circular economy; reuse; technical design of apparel and textile products

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma teadus- ja arendustöö põhisuunad on ringmajanduse temaatika tekstiili- ja rõivavaldkonnas, mehaaniliselt ümbertöödeldud tekstiilkiudude väärimine erinevateks komposiit- ja tekstiilmaterjalideks; tekstiili- ja rõivamaterjalide füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimine ja katsetamine;

tekstiiltoodete ja rõivaste tootearendus ning uude tekstiilmaterjalide töötlemismeetodite uurimine (laserlõik, digitrükk jm).

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group's scientific activities are related with the following fields:

circular economy in textile and clothing field; developing composite and textile materials from mechanically recycled textile fibres;
exploring physico-mechanical properties of textile and clothing materials;
developing textile products, apparel and protective clothing; exploring novel processing methods of textile materials (laser cutting, digital printing etc.).

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TF24021EK2 Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus 2024 - 2030 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/58da913f-95cc-484a-82ba-09036de54be7>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Kubo, Anna-Liisa; Rausalu, Kai; Savest, Natalja; Žusinaite, Eva; Vasiliev, Grigory; Viirsalu, Mihkel; Plamus, Tiia; Krumme, Andres; Merits, Andres; Bondarenko, Olesja (2022). Antibacterial and Antiviral Effects of Ag, Cu and Zn Metals, Respective Nanoparticles and Filter Materials Thereof against Coronavirus SARS-CoV-2 and Influenza A Virus. *Pharmaceutics*, 14 (12), 2549. DOI: 10.3390/pharmaceutics14122549. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/dd89db4a-36d2-4e60-8b74-68cf2c045517>

Mandre, Nele; Plamus, Tiia; Linder, Angelika; Varjas, Toivo; Majak, Jüri; Krumme, Andres (2023). Design of Performance Characteristics on Laser Treated Denim Fabric. *Materials Science*, 29 (4), 515–524. DOI: 10.5755/j02.ms.33259. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/875f7856-2c98-44d7-adb0-6602002da54d>

Mandre, N.; Plamus, T.; Linder, A.; Krumme A.; Rohumaa, A. (2023). Impact of laser fading on physico-mechanical properties and fibre morphology of multicomponent denim fabrics. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 72 (2), 145–153. DOI: 10.3176/proc.2023.2.05. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b9189e7e-7307-4901-920f-b445762a8bef>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Alates aastast 2024 kuulub uurimisrühm järgmisesse tippkeskusesse: Strateegiliste mineraalide ja süsinikupõhiste ressursside ringmajanduse tippkeskus (SOURCES). Uurimisrühmas alustas tööd 1 uus tööstusdoktorant: Diana Tuulik, doktoritöö teema Valorization of Estonian local wool and mechanically recycled wool fibres into new textile materials (Eesti kohaliku lambavilla ja mehaaniliselt ümbertöödeldud lambavilla väärimine uuteks tekstiilmaterjalideks).

Inglise keeles

From 2024, the research group belongs to the following center of excellence: the Centre of Excellence in Circular Economy of Strategic Mineral and Carbon-based Resources (SOURCES). 1 new industrial doctoral student started working in the research group: Diana Tuulik, "Valorization of Estonian local wool and mechanically recycled wool fibers into new textile materials".

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Rõiva- ja tekstiilitööstus on üks suurima keskkonnamõjuga sektoreid. Et viia ellu muutusi selles sektoris, on oluline liikuda lineaarselt majandusmudelilt ringsele majandusmudelile. Selleks tuleb rakendada erinevaid meetmeid kogu toote

elutsükli jooksul. Oluline on muu hulgas toote läbimõeldud tehniline disain ning hilisemas toote elutsükli tekkinud tekstiiljäätmete ümbertöötlemine ning väärimine uueks tooraineks ning materjalideks. Tekstiilitehnoloogia labori põhiline teadustöö teema käsitlebki tekstiiljäätmete ümbertöötlemist ning väärimist ning erinevates arendusprojektides käsitletakse ka toodete jätkusuutlikku tehnilist disaini. Antud temaatika on ELis prioriteetse tähtsusega, mida näitavad ka muu hulgas järgmised alusdokumendid: „ELi kestliku ja ringse tekstiili strateegia“ (2022); EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2018/851, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiivi 2008/98/EÜ, mis käsitleb jäätmegi; Euroopa komisjoni „Uus ringmajanduse tegevuskava. Puhtama ja konkurentsivõimelisema Euroopa nimel.“ (2020).

Inglise keeles

The clothing and textile industry is one of the sectors with the greatest environmental impact. To implement changes in this sector, it is important to move from a linear economy model to a circular economy model. For this, various measures must be implemented throughout the product's life cycle. Among other things, the well-thought-out technical design of the product and the reprocessing and valorization of textile waste into new raw materials is important. The main research topic of the Laboratory of Textile Technology deals with the recycling and valorization of textile waste, and the sustainable technical design of products is also discussed in various development projects. This topic is of priority importance in the EU, as shown by, among others, the following documents: "EU strategy for sustainable and circular textiles" (2022); Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste; A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe (2020).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Kiud Technologies OÜ toodete materjaliarendus on alguse saanud Tekstiilitehnoloogia laborist. Tekstiilmaterjalide alase terminoloogia korrastamine Eesti Keele Instituudi toel (<https://xn--snaveeb-10a.ee/ds/teks>). 15.11.2020-15.10.2021 EAS innovatsiooniosak "„Menstruatsiooni aluspesu välja arendamine vastavalt Tellija soovile“. 25.10.2017-30.03.2018 EAS Innovatsiooniosak "Erikujulise ilupadja tootmise tehnoloogia väljatöötamine ja materjalide valimine". Keskkonnaministeeriumi poolt tellitud uuringu „Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring. Lisa 3 – tekstiilitööstus“ koostamine.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

Tekstiiltoodete ja rõivaste tootearendus; uudsete tekstiilmaterjalide väljatöötamine; mehaaniliselt ümbertöödeldud tekstiilkiudude väärindamine erinevateks tekstiili- ja komposiitmaterjalideks; tekstiilmaterjalide omaduste uurimine ja katsetamine ning katseteenused tekstiili- ja rõivatööstuse valdkonna ettevõtetele ning teistele huvigruppidele; kiulise koostise kvalitatiivne ja kvantitatiivne analüüs; mehaaniliselt ümbertöödeldud kiudude kvaliteedinäitajate määramine; lõnga struktuuri ning füüsikalis-mehaaniliste omaduste määramine; kangasmaterjalide struktuuri, pindtiheduse ja erinevate füüsikalis-mehaaniliste omaduste (näiteks hõõrdekindlus, pilling, õhuläbilaskvus jm) määramine.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö eesmärgiks on pakkuda Eesti ja välismaistele ettevõtetele kvaliteetseid teadus- ja arendusvaldkonna teenuseid tekstiili- ja rõivatootmise valdkonnas; uurimisrühma leiutiste kommersialiseerimine, välispartnerite leidmine.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside väärindamine
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

CERCSi teaduserialad:

T470 Tekstiilitehnoloogia

T150 Materjalitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Labori koosseisus asub mitmekesiste võimalustega tekstiiltoodete tootearenduslabor, kontrollitud standardijärgse kliimaga tekstiilikatselabor, laserlõikustehnoloogia labor, targa tekstiili ja mikroskoopia labor, tekstiilijäätmete väärindamise labor. Katselabori sisseseade võimaldab läbi viia erinevaid füüsikalis-mehaanilisi ning keemilisi katseid. Katseid teostatakse vastavalt erinevatele standarditele nõuetekohaste kliimatingimuste juures. Katsetatakse nii tekstiilkiudude, lõnga/niidi kui ka erinevate kangasmaterjalide (riide, trikotaaži, lausmaterjalide jm) omadusi. Muu hulgas asub laboris vibroskoop, õhuläbilaskvuse määramise katseseade, Martindale katseseade. Laserlõikustehnoloogia labori sisseseade võimaldab lõigata ja graveerida muu hulgas järgmiseid materjale: puit, plast, tekstiil, nahk. Tekstiilkiudude väärindamise labori sisseseade võimaldab välja arendada (ümbertöödeldud kiududest) lõngast trikotaažmaterjale ning (ümbertöödeldud kiududest) termotöödeldud lausmaterjale. Labori taristu vajaks uuendamist.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Tiia Plamus, The Textile Institute (<https://www.textileinstitute.org/>),
osalemine organisatsiooni üritustel.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit **Välispartnerid:**

- Lounais-Suomen Jätehuolto OY, Soome
- Riia Tehnikaülikool, Design TechnologyInstitute
- Imperial College London, Centre for Environmental Policy

Eesti partnerid:

- Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus
- Eesti Kunstiakadeemia, Jätkusuutliku Disaini ja Materjalide Labor
- DefForce OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Tekstiilitehnoloogia labori töötajad viivad läbi hulgaliselt erinevaid valdkonda populariseerivaid tegevusi: loengud ja õpitoad koolinoortele, Noore Inseneri Programmi tegevused, , valikkursused gümnaasiumidele (Narva Eesti Gümnaasium, Mustamäe Riigigümnaasium, Tallinna Tehnikagümnaasium, Tallinna Reaalkool, Gustav Adolphi Gümnaasium, Rocca al Mare Kool), loengud ja töötoad õpetajatele, ekskursioonid laboritesse, loengud ja õpitoad teiste kõrgkoolide üliõpilastele (Eesti Kunstiakadeemia, Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia, Kõrgem Kunstikool Pallas, Tallinna Tehnikakõrgkool).

Labori tegevusi kajastatakse aktiivselt meedias.

*

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Tiia Plamus, Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus, nõustamine vastavalt riigihanke „Ekspertiisid ja konsultatsioonid“ (viitenumber 249865) tulemusel sõlmitud hankelepingule nr 2-2/22/897-1 raames.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/tekstiilitehnoloogia-labor>

Inglise keeles