

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut, 2022. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut
Department of Materials and Environmental Technology
Maarja Grossberg-Kuusk, maarja.grossberg@taltech.ee, +372 620 3210

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Anorgaaniliste materjalide teaduslabor
- Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor
- Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium
- Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm
- Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor
- Puidutehnoloogia labor
- Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

The Department conducts research within 7 research groups:

- Laboratory of Inorganic Materials
- Laboratory of Biofunctional Materials
- Laboratory of Thin Film Chemical Technologies
- Laboratory of Environmental Technology
- Laboratory of Polymers and Textile Technology
- Laboratory of Wood Technology
- Laboratory of Photovoltaic Materials

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi edulood 2022. aastal:

- 1) Ulatuslik COST projekt

Vanemteadur Nicolae Spalatu (TalTech) juhtimisel pandi alus COST RENEW-PV CA21148 koostöövõrgustiku projektile „Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel põhinevad päikeseplatereid – rahvusvaheline koostöövõrgustik teadus- ja arendustöö läbiviimiseks“ COST tegevuse eesmärgiks on luua teadus- ja innovatsioonivõrgustiku keskkond, mis ühendab juhtivaid teadlasi ning ettevõtteid Euroopast ja maailmast, stimuleerib edasist globaalset teadusarendust ja -koostööd ning toetab keskkonnasõbralike, kõrge kvaliteediga uute õhukesekileliste PV-tehnoloogiate kasutuselevõttu. Tegemist on avatud koostöövõrgustikuga, millega tänaseks on liitunud üle 150 liikme 40 riigist.

- 2) $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ päikeseplatereide efektiivsuse maailmarekord

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori teadlased osalevad H2020 Custom-Art projektis, mille eesmärgiks on arendada uue põlvkonna ehitis- ja tooteintergeeritud päikeseplatereid, mis põhinevad laialtlevinud ja keskkonnasõbralikel kesteriitsetel materjalidel. 2022. aastal töötati professor Marit Kauk-Kuusiku juhtimisel välja uus kaheastmeline töötlus laengukandjate rekombinatsiooniliste kadude vähendamiseks heterosiirde alal, mille rakendamisel unikaalsetes kesteriitsetes monoterakiht-päikeseplatereides paranes seadme kasutegur 12.06%-ni, mis antud materjali $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ puhul on maailmarekord.

Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium**Laboratory of Inorganic Materials****Juht/Head:** professor **Andres Trikkel**Tel.: +372 620 2872, e-mail: andres.trikkel@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Andres Trikkel – täisprofessor tenuuris
- Tiit Kaljuvee – vanemteadur
- Rein Kuusik –vanemteadur
- Kaia Tõnsuaadu – vanemteadur
- Mai Uibu – vanemteadur, programmijuht
- Kadriann Tamm - teadur
- Can Rüstü Yörük – teadur

Doktorandid/Doctoral students

- Ana Jurkevicate
- Mustafa Cem Usta
- Ruhany Sheherazad Azeez

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/Non-academic staff

- Marve Einard – keemiainsener
- Eliise-Koidula Kivimäe – spetsialist

Võtmesõnad/keywords

Fosforiit, graptoliitargilliit, põlevkivituhk, sadestatud kaltsiumkarbonaat, kasvuhoonegaasid, termiline analüüs

Phosphorite, graptolite-argillite, oil shale ash, precipitated calcium carbonate, GHG, thermal analysis

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

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

- Kriitiliste toormete ressursibaasi laiendamine alus- ja rakendusuringutega Eesti fosforiidi ja kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) väärimise 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 (tuhad, klinkritolm) kiirendatud karboniseerimise protsesside keemilis-tehnoloogiliste aluste väljatöötamise. Rakendusteks on ehitusmaterjalide saamine koos samaaegse CO₂ sidumisega;
- Põlevkivituha taaskasutamise rakendusuringud sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks koos tekkivate jäätmete kompleksse ärakasutamisega.

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 (ashes, clinker dust). 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 precipitated calcium carbonate with the possibly complete utilization of the generated residues.

Olulised projektid

- RESTA23 – Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemistehnoloogiad; Quality and properties of Estonian shelly phosphorite as a potential source for phosphorus and REEs and its complex processing technologies (2020–2023), A. Trikkel.
- VFP17114EK – Kaltsiumi ringtsükli kasutamine CO₂-vaba tsemendiklinkri tootmiseks; Clean clinker production by calcium looping process — CLEANKER (2017-2023). A. Trikkel, M. Uibu.

Olulised publikatsioonid

- Kaljuvee, T., Tõnsuaadu, et. al. (2022). Thermal Behavior of Estonian Graptolite–Argillite from Different Deposits. Processes, Vol 10, No 10. DOI10.3390/pr10101986.
- Gruselle, M.; Tõnsuaadu, et. al. (2022). Apatites based catalysts: A tentative classification. Molecular Catalysis, 519, #112146. DOI: 10.1016/j.mcat.2022.112146.
- Usta, M. C.; Yörük, C. R.; Uibu, et. al. (2022). CO₂ Curing of Ca-Rich Fly Ashes to Produce Cement-Free Building Materials. Minerals, 12 (5), #513. DOI:10.3390/min12050513.

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

- Osalemine rahvusvahelises projektis Horizon2020 (CLEANKER) ja ResTA programmides (ResTA23 ja ResTA18);
- Ragn-Sells AS tellimisel tehtud rakendusuring jätkub lisauuringutega (LEKEE21100; LEKEE22101), millega loodetakse jõuda tööstuslikus mastaabis tehaseeni.
- Laboratory of Inorganic Materials participates in international project Horizon2020 (CLEANKER) and ResTA program (ResTA23 and ResTA18);
- The applied research commissioned by Ragn-Sells AS is continued with extended studies (LEKEE21100; LEKEE22101), with the aim to reach finally to industrial scale.

Uurimisrühma veebilehe aadress

<https://taltech.ee/anorgaaniliste-materjalide-teaduslabor>
<https://taltech.ee/en/laboratory-inorganic-materials>

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
 Frascati Manuali klassifikaator:
 2. Tehnika ja tehnoloogia /Engineering and technology
 2.4 Keemiatehnika / Chemical engineering
 2.7 Keskkonnatehnika / Environmental engineering

 CERCS
 T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus
 T150 Materjalide tehnoloogia
 P360 Anorgaaniline keemia
- uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga
 Keskkonnaressursside väärimine / Valorisation of natural resources.
- uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
 -
- uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Andres Trikkel, 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 hindamiseksperit;
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 hindamiseksperit;
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

Kadriann Tamm, teadur

Ajakirjade IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; Fuel, Minerals retsensent

- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:
uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms)
On välja töötatud ja arendatakse jätkuvalt edasi tehnoloogiat põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) saamiseks. Arendustööd, mis seisnevad tuha võimalikult komplekses ja keskkonnaohutus ära kasutamises, jätkuvad. Lep19098, LEKEE21100, LEKEE22101 – Alusleping koos jätkutöödega. M.Uibu, A.Trikkel.
On näidatud, et kasutades aluselisi tööstusheitmeid (klinkritolm, põlevkivi- jm tuhad) erinevate ehitusmaterjalide valmistamiseks vähenevad CO₂ heitmed, sest osa emiteeritud CO₂ kogusest seotakse protsessis tahkese materjali. KIK17083 – "Uuring tööstusjäätmetest ehituslike täitematerjalide saamiseks koos CO₂ sidumisega (21.12.2016-1.06.2018)". M.Uibu; LEKEE22020A – "Lendtuha kasutamine tsemendi-vabade tänavakivide valmistamiseks (03.03.2022-30.06.2022)". C.R.Yörük.
On välja pakutud lahendused CO₂ emissioonide vähendamiseks põlevkivienergeetikas, analüüsitud kõige sobivamaid CO₂ püüdmise tehnoloogiaid ning antud vastavad soovitusel. Lep19010EK – "Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS ja CCU tehnoloogiate (2019-2021, ETAG)". A. Konist, ..., M.Uibu, A.Trikkel.
On välja töötatud soovitusel Eesti fosforiidimaagi flotatsioonrikastamiseks ja põlevkivituha kasutamiseks. RITA1 – Alateemad projektis "Maapõueressursside efektiivsemate, keskkonnasõbralikumate ja säästvamate kasutusvõimaluste väljatöötamine (2017-2020, ETAG)". A.Trikkel, K.Tõnsuaadu, M.Uibu.
käimasolevate projektide/lepingute tulemustel (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused
Töötatakse välja tehnoloogia Eesti fosforiidi jäätmevabaks töötlemiseks eesmärgiga saada fosforväetisi ning eraldada haruldased muldmetallid. ResTA23 – "Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemistehnoloogiad (2020-2023)". A.Trikkel, K.Tõnsuaadu; PRG1779 – "Fosforväetised ja haruldased metallid jäätmevabalt Eesti fosforiidist (2023-2027)". A.Trikkel, T.Tamm, K.Tõnsuaadu.

Uuritakse fosfaattoormega kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) töötlemise võimalusi eesmärgiga eraldada kasulikke elemente, näiteks vanaadiumit (ResTA18 2020-2023). R.Hints, K.Tõnsuaadu, T.Kaljuvee.

Uuritakse võimalusi kasutada erinevaid tuhkasid (põlevkivi-, olme- ja puidudtuhad) spetsiifiliste ehitusmaterjalide saamiseks ning siduda nn kiirendatud karboniseerimise protsessis ka teatud hulga CO₂ tahkesse materjali. (LEKEE22020 koos jätkulepinguga, Pakendiringlus 2023). C.R.Yörük, A.Gregor.

- Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
 - Department of Physics, Constantine the Philosopher University, A. Nitra, Slovak Republic
 - Institut de Recherche de Chimie Paris, France
 - GTK Mintec, Tutkijankatu 1, 83500 Outokumpu, Finland
 - Ragn-Sells Group (R-S OSA Service)
 - Eesti Pakendiringlus OÜ
 - Tartu Ülikool, Geoloogia osakond

Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor**Laboratory of Biofunctional materials****Juht/Head:** juhtivteadur **Vitali Sõritski**Tel.: +372 620 2820, e-mail: vitali.syritski@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Andres Öpik -emeritprofessor, vanemteadur
- Jekaterina Reut -vanemlektor
- Akinrinade George Ayankojo -teadur
- Roman Boroznjak -teadur
- Anna Kidakova -teadur

Doktorandid/Doctoral students

- Vu Bao Chau Nguyen
- Enayat Mohsenzadeh
- Vyacheslav Bolkvadze

Võtmesõnad/keywords

Võtmesõnad eesti keeles

Molekulaarselt jäljendatud polümeerid, sünteetilised retseptorid, keemilised sensorid, meditsiiniline diagnostika, PoCT, keskkonnaseire, covid-19 kiirtest.

Võtmesõnad inglise keeles

Molecularly imprinted polymers, synthetic receptors, chemical sensors, medical diagnostics, PoCT, environmental monitoring, covid-19 express test.

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

Tekst eesti keeles.

Uurimisrühm tegeleb nutikate funktsionaalsete sensormaterjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitstes 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).

Tekst inglise keeles

The group develops smart sensing functional materials to propose solutions with considerable potential impact on essential areas of human life such as environmental protection and medical diagnostics. Employing the molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials so called Molecularly Imprinted Polymer (MIP). The main benefit of use 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).

Olulised projektid

- ETAGi grant PGR307 (1.01.2019–31.12.2023), vastutav täitja: V. Sõritski.
- TalTech kommertsialiseerimisgrant „Sünteetilise retseptoriga elektrokeemiline kiirtest SARS-CoV-2 antigeeni kvantitatiivseks määramiseks“ (01.09.2022-28.02.2024). vastutav täitja: V. Sõritski.

Olulised publikatsioonid

- Ayankojo, A. G.; Boroznjak, R.; Reut, J.; Öpik, A.; Syritski, V. (2022). Molecularly imprinted polymer based electrochemical sensor for quantitative detection of SARS-CoV-2 spike protein. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 353, #131160. DOI: 10.1016/j.snb.2021.131160.open access
- Ayankojo, A. G.; Reut, J.; Nguyen, V. B. C.; Boroznjak, R.; Syritski, V. (2022). Advances in Detection of Antibiotic Pollutants in Aqueous Media Using Molecular Imprinting Technique—A Review. *Biosensors*, 12 (7), #441. DOI: 10.3390/bios12070441.open access
- Antipchik, M.; Reut, J.; Ayankojo, A. G.; Öpik, A.; Syritski, V. (2022). MIP-based electrochemical sensor for direct detection of hepatitis C virus via E2 envelope protein. *Talanta*, 250, #123737. DOI: 10.1016/j.talanta.2022.123737.

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Töötati välja elektrokeemiline sensor SARS-Cov-2 antigeeni tuvastamiseks (ncovS1 sensor), mille tundlik element põhineb SARS-CoV-2 ogavalgu (ncovS1) suhtes selektiivsel MIP sünteetilisel retseptoril. Valmistatud sensori üheks selgeks eeliseks nii klassikalise PCR meetodi kui ka praegu laialt kasutatavate antigeeni kiirtestide (külgvoolutestid) suhtes on tema võimekus määrata ka viirusvalgu kontsentratsiooni proovis. Lisaks, kuna ogavalk on viiruse eri variantidel erinev, on ncovS1 sensor potentsiaalselt võimeline eristama erinevate SARS-CoV-2 viirustüvede vahel, mida kinnitasid ka esialgsed tulemused. Tulemused on avaldatud kõrge mõjufaktoriga ajakirjas *Sensors and Actuators B: Chemical* ning artiklil on juba alates esimesest ilmumise aastast märkimisväärselt palju tsiteeringuid.

<https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.131160>

Tekst inglise keeles

An electrochemical sensor based on a MIP synthetic receptor for the quantitative detection of SARS-CoV-2 spike protein subunit S1 (ncovS1) was developed. The sensor demonstrated quantitative advantage over PCR method and the lateral-flow immunochromatography-based SARS-CoV-2 antigen tests. In addition, the sensor was capable of a reasonable discrimination against the spike proteins from different variants of the SARS-CoV-2 virus. The results were published in high impact factor journal *Sensors and Actuators B: Chemical* and already cited multiple times.

Uurimisrühma veebilehe aadress

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

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
1.4 Loodusteadused. Keemiateadused ja 2.11 Tehnika ja tehnoloogia. Teised tehnika- ja tehnoloogiategadused
- uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga
Targad ja energiatõhusad keskkonnad
Keskkonnaressursside väärastamine
Tervisetehnoloogiad
- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:
uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms)

Tekst

käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused

Kõrgselektiivsed ja töökindlad MIP-sensorkiibid integreeritud kaasaegsete nutilahendusega avavad uued võimalused odavamate, portatiivsete sensorite valmistamiseks meditsiiniliste või keskkonna ekspress analüüside teostamiseks vahetult sündmuskohal (point-of-care testing, PoCT).

- Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
 - 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
 - Synlab Eesti OÜ, Tallinn, Eesti
 - Tartu Ülikool, Füüsika instituut, Sensortehnoloogiaste labor
 - Tallinna Tehnikaülikool, Keemia- ja biotehnoloogia instituut, Smart analytics uurimisrühm.

Keemiliste kiletehnoloogiaste teaduslaboratoorium

Laboratory of Thin Film Chemical Technologies

Juht/Head: Ilona Oja Acik

Tel.: +372 620 3369, e-mail: ilona.oja@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Malle Krunks, professor
- Ilona Oja Acik, professor
- Matteo Chiesa, sihtrahastusega professor
- Tatjana Dedova, vanemteadur
- Nicolae Spalatu, vanemteadur
- Atanas Katerski, teadur
- Merike Kriisa, teadur

Järel doktorid/Postdoctoral students

- Sreekanth Mandati, järel doktor-teadur
- Alka Pareek, järel doktor-teadur

Doktorandid/Doctoral students

- Jako Siim Eensalu
- Jekaterina Sydorenko
- Zengjun Chen
- Robert Krautmann
- Nimish Juneja
- Robert Beglaryan
- Sajeesh Vadakkedath Gopi
- Mykhailo Koltsov

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/Non-academic staff

- Arvo Mere

Võtmesõnad/keywords

Päikesepatareid, õhukesed kiled, fotokatalüütilised pinnakatted
Solar cells, thin films, photocatalytic coatings

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

Uurimisrühma põhikompetentsid on:

- metalloksiid ja -kalkogeniid õhukeste kilede ja nanostruktuursete kihtide väljatöötamine tööstuses rakendatavate keemiliste- ning vaakummeetoditega
- päikesepatareid,
- fotokatalüütilised pinnakatted

The key competences of the research group are:

- metal oxide and chalcogenide thin films and nanostructures by cost-effective chemical and vacuum based technologies.
- solar cells,
- photocatalytic coatings

Olulised projektid

- VEU22058H2020, COST, Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel põhinevad päikesepatareid – rahvusvaheline koostöövõrgustik teadus- ja arendustöö läbiviimiseks, CA21148
- PRG627, Antimon-kalkogeniid õhukesed kiled järgmise põlvkonna pool-läbipaistvatele päikeseelementidele kasutamiseks elektrit tootvates akendes
- VFP20035, ERA CHAIR, 5GSOLAR
- TAR16016EK, Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele
- ETAG21014, Poolläbipaistvate kahepoolsete õhukesekileliste päikesepatareide arendus uuenduslikeks rakendusteks
- PSG689, Õhukesekilelised vismutkalkogeniidid murrangulisele tulevase põlvkonna päikeseenergiatehnoloogiale

Olulised publikatsioonid

- T. Dittrich, J. Sydorenko et al., Synthesis control of charge separation at anatase TiO₂ thin films studied by transient surface photovoltage spectroscopy, ACS Applied Materials & Interfaces journal, 14(38), 43163, 2022
- Chen, Z et al. ZnO/NiO heterostructures with enhanced photocatalytic activity obtained by ultrasonic spraying of a NiO shell onto ZnO nanorods. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 648, #129366, 2022
- Juneja, N. et al., Sb₂S₃ Solar Cells with Cost-effective and Dopant-free Fluorene-based Enamine as Hole Transport Material. Sustainable Energy & Fuels, 6, 3220, 2022

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Materjalide pinna fotopinge mõõtmiste põhjal kirjeldasime TiO₂ kilede pinnal toimuvaid füüsikalisi protsesse, mis kontrollivad pihustatud kilede fotokatalüütilist võimekust ja on tehnoloogiliselt juhitavad TTIP:acacH moolarsuhtega pihustuslahuses.

Testisime uut orgaanilist aukjuhtmaterjali V1236 Sb₂S₃ päikesepatareides. Leidsime, et optimaalne V1236 lahuse kontsentratsioon on 2wt%, mis annab V1236 kihi pakuseks ca 20 nm ja päikesepatarei klaas/TCO/TiO₂/Sb₂Se₃/V1236/Au kasuteguriks 3.9 %.

Selgitasime välja orgaaniliste saasteainete fotokatalüütilise lagundamise mehhanismid ZnO/NiO ja ZnO/Cu_xO heterostruktuurides, mis võrreldes ZnO-ga näitavad kuni 50% suuremat fotokatalüütilist efektiivsust. Tulemused on olulised efektiivsemate fotokatalüütiliste materjalide väljatöötamisel.

Tekst inglise keeles

Based on the surface photovoltage (SPV) measurements, we described mechanisms on the surface of TiO₂ films that determine the photocatalytic properties of TiO₂ films and are controlled by the TTIP:acacH molar ratio in the spray solution.

We tested a new organic hole-conducting material V1236 in Sb₂S₃ solar cells. We found that the optimal V1236 solution concentration is 2wt%, which gives ca 20 nm thick V1236 layer and results in the glass/TCO/TiO₂/Sb₂Se₃/V1236/Au solar cell with an efficiency of 3.9 %.

We described the mechanism of photocatalytic degradation of pollutants on ZnO/NiO and ZnO/Cu_xO heterostructures, demonstrating up to 50% higher photocatalytic degradation efficiency compared to ZnO. The results pave the way for more efficient photocatalytic materials.

Uurimisrühma veebilehe aadress

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

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
 - 2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.10 Nanotehnoloogia/ 2. Engineering and technology, 2.10 Nanotechnology
 - 2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.5 Materjalitehnika/ 2. Engineering and technology, 2.5 Materials engineering
 - 5. Tehnikateadused, T150 Materjalitehnoloogia/ 5. Technological sciences; 150 Material technology
 - 5. Tehnikateadused; T155 Pinded ja pinnatehnoloogia /5. Technological sciences; T155 Coatings and surface treatment
 - 5. Tehnikateadused; T140 Energeetika/ 5. Technological sciences; T140 Energy research
- uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga
 - Targad ja energiatõhusad keskkonnad
 - Keskkonnaressursside väärastamine
- uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
 - Malle Krunks – Teaduste Akadeemia medali laureaat
 - Malle Krunks- Estonian Academy of Science medal
- uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
 - COST (CA21148) RENEW-PV TA&I koostöövõrgustik
 - COST (CA21148) RENEW-PV R&D&I network
- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

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

Rakenduslik arendustöö on suunatud päikeseelementidel põhinevate nutikate elektrit tootvate teekatendite väljatöötamisele, mille tootmisega on alustanud ülikooli spin-off ettevõtte E-Pavement.

Applied research is devoted to the development of solar cell integrated smart pavement for electricity production. Company E- Pavement implement the technology developed in the research group.

Keskkonnatehnoloogia teaduslabor
Laboratory of Environmental Technology

Juht/Head: Professor Sergei Preis

Tel.: +372 620 3365, e-mail: sergei.preis@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Niina Dulova – vanemteadur/Senior Research Scientist
- Marina Kritševskaja – vanemlektor, Keemia- ja keskkonnatehnoloogia (KAKM) õppekava juht/Senior Lecturer, Programme Director (Chemical and Environmental Technology)
- Juri Bolobajev – vanemlektor/Senior Lecturer

Doktorandid/Doctoral students

- Dmitri Nikitin
- Kristen Altof
- Irina Petrotšenko

Võtmesõnad/keywords

Keskkonnatehnoloogia, veetöötlemine, õhupuhastus, pinnasepuhastus, süvaoksüdatsiooni protsessid, korona impulsslektrilahenduse plasma, katalüüs, fotokatalüüs
Environmental technology, water treatment, air cleaning, soil cleaning, advanced oxidation processes, pulsed corona discharge plasma, catalysis, photocatalysis

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

Uurimisrühm on kompetentne keskkonnatehnoloogia probleemide lahenduses, mis sisaldab veetöötlemist, õhu- ja pinnasepuhastust, kus kasutatakse süvaoksüdatsiooni protsesse, korona impulsslektrilahenduse plasmat, katalüütilisi ja fotokatalüütilisi protsesse.

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.

Olulised projektid

- ETG22018 (ABtomat) Utilization of Aluminium-Bearing Raw Materials for the Production of Aluminium Metal, Other Metals and Compounds, ERA-MIN3 Joint Call 2021 project (01.02.2022–31.01.2025) in co-operation with Bowmen Consulting, s. r. o., United Energy, a. s., Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., AV EKO Color, s. r. o., University of Chemistry and Technology Prague (Czech Republic); ETI Aluminyum, Arslan Aluminyum, Yeditepe University and Istanbul Technical University (Turkey); KTH Royal Institute of Technology (Sweden); Public University of Navarra (Spain)

Olulised publikatsioonid

- 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, vol. 438, #135602, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2022.135602>
- Onga, L.; Kattel-Salusoo, E.; Trapido, M.; Preis, S. (2022) Oxidation of Aqueous Dexamethasone Solution by Gas-Phase Pulsed Corona Discharge, Water, vol. 14, #467, <https://doi.org/10.3390/w14030467>
- Zhang, F.-Z.; Kong, Q.-P.; Chen, H.-H.; Zhao, X.; Yang, B.; Preis, S. (2022) Zero valent boron activated ozonation for ultra-fast degradation of organic pollutants: Atomic orbital matching, oxygen spillover and intra-electron transfer, Chemical Engineering Journal, vol. 434, #134674, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.134674>
- Nikitin, D.; Kaur, B.; Preis, S.; Dulova, N. (2022) Persulfate contribution to photolytic and pulsed corona discharge oxidation of metformin and tramadol in water, Process Safety and Environmental Protection, vol. 165, p. 22–30, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.07.002>

Uurimisrühma veebilehe aadress

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

Täiendav info

- Tegevusvaldkond

Vete/heitvete ja õhu puhastamise uued tehnoloogiad; katalüütilised ja fotokatalüütilised oksüdatsiooni protsessid vee ja õhu puhastamisel. Elektrilahenduse plasma vee ja õhu puhastamisele rakendamine.

- uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga
Targad ja energiatõhusad keskkonnad; keskkonnaressursside vääristamine
- Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
University of Chemistry and Technology Prague (VŠChT, Czech Republic)
Chemi-Pharm AS (Eesti)

Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor

Laboratory of Polymers and Textile Technology

Juht/ Head: professor **Andres Krumme**

Tel.: +372 620 2907, +372 527 5143, e-mail: andres.krumme@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Krumme - professor
- Elvira Tarasova – vanemlektor
- Viktoria Gudkova – vanemlektor
- Tiia Plamus – vanemlektor
- Omar Parve - vanemteadur
- Illia Krasnou - teadur
- Natalja Savest – teadur
- Erki Kärber - teadur
- Kersti Merimaa - lektor

Doktorandid/ Doctoral students

- Nutan Bharat Savale – doktorant-nooremteadur
- Katre Worth - doktorant-nooremteadur
- Merit Rikko
- Nele Mandre

Võtmesõnad/ keywords

Polümeerid, biopolümeerid, tselluloosi derivaadid, polümeeride tehnoloogia, polümeerkomposiidid, reaktiivne ekstrusioon, tekstiil, elektroketrus, nanokiud, superkondenssaatorid, filtermaterjalid

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

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Labori teadustöö peamine fookus on keskkonnaressursside väärindamine ja uute nanokiuliste elektron- ja filtermaterjalide arendamine. Eesmärgiks on jätkusuutlike alternatiivide leidmine fossiilsete maavarade põhiste polümeerimaterjalidele ning selleks biopõhiste keskkonnaressursside ning taaskasutatavate materjalide rakendamine nii laiatarbetoodes aga ka spetsiifilistes valdkondades.

Otsitakse uudseid võimalusi tselluloosi jätkusuutlikuks väärindamiseks, 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.

The main focus of the laboratory's research is the valorisation of environmental resources and the development of new nanofibrous electron- and filter materials. The aim is to find sustainable alternatives to fossil-based polymeric materials and, to this end, to apply bio-based environmental resources and recyclable materials in both consumer products and specific areas.

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 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. In many cases, plastics require the use of mineral additives to affect the properties of the composite material (stiffness, thermal conductivity, fire resistance, etc.) and to reduce the proportion of plastic and thus the cost. It is clarified whether and how different mineral wastes, such as ash from electricity and oil production, can replace mined minerals such as limestone in composites. Solutions are also being sought for large-scale recycling of textile waste and lignocellulosic fibers as a reinforcing filler for plastic composites.

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.

Olulised projektid

- RESTA10 Tselluloosi keemiline väärimine ioonsete vedelike keskkonnas / RESTA10 Chemical valorization of cellulose in environment of ionic liquids
- RESTA7 Lignotselluloosse biomassi keemiline konverteerimine monomeerideks ja polümeeriseerimine kõrgtehnoloogilisteks polümeerideks / RESTA7 Conversion of lignocellulose into monomers and polymerization into high-performance polymers

Olulised publikatsioonid

- Kubo, Anna-Liisa, Kai Rausalu, Natalja Savest, Eva Žusinaite, Grigory Vasiliev, Mihkel Viirsalu, Tiia Plamus, Andres Krumme, Andres Merits, and Olesja Bondarenko. 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, no. 12: 2549. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14122549>
- Zelca, Zane, Andres Krumme, Silvija Kukle, Mihkel Viirsalu, and Laimdota Vilcena. 2022. "Effect of Electrode Type on Electrospun Membrane Morphology Using Low-Concentration PVA Solutions" *Membranes* 12, no. 6: 609. <https://doi.org/10.3390/membranes12060609>

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
4. Loodusteadused ja tehnika / 4. Natural Sciences and Engineering
4.12. Protsessitehnoloogia ja materjaliteadus / 4.12. Process Technology and materials science
CERCS KLASSIFIKAATOR: T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia / CERCS CLASSIFICATION: T460 Wood, pulp and paper Technology

CERCS KLASSIFIKAATOR: T150 Materjalitehnoloogia / CERCS CLASSIFICATION: T150 Material technology

CERCS KLASSIFIKAATOR: T470 Tekstiilitehnoloogia / CERCS CLASSIFICATION: T470 Textiles technology

- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga
 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
 3. Keskkonnaressursside väärastamine
- Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Saksamaa Haridus- ja Teadusministeeriumi toetatud võrgustumistegevus EU-TEXNet/
German Ministry of Education and Research supported networking activity EU-TEXNet

COST action CA19124 „Rethinking packaging for circular and sustainable food supply chains of the future“

- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:
uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms)

Termoplastse tselluloosi sünteesi meetodite väljatöötamine ja piloottehnoloogia arendamine. Rahastav projekt: RESTA10 „Tselluloosi keemiline väärindamine ioonsete vedelike keskkonnas.“ Huvitunud ettevõtted: VKG, Fibenol, UPM. Uudsi: <https://director.ee/2022/08/11/andres-krumme-plastimurest-vabaks-puidust-toodetava-bioplasti-abil/>

<https://www.aripaev.ee/arvamused/2022/06/13/taltechi-kaasprofessor-eestil-on-plastimure-lahendamiseks-oma-suur-voimalus>

<https://www.aripaev.ee/saated/2022/10/03/eesti-teadlased-sihivad-plasti-tootmises-revolutsiooni>

<https://rohe.geenius.ee/blogi/biomajandus/valmis-mone-minutiga-eesti-teadlased-hakkavad-puidust-plastmassi-tootma/>

<https://researchinestonia.eu/2022/03/03/estonian-scientists-to-produce-tons-of-bioplastic-from-wood/>

Elektroketrusmeetodil valmistatud, tselluloosi derivaatidel põhinevad viirusevastaseid toimeaineid sisaldavad filtermaterjalid. Uuringu rahastaja: COVSG16 „Uudsed nanoosakestel põhinevad filtermaterjalid ja näomaskid SARS-CoV-2 inaktiveerimiseks“. Tulemuste rakendaja: Esfil Tehno AS.

Metoodika geosünteeside pikaajalise vastupidavuse kiirendatud hindamiseks Eesti oludes. Uuringu rahastaja: LEP19061 „Maanteeameti töövõtuleping nr 1-12/19/1733-1 Geosünteesitika kvaliteedikontrolli arendamine etapp 2“. Tulemuste rakendaja: Transpordiamet, Tallinna Tehnikaülikooli baasil asutatav katselabor.

Development of thermoplastic cellulose synthesis methods and pilot technology. Funding project: RESTA10 “Chemical valorization of cellulose in environment of ionic liquids”. Interested companies: VKG, Fibenol, UPM. News: <https://director.ee/2022/08/11/andres-krumme-plastimurest-vabaks-puidust-toodetava-bioplasti-abil/>

<https://www.aripaev.ee/arvamused/2022/06/13/taltechi-kaasprofessor-eestil-on-plastimure-lahendamiseks-oma-suur-voimalus>

<https://www.aripaev.ee/saated/2022/10/03/eesti-teadlased-sihivad-plasti-tootmises-revolutsiooni>

<https://rohe.geenius.ee/blogi/biomajandus/valmis-mone-minutiga-eesti-teadlased-hakkavad-puidust-plastmassi-tootma/>

<https://researchinestonia.eu/2022/03/03/estonian-scientists-to-produce-tons-of-bioplastic-from-wood/>

Filter materials containing antiviral agents based on cellulose derivatives, obtained by the electrospinning method. Funding project: COVSG16 " Novel nanoparticle-based filter materials and face masks for SARS-CoV-2 inactivation". Implementer of the results: Esfil Tehno AS.

Methodology for accelerated assessment of the long - term durability of geosynthetics in Estonian conditions. Funding project: LEP19061 "Road Administration Contract No. 1-12 / 19 / 1733-1 Methodology for accelerated evaluation of long-term durability of geosynthetics in specific conditions of Estonia". Implementer of the results: Transport Administration, test laboratory established on the basis of Tallinn University of Technology.

Puidutehnoloogia labor

Laboratory of Wood Technology

Juht/ Head: kaasprofessor teneuris **Jaan Kers**

Tel.: +372 620 2910, e-mail jaan.kers@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Jaan Kers – kaasprofessor teneuris/Tenured Associate Professor
- Triinu Poltimäe – vanemlektor/Senior Lecturer
- Heikko Kallakas – teadur/Researcher
- Anti Rohumaa – teadur/Researcher
- Percy Festus Alao – teadur/Researcher
- Karmo Kiiman – lektor/Lecturer
- Silvi Treial – lektor/Lecturer

Doktorandid/Doctoral students

- Catherine Kilumets – doktorant-nooremteadur/Early Stage Researcher
- Tolgay Akkurt – doktorant-nooremteadur/Early Stage Researcher
- Tanuj Kattamanchi – doktorant-nooremteadur/Early Stage Researcher

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/Non-academic staff

- Kärt Kängsepp – insener/Engineer
- Margus Kangur – tehnik/Technician

Võtmesõnad/keywords

Spoon, vineer, tselluloos, puitpolümeerkomposiidid, puitplastkomposiidid, looduslikud komposiidid, mööbel

Veneer, plywood, cellulose, wood-polymer composites, agro-crop and natural fibre composites, furniture

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

TalTech Puidutehnoloogia labor tegeleb madalakvaliteediliste lehtpuuliikide väärdamisega 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 veeri 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 uudeid biopolümeere ja biokomposiite kasutamiseks pakendites.

The Laboratory of Wood Technology is investigating 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. Wood surface properties depend on wood structure, moisture content and process parameters and are thus changing with relative humidity. For this purpose, lab is equipped with unique pilot scale veneer and plywood production line which enables to precisely control all the material and process parameters.

In collaboration with nearly zero energy buildings research group in the doctoral thesis of Villu Kukk the hygrothermal criteria for using cross-laminated timber (CLT) panels in designing and constructing the wood buildings. Laboratory of wood technology is studying in WoodLCC project in nearly zero energy testbuilding the impact of moisture content and temperature to crack formation in cross-laminated timber (CLT) panels.

Development of biocomposites and green composites from natural fiber and agro-crop (hemp fibres and reed) were also a main part of the research work conducted during the past year. As a result of 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 laboratory of polymer and textile technology the novel thermoplastic cellulose materials for further packaging applications are developed.

Olulised projektid

- MNKE22048 "Eesti vähekasutatud puiduliikide kasutusvõimalused uutes spoonipõhistes toodetes" (1.07.2022–17.06.2024)
- RESTA10 "Tselluloosi keemiline väärimine ioonsete vedelike keskkonnas (1.09.2020–31.08.2023)
- Estonian Plywood AS – Nutika spetsialiseerumise rakendusuring „Madalakvaliteediliste puiduliikide väärimine uudeteks puitpolümeerkomposiitmaterjalideks“ (01.09.2019-30.03.2022).
- Sutu OÜ – Nutika spetsialiseerumise rakendusuring „Rakendusuring pilliroogbiokomposiit-materjalide kasutamiseks biolagunevates toidunõudes“ (01.04.2019-31.03.2022)

Olulised publikatsioonid

- Akkurt, T.; Kallakas, H.; Rohumaa, A.; Hunt, C. G.; Kers, J. (2022). Impact of Aspen and Black Alder Substitution in Birch Plywood. *Forests*, 13 (2, 142), 1–11. DOI: [10.3390/f13020142](https://doi.org/10.3390/f13020142).
- Alao, P. F.; Press, R.; Kallakas, H.; Ruponen, J.; Poltimäe, T.; Kers, J. (2022). Investigation of Efficient Alkali Treatment and the Effect of Flame Retardant on the Mechanical and Fire Performance of Frost-Retted Hemp Fiber Reinforced PLA. *Polymers*, 14 (11), #2280. DOI: [10.3390/polym14112280](https://doi.org/10.3390/polym14112280).

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

2022. a üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil pälvis Jaan Kersi poolt kaasjuhendatud Villu Kuke doktoritöö I preemia doktoriõppe üliõpilaste astmes.

At the 2022 national competition for student research papers, Villu Kukk's doctoral thesis, co-supervised by Jaan Kers, received the 1st prize in the category of doctoral students.

Uurimisrühma veebilehe aadress

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

Täiendav info

- Tegevusvaldkond
 - 2.5 Materjalitehnika
 - T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia
 - T150 Materjalitehnoloogia
 - T152 Komposiitmaterjalid
- uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga

Keskkonnaressursside vääristamine/ Valorisation of natural resources.
- uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Jaan Kersi poolt juhtitud riiklik puidutehnoloogia tehnikateaduste professor läbis edukalt ETAg-I poolt läbi viidud rahvusvahelise sihtvelveerimise.

The national professorship of technical sciences in wood technology, led by Jaan Kers, successfully passed the international targeted evaluation conducted by Estonian Research Council.
- uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
 - Jaan Kers on rahvuslik koordinaator koostöövõrgustikus Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE).
 - Jaan Kers on Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu juhatuse liige
 - Jaan Kers on Eesti Mööblitootjate Liidu juhatuse liige
- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

uurimisrühma nutikas meetme projekti raames 2019-2022 läbi viidud rakendusuuringu „Madalakvaliteediliste puiduliikide väärimine läbi uudsete komposiitmaterjalide arendamise“ saavutatud tulemused on tootmisse rakendamisel ettevõttes Estonian Plywood AS. Koostöö ettevõttega jätkub haava- ja sanglepa spooni omaduste parendamiseks läbi hügrotermilise töötlemise.

uurimisrühma nutikas meetme projekti raames 2019-2022 läbi viidud rakendusuuringu „Rakendusuuring pilliroogbiokomposiitmaterjalide kasutamiseks biolagunevates toidunõudes“ saavutatud tulemused on tootmisse rakendamisel ettevõttes Sutu OÜ. Koostöö ettevõttega jätkub pilliroogbiokomposiidi omaduste parendamiseks selle kasutusele võtuks uutes rakendustes.

The results of the research group's smart specialisation measure financed project 2019-2022, "Enhancement of low-quality wood species through the development of innovative composite materials", were implemented in production at Estonian Plywood AS. The cooperation with the company continues to improve the properties of aspen and black alder veneer through hygrothermal treatment.

The results of the the research group's smart specialisation measure financed project 2019-2022 "Application study for the use of reed biocomposite materials in biodegradable food dishes" results are being implemented in production at Sutu OÜ. Cooperation with the company continues to improve the properties of the reed biocomposite for its use in new applications.
- Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
 - USDA Forest Products Laboratory (Madisson, Wisconsin) – Dr. Heikko Kallakas alustas 2022 FPL-is järel doktorantuuri Dr. Chirs G. Hunti (Fullbright külalisteadlane TTÜ-s 2021) juures ja jätkuvad teaduskoostöö projektid FPL-I teadlaste ja puidutehnoloogia labori doktorantide vahel.
 - South-Eastern Finland University of Applied Sciences (Xamk) – Spooni katsete koostööprojektid

- Palonot Oy – Vineeride ja kanepikiu tulekindluse arendused
- Estonian Plywood AS – Vineeri katsetused ja arendustööd,
- Sutu OÜ – pilliroogbiokomposiitide arendus
- Rait AS – uute puidu pinnaviimistlustehnoloogiate võrdlevad katsetused kunstlikul vanandamisel ja vananemisel välikeskonnas.

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

Laboratory of Photovoltaic Materials

Juht/Head: Professor **Marit Kauk-Kuusik**

Tel.: +372 620 3360, e-mail: marit.kauk-kuusik@taltech.ee

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/academic staff

- Bereznev, Sergei- dotsent
- Danilson, Mati- teadur
- Grossberg, Maarja- tenuuri täisprofessor
- Kauk-Kuusik, Marit- vanemteadur
- Kaupmees, Reelika- teadur
- Krustok, Jüri- emeriitprofessor, vanemteadur
- Maricheva, Jelena- teadur
- Mikli, Valdek- vanemteadur
- Muska, Katri- teadur
- Pilvet, Maris- teadur
- Polivtseva, Svetlana - teadur
- Raadik, Taavi- teadur
- Timmo, Kristi- vanemteadur
- Volobujeva, Olga- vanemteadur

Järel doktorid/Postdoctoral students

- Walke, Peter Robert - kuni juuni 2023

Doktorandid/Doctoral students

- Dolcet Sadurni, Marc
- Filippova, Xenia
- Ghisani, Fairouz
- Kristmann, Katriin
- Li, Xiaofeng
- Mengü, Idil
- Mironova, Viktorija
- Penežko, Aleksei
- Shmagina, Elizaveta
- Uslu, Mehmet Ender

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/Non-academic staff

- Altosaar, Mare- juhtivspetsialist
- Raudoja, Jaan- insener

Võtmesõnad/keywords

Võtmesõnad eesti keeles: Päikeseplatereid, pooljuhtmaterjalide süntees, kahedimensionaalsed materjalid, defektstruktuur, optoelektronsed omadused

Võtmesõnad inglise keeles: Photovoltaics, semiconductor material synthesis, 2D materials, defect structure, optoelectronic properties

Uurimisrühma kompetentsid/Competences

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori peamiseks uurimisvaldkonnaks on pooljuhtmaterjalide süntees ja optoelektronsete omaduste uuringud eesmärgiga kasutada neid päikeseenergeetika rakendustes. 2022. aastal olid peamiseks uurimisteemadeks:

- Kesteriitsetes monoterakiht- päikeseelementides siirdeala rekombinatsioonide vähendamine. Li-ga legeerimine võimaldas modifitseerida absorbermaterjali keelutsooni ja energiatsoonide asendit ning järgnev absorbermaterjali koostise täpne reguleerimine

kasvatustehnoloogiate pinnatöötlemise tõstis seadme efektiivsust 11,7%-ni, mis on selle materjali puhul maailmarekord.

- Sb_2Se_3 madalatemperatuursete PL-uuringud ei näidanud, et kiirgus tuleneks seotud eksitonidest või tsoonisabadest, viidates sellele, et kõrge V_{OC} taseme saavutamisel ei ole põhimõttelist piirangut, mis on väga oluline Sb_2Se_3 -põhiste päikesepatareide edasiseks arendamiseks. PL-spektroskoopia abil uuriti ka $\text{Sb}_2(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_3$ ($x=0-1$) polükristallides esinevaid kiirguslikke rekombinatsiooni mehhanisme. Kiirgusliku rekombinatsiooni mehhanismi muutus toimus materjalides, mille $x > 0,2$ ja see tulenes sügavast doonor-aktseptori paari rekombinatsioonist.
- FeS_2 monokristallide kasvatamise tingimuste väljatöötamine eesmärgiga tulevikus rakendada seda tehnoloogiat elektrienergia tagamiseks ESA Kuu lõunapoolusele rajatavale baasile.
- Perhüdropolüsilasaanil (PHPS) põhinevate termiliselt ja UV-kõvenevate kaitsekilede uurimine, mis annab võimalused PHPS-il põhinevate iseparanevate kaitsekatete valmistamiseks.

The main field of research for Laboratory of Photovoltaic Materials Research is the synthesis and the design of the electrical, optical properties and defect structure of semiconductor materials for next-generation solar cells.

In 2021 the research was focused on the following:

- Modification of the CZTS/CdS interface in order to reduce surface recombination. Doping and alloying with Li offered a way to modify bandgap and conduction band offset of the CZTS and the subsequent precise adjustment of the absorber material composition by combinational post-treatment improved the device efficiency to 11.7%, which is a world record for this material.
- Low temperature PL studies of Sb_2Se_3 showed no evidence of emission from self-trapped excitons or band-tails, suggesting that there is no fundamental limitation to achieve high V_{OC} , which is very important for further development of Sb_2Se_3 -based solar cells. The $\text{Sb}_2(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_3$ ($x=0-1$) series of polycrystals were studied by PL spectroscopy to reveal the radiative recombination mechanisms in these promising absorber materials for photovoltaics. A change in the radiative recombination mechanism was detected being of excitonic origin in samples with $x \leq 0.2$ and resulting from deep donor-deep acceptor pair recombination in samples with $x > 0.2$.
- Thermally and UV-cured protective thin films based on perhydropolysilazane (PHPS) were prepared and comparatively studied with special attention to the morphology and compositional analysis of the obtained structures. This opens up possibilities for creating self-improving protective coatings based on PHPS.
- Development of synthesis conditions for single-phase pyrite microcrystals with the scope to implement this technology in the future European Space Agency's lunar settlement.

Olulised projektid

- VFP20034 "Innovaatiliste kesteriididel põhinevate õhukesekileliste tehnoloogiate kohandamine erilahendusega arhitektuuri ja linnamööbli rakendusteks (1.09.2020–28.02.2024)"
- PRG1023 "Mitmik-kalkogeniididel põhinevad jätkusuutlikud, kuluefektiivsed, kerged, painduvad ja poolläbipaistvad ehitisintegreeritavad päikesepatareid (1.01.2021–31.12.2025)"
- TAR16016 "Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele (1.01.2015–1.03.2023)"

Olulised publikatsioonid

- Kauk-Kuusik, M.; Timmo, K.; Muska, K.; Pilvet, M.; Krustok, J.; Danilson, M.; Mikli, V.; Josepson, R.; Grossberg, M. Reduced recombination through the CZTS/CdS interface engineering in monograin layer solar cells, *Journal of Physics Energy*, 4 (024007). <https://doi.org/10.1088/2515-7655/ac618d>
- Kondrotas, R.; Nedzinskas, R.; Krustok, J.; Grossberg, M.; Talaikis, M.; Tumenas, S.; Suchodolskis, A.; Zaltauskas, R.; Sereika, R. Photorefectance and Photoluminescence Study of Antimony Selenide Crystals. *ACS Appl. Energy Mater.* 2022, 5, 12, 14769–14778. <http://doi.org/10.1021/acsaem.2c02131>
- Uslu, M. E.; Kondrotas, R.; Nedzinskas, R.; Volobujeva, O.; Timmo, K.; Kauk-Kuusik, M.; Krustok, J.; Grossberg, Study of the optical properties of $\text{Sb}_2(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_3$ ($x=0-1$)

solid solutions. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 144, #106571. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2022.106571>

- Kristmann, K.; Raadik, T.; Altosaar, M.; Grossberg-Kuusik, M.; Krustok, J.; Pilvet, M.; Mikli, V.; Kauk-Kuusik, M.; Makaya, A. Pyrite as promising monograin layer solar cell absorber material for in-situ solar cell fabrication on the Moon, *Acta Astronautica*, 199, 420–424. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.07.043>
- E. Shmagina, M. Danilson, V. Mikli and S. Bereznev, Comparative study of perhydro-polysilazane protective films, *Surface Engineering*, <https://doi.org/10.1080/02670844.2022.2155445>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Kutsutud ettekanded:

1. M. Grossberg-Kuusik, K. Timmo, J. Krustok, K. Muska, I. Mengü, M. Pilvet, V. Mikli, M. Danilson, M. Kauk-Kuusik "Kesteriitidel $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ põhinevate päikeseelementide väljavaated lähitulevikus", 2022 MRS Spring Meeting&Exhibit, Honolulu, Hawaii.
2. M. Kauk-Kuusik, K. Timmo, K. Muska, M. Pilvet, J. Krustok, M. Danilson, V. Mikli, O. Volobujeva, R. Josepson, M. Grossberg "CZTS/CdS piirpinna modifitseerimine rekombinatsiooniliste kadude vähendamiseks monoterkiht päikeseelementides" EU Kesterite Workshop 2022, Copenhagen, Denmark.

Invited talks:

1. M. Grossberg-Kuusik, K. Timmo, J. Krustok, K. Muska, I. Mengü, M. Pilvet, V. Mikli, M. Danilson, M. Kauk-Kuusik "Perspectives of the kesterite $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ based photovoltaics", 2022 MRS Spring Meeting&Exhibit, Honolulu, Hawaii.
2. M. Kauk-Kuusik, K. Timmo, K. Muska, M. Pilvet, J. Krustok, M. Danilson, V. Mikli, O. Volobujeva, R. Josepson, M. Grossberg "Reduced recombination losses by the CZTS/CdS interface engineering in monograin layer solar cells" EU Kesterite Workshop 2022, Copenhagen, Denmark.

Uurimisrühma veebilehe aadress <https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/paikeseenergeetika-materjalide-labor>

Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

- Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);
 - Targad ja energiatõhusad keskkonnad ja Keskkonnaressursside vääristamine
 - Uute tehnoloogiate arendamine ja eelduste loomine nende kasutuselevõtuks.
- Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori alusel ja kuni kolm teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel;
 2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.5 Materjalitehnika/ 2. Engineering and technology, 2.5 Materials engineering
 1. Loodusteadused, 1.4 Keemiateadused/ 1. Natural Sciences, Chemical sciences

Uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

- Jüri Krustok- Valgetähe IV klassi teenetemärk
- Fairouz Ghisani- Riiklikul üliõpilaste teadustööde 2022. a. konkursil ära märgitud doktoritöö tehnika ja tehnoloogia valdkonnas "Tetraedriitsete $\text{Cu}_{10}\text{Cd}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ monoterapulbrite süntees ja iseloomustamine kasutamiseks päikeseplatareides" Juhendajad: Kristi Timmo, Mare Altosaar

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

- Maarja Grossberg-Kuusik - TalTechi esindaja European Energy Research Alliance - Joint Programme in Photovoltaics (EERA PV-s), Eesti noorte teaduste akadeemia (ENTA) president, Academia.net liige.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

- Uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms)
- Teadus- ja arendusprojekt Roofit Solar Energy OÜ-ga LEKEE20041 "Päikesepaneelide vastupidavuse suurendamine keskkonna mõjudele läbi polümeerse hermeetiku

parendamise" (1.05.2020–31.08.2022) Rakendusuringu eesmärgiks oli ehitisintegreeritud päikesepaneelide vastupidavuse suurendamine keskkonna mõjudele läbi polümeerse hermeetiku parendamise. Projekti tulemusel välja töötatud parendatud omadustega polümeerset hermeetikut rakendatakse Roofit Solar Energy OÜ ehitisintegreeritud päikesepaneelides.

- Monoterapulber-tehnoloogiat arendab ja rakendab päikesepaneelide väljatöötamiseks firma crystalsol GmbH. <https://www.crystalsol.com/>
- käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused

Kesteriitide baasil monoterapulber-tehnoloogia rakendamine uue põlvkonna ehitis- ja tooteintegreeritud päikesepaneelides firma crystalsol GmbH poolt ja koostöös Custom-Art projekti raames.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

- Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), Spain
- European Space Agency (ESA)
- Roofit Solar Energy OÜ
- Stargate Hydrogen Solutions OÜ
- Interuniversitar Micro-Electronica Centrum (IMEC), Belgium
- Tartu Ülikooli keemia instituut ja füüsika instituut.