

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut, 2017. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut
Department of Materials and Environmental Technology
Malle Krunks, malle.krunks@ttu.ee, +372 620 3363

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

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

The Department conducts research within 9 research groups:

- Laboratory of Inorganic Materials
- Laboratory of biofunctional materials
- Laboratory of chemical thin film technologies
- Laboratory of Environmental Technology
- Laboratory of optoelectronic materials physics
- Laboratory of Polymers and Textile Technology
- Laboratory of Wood Technology
- Laboratory of Photovoltaic Materials Research,
- Laboratory of Solar Hydrogen Production

Anorgaaniliste materjalide teaduslabor **Laboratory of Inorganic Materials**

Labori juhataja:

Andres Trikkel, professor/vanemteadur (0,5/0,5)

Liikmed:

Tiit Kaljuvee – vanemteadur

Juha Kallas – vanemteadur (0,2)

Rein Kuusik – vanemteadur (0,5)

Kaia Tõnsuaadu – vanemteadur

Mai Uibu – vanemteadur

Kadriann Tamm – teadur

Olga Velts-Jänes – teadur (lapsepuhkusel)

Marve Einard – keemiainsener

Can Rüstü Yörük – insener

Regiina Viires – laborant (0,5), magistrant

Anastassia Žuravljova – laborant (0,5), magistrant

Teemad ja kompetentsid

Anorgaaniliste materjalide labori tegevused hõlmavad anorgaaniliste materjalide keemia ja tehnoloogia valdkonda, täpsemalt alus- ja rakendusuringuid anorgaanilistes multikomponentsetes süsteemides, eesmärgiga töötada välja uusi materjale, leida täiendavaid kasutusvõimalusi Eesti mineraalsetele maavaradele ja vähendada tööstusheitmeid. Jäätmete taaskasutus põlevkivitööstuses ja põlevkivipõhises energiatootmises pidades silmas põlevkivituhka (PKT) ning kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamine on olnud meie tööde fookuses juba pikemat aega. Praegused tegevussuunad saab reastada järgnevalt:

- PKT happeliste gaaside (SO_2 , CO_2) sidujana ja CO_2 mineraliseerimiseks;
- PKT kui võimalik sorbent fosfori taaskasutuseks või heitvete töötlemiseks;
- PKT kui tooraine sadestatud kaltsiumkarbonaadi saamiseks, täite- ja sideaineteks polümeerides ja keraamikatoodes ja kui võimalik lisand teatud ehitusmaterjalides;
- PKT granuleerimine põlumajanduse vajadusteks (happeliste muldade neutraliseerijana);
- PKT kui sobiv materjal kaevanduskäikude tagasitaitmiseks ja teedehituses;
- Uute tuhaliikide iseloomustamine (jäätme põletusjaamade tuhad, nn DeSOx tuhad väävlipüüduritest, Enefit tehnoloogiate tuhad);
- Süsiniku püüdmis- ja ladustamistehnoloogiad põlevkivienergeetikas ja tsemenditööstuses vähendamaks CO_2 emissioone (hapnikus-põletamine, CO_2 sidumine nn Ca-ringtsükli).

Arvestades varasemat oskusteavet ka katioonasendustega apatiitide keemia ja süntees eesmärgiga leida jätkusuutlikke lahendusi katalüsaatorite ja bioapatiitide vallas. Eesti lubjakivi ning dolomiit on samuti olnud uuritavate objektide hulgas võimalike sorbentidena väävlipüüdmises, Ca-ringtsükli ja lisandite või katematerjalidena lämmastikväetise – ammoniumnitraadi käitlemisohutuse tõstmiseks.

Laboril on pikaajaline kogemus termilise analüüsi meetodite rakendamisel (TG/DTA kompleks gaas-tahke süsteemides toimuvate protsesside uurimiseks nii atmosfääri- kui kõrgematel rõhkudel kombineerituna lahkvate gaaside analüüsiga (MS, FTIR). Samuti omame erinevaid reaktorisüsteeme paljude heterogeensete protsesside uurimiseks (näit. multifunktsionaalne reaktorisüsteem Lara/Radleys). Kasutame ka mitmeid spektroskoopilise analüüsi (UV-Vis, IR) ja tahke materjali iseloomustamise meetodeid (poorsusjaotus, osakeste suurusjaotus, eripind) ja rakendame matemaatilise modelleerimise tarkvara (ASPEN Plus, HSC, Modest), mis võimaldab põhjalikumalt katseandmete üldistamist ning vastavate tehnoloogiate kujundamist.

Topics and Competences

Activities of the Laboratory of inorganic materials cover chemistry and technology of inorganic materials, more specifically, fundamental and applied research of inorganic multicomponent systems in order to work out new materials, to find application and new utilization methods for Estonian mineral resources and to diminish industrial wastes. Waste management in oil shale industry and oil shale based power production to find usage for oil shale ash (OSA) and diminish GHG emissions has been our concern for a long period. The current research is focused on:

- OSA as sorbent for acidic gases (SO_2 , CO_2) and CO_2 mineralization;
- OSA as possible sorbent for recycling phosphorus or for waste water treatment;
- OSA as raw material for precipitated calcium carbonate (PCC), filling and curing materials, ceramics or as filler for polymers;
- OSA as additive in specific construction materials;
- Granulation of OSA for agricultural needs;

- Characterisation of OSA for backfilling purposes in mines or in road construction;
- Characterisation of new types of ashes (ashes from incinerators of municipal wastes, DeSOx ashes from sulphur capture and ashes from Enefit technologies);
- CCS technologies for oil shale to diminish GHG emissions in power production or in cement industry (oxy-fuel combustion, Ca-looping).

In addition, related to earlier expertise, also on chemistry and synthesis of cation-substituted apatites, enabling to reach to feasible, environmentally safe applications (catalysts, bio-apatites). Estonian limestone and dolomite have been studied as possible sorbents in sulphur capture, in Ca-looping process and as additives or coating materials for ammonium fertilizer prills to decrease their explosiveness.

Laboratory has a long-term experience in applying various thermal analysis techniques (TG/DTA devices for analysing gas-solid systems at atmospheric and enhanced pressures) coupled with evolved gas analysis (MS, FTIR) and different scale computer-driven reactor systems for studying heterogeneous solid-liquid-gas systems (e.g. multifunctional reactor system Lara/Radleys). In addition, several other spectroscopic (UV-Vis, IR) and solid particle characterisation methods are employed (porosity, surface area and particle size distribution) as well as software for mathematical modelling (ASPEN Plus, HSC, Modest) that enable to widen and generalize the know-how obtained.

Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest

- IUT3319 – Multikomponentsete mineraal-orgaaniliste süsteemide käitlemise alused: keemia, modelleerimine ja kestlik kasutus (Andres Trikkel);
- Lepinguline uurimistö Lep16094 – Glaukonii-liivakivi valitud proovide termoanalüütilised uuringud (Andres Trikkel, Kaia Tõnsuaadu)
- Lepinguline uurimistö Lep 17096 – Maapõueressursside efektiivsemate, keskkonnasõbralikumate ja säästvamate kasutusvõimaluste väljatöötamine (Andres Trikkel, Kaia Tõnsuaadu, Mai Uibu)
- KIK 17083 – Uuring tööstusjäätmetest ehituslike täitematerjalide saamiseks koos CO₂ sidumisega (Mai Uibu)
- VA17086 – FLY Ash to valuable MinEerals – FLAME. Lendtuhk väärtuslikuks mineraaltoormeks (Andres Trikkel)
- VFP17114 – CLEAN clinker production by Calcium looping process — CLEANKER. Kaltsiumi ringtsükli kasutamine CO₂-vaba tsemendiklinkri tootmiseks. (Mai Uibu).

Uurimisrühma liikmete koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)

TTÜ Ehituse ja arhitektuuri instituut: Ehitusprotsessi uurimisrühm; TTÜ Geoloogia instituut: Mäeosakond; TTÜ Inseneriteaduskond: Energiatehnoloogia instituut; Tartu Ülikooli Geoloogia osakond; Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut; Eesti Taimekasvatuse Instituut; Aalto Ülikool; Pariisi Pierre ja Marie Curie nimeline Ülikool; Institute of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Science; Constantine the Philosopher University in Nitra, Slovakia; Eesti Energia AS; Crystasol OÜ; Skeleton Technologies; Carbon 8; Greenwich University; Rijnsburger Holding BV.

3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit

1. Gruselle, M.; Tõnsuaadu, K. (2017). Tunable calcium-apatites as solid catalysts for classical organic reactions. *Current Organic Chemistry*, 21 (8), 688–697. [10.2174/1385272821666161219155302](https://doi.org/10.2174/1385272821666161219155302).

2. Kaljuvee, T., Štubňa, I., Húlan, T., Kuusik, R. (2017). Heating rate effect on the thermal behavior of some clays and their blends with oil shale ash additives. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 127, 33–45.10.1007/s10973-016-5347-4.
3. Tamm, K.; Viires, R.; Kuusik, R.; Uibu, M. (2017). Calcium extraction from Estonian industrial wastes based on Ammonium solvents. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 224, 465–476.

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed

Juha Kallas, v.teadur, International Ozone Association, programmkomitee liige; European-African-Australian Group, programmkomitee liige;

Rein Kuusik, v.teadur, Rahvusvahelise võrgustiku GlobalTraPs (Global Transdisciplinary Process For Sustainable Phosphorus Management) TTÜ koordinaator;

Kaia Tõnsuaadu, v.teadur, Läti teadusnõukogu projektide hindamisekspert;

Tiit Kaljuvee, v.teadur, Ajakirja *JTAC* piirkondlik toimetaja; Shota Rustaveli (Georgia) Rahvusliku Teadusfondi grandiprojektide hindamisekspert; ICTAC (International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry) liige;

Andres Trikkel, v.teadur, *IGIP* (International Society for Engineering Education and Modern Engineering Pedagogy) liige;

Mai Uibu, v.teadur, *Rumeenia* Rahvusliku Teadusfondi (UEFISCDI - The Executive Agency for Higher Education, Research, Development and Innovation Funding) grandiprojektide hindamisekspert.

Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor

Laboratory of biofunctional materials

Juhi nimi, ametikoht ja allüksus

Vitali Sõritski, vanemteadur, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

Liikmed

- Andres Öpik, professor
- Jekaterina Reut, teadur
- Akinrinade George Ayankojo, doktorant
- Roman Borožnjak, teadur
- Anna Kidakova, doktorant
- Anatstassija Gazejeva, doktorant

Teadustöö ülevaade

EST

Biotundlike materjalide uurimisrühm tegeleb uute nutikate funktsionaalsete materjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitses, meditsiinilises diagnostikas ja ravis. Teadustöö on suunatud molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil biotundlike funktsionaalsete materjalide väljatöötamisele, mis on võimalised selektiivselt kinni püüdma ja määrama nii väikesed (aminohapped, erinevad ravimijäägid jt.) kui ka biomakromolekule (eeskätt valgumolekule nagu antikehi ja neurotroofseid ühendeid). Antud tehnoloogia aluseks on molekulaarse jäljendamise meetod, mille kohaselt sünteesitakse etteantud omadustega polümeerimaterjale erinevate haiguste suhtes relevantsete proteiinide või keskkonna saasteainete määramiseks, mis võimaldavad integreerituna mitmekanaliliste sensoritega kvantitatiivselt hinnata uuritavate sihtmolekulide sidumise efektiivsust märgisevabalt,

usaldusväärset, odavalt, reaajas ja piisava tundlikkusega. Tehnoloogia koos kaasaegse nutilahendusega avab täiesti uued võimalused odavamate, töökindlamate portatiivsete sensorite valmistamiseks meditsiiniliste või keskkonna ekspress analüüside teostamiseks vahetult sündmuskohal (point-of-care testing). Tehnoloogia üheks eeldatavaks väljundiks on kõrgselektiivsed ja töökindlad multiplekssed MJP-mikrokiibid, mis võimaldavad tulevikus muuta tunduvalt efektiivsemaks praeguse meditsiinilise diagnostika, paljud laborianalüüsid saab selle abil muuta mugavamaks kodustes tingimustes. Väljund personaalmeditsiini diagnostikasse on lähitulevikus nii Eestis kui maailmas mastaabis väga oluline. MJP-d osutuvad perspektiivseks materjalideks ka keskkonnaanalüütikas keemiliste sensoritena, mis võimaldavad madalatel kontsentratsioonidel ohtlike saasteainete reaajas tuvastamist olles alternatiiviks kallitele ja töömahukatele kromatograafilistele meetoditele.

Uurimisgrupi teadustöö tulemused olid avaldatud materjaliteaduse ja analüütilise keemia valdkonnade mainekamates ajakirjades:

- A.G. Ayankojo, A. Tretjakoy, J. Reut, R. Boroznjak, A. Öpik, J. Rappich, et al., Molecularly Imprinted Polymer Integrated with a Surface Acoustic Wave Technique for Detection of Sulfamethizole, *Anal Chem*, 88(2016) 1476-84.
- G. Lautner, J. Kaev, J. Reut, A. Opik, J. Rappich, V. Syritski, et al., Selective Artificial Receptors Based on Micropatterned Surface-Imprinted Polymers for Label-Free Detection of Proteins by SPR Imaging, *Adv Funct Mater*, 21(2011) 591-7.
- A. Menaker, V. Syritski, J. Reut, A. Opik, V. Horvath, R.E. Gyurcsanyi, Electrosynthesized Surface-Imprinted Conducting Polymer Microrods for Selective Protein Recognition, *Adv Mater*, 21(2009) 2271-5.

Viimaste aastate olulisemaks projektiks oli Eesti Haridus- ja teadusministeeriumi uurimistoetus PUT150 "Uue põlvkonna biotundlike süsteemide uurimine ja väljatöötamine molekulaarselt jäljendatud polümeeride baasil. (1.01.2013–31.12.2016)". Vastutav täitja: Vitali Sõritski.

Uurimisgrupi üheks olulisemaks teadustöö tunnustuseks oli 2016. aasta peapreemia üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil A. Tretjakovi doktoritöö „Sünteesilised retseptorid molekulaarselt jäljendatud polümeeridest biomakromolekulide märgisevabaks määramiseks” eest.

ENG

The group develops smart biosensing functional materials to propose solutions with considerable potential impact on essential areas of human life such environmental protection, medical diagnostics and cure. Employing the molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials capable of selective capturing of small- (amino acid, traces of different antibiotics) and biomacromolecules (proteins e.g. antibodies and neurotrophic factors). The main benefits of these materials, so called Molecularly Imprinted Polymer (MIP), are 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 allowing label-free detection of a target analyte with high sensitivity and selectivity offering thus solutions for design of multianalyte chemosensors at low cost. The promising practical applications of such sensors could be found in clinical diagnostics, where MIP-based sensors could be implemented in devices for point-of-care testing (POCT). It is expected that POCT market segment will continue to grow at a rapid rate and thus will have immense importance in the healthcare systems in both Estonia and the world over. MIPs could be also attractive materials for cost effective fabrication of chemosensors for real-time monitoring of hazardous pollutants in aquatic environment as an alternative for traditional costly and lengthy chromatography-based methods.

The research results were published in the top-ranked journals in the field of materials science and analytical chemistry:

- A.G. Ayankojo, A. Tretjakov, J. Reut, R. Boroznjak, A. Öpik, J. Rappich, et al., Molecularly Imprinted Polymer Integrated with a Surface Acoustic Wave Technique for Detection of Sulfamethizole, *Anal Chem*, 88(2016) 1476-84.
- G. Lautner, J. Kaev, J. Reut, A. Opik, J. Rappich, V. Syritski, et al., Selective Artificial Receptors Based on Micropatterned Surface-Imprinted Polymers for Label-Free Detection of Proteins by SPR Imaging, *Adv Funct Mater*, 21(2011) 591-7.
- A. Menaker, V. Syritski, J. Reut, A. Opik, V. Horvath, R.E. Gyurcsanyi, Electrosynthesized Surface-Imprinted Conducting Polymer Microrods for Selective Protein Recognition, *Adv Mater*, 21(2009) 2271-5.

The research was greatly supported by the Estonian Ministry of Research and Education, in particular by grant PUT150 "Investigation and development of new generation biosensing selective recognition elements based on Molecularly Imprinted Polymers (1.01.2013–31.12.2016)". Principal investigator: Vitali Sõritski.

The doctoral thesis of A. Tretjakov "A Macromolecular Imprinting Approach to Design Synthetic Receptors for Label-Free Biosensing Application", devoted to the research, took the Main prize in Estonian National Contest for University Student in 2016. y.

Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium

Laboratory of chemical thin film technologies

Juht: Ilona Oja Acik, vanemteadur

Liikmed:

Malle Krunks, tenuuri professor

Arvo Mere, vanemteadur

Tatjana Dedova, teadur

Atanas Katerski, teadur

Erki Kärber, teadur

Nicolae Spalatu, teadur

Merike Kriisa, teadur (lapsepuhkusel)

Jaan Hiie, vaneminsener

Svetlana Polivtseva, doktorant

Inga Gromõko, doktorant

Ibrahim Dündar, doktorant-nooremteadur

Abayomi Oluwabi Titilope, doktorant-nooremteadur

Jako Siim Eensalu, doktorant-nooremteadur

magistrandid

EST

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi koosseisu kuuluv keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium moodustati 2011.a. õhukesekileliste materjalide arendusega tegeleva uurimiserühma baasil. Teaduslabori uurimistöö on peamiselt suunatud päikesepatareides, elektroonika seadistes ja keskkonnakaitselistes rakendustes vajalike omadustega metalloksiidide ja metal-sulfiidide õhukeste kilede ja nanostruktuuride valmistamisele keemilistel meetoditel. Laboris arendatakse vedeliksadestuse tehnoloogiaid nagu pihustuspürolüüs, keemiline sadestamine lahusest ja sool-geel meetod. Arendatavad tehnoloogiad on lihtsad, odavad, ajasäästlikud, väikese materjalikuluga ja kergesti tootmisesse üleviidavad. Uurimisgrupil on oskusteave nimetatud tehnoloogiate kontrollitud

juhtimiseks, mis omakorda baseerub protsesside keemilise tagapõhja tundmisel ja seeläbi oskusel valmistada erinevateks rakendusteks vajalike omadustega materjale.

Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboris on välja töötatud uudse konstruktsiooniga kolmanda põlvkonna päikesepatarei, mis baseerub ZnO nanovarrastest koosneval aknakihil, absorberina kasutatakse anorgaanilise pooljuhi üliõhukest kihti. Laboris välja töötatud metallioksiidide kihid omavad võimekust töötada läbipaistvate elektroodidena erinevates seadistes, on efektiivsed keskkonnanõuetes rakendustes, sh õhu ja vee puhastamiseks saasteainetest, on kasutatavad antibakteriaalsete ja isepuhastuvate pinnakattetena. Laboris on välja töötatud CdS/CdTe päikesepatarei senisest lihtsam ja odavam tehnoloogia, arenduse praeguses staadiumis on valguse elektri muundamise efektiivsus 14 %.

Laboris väljatöötatud seadiste ja nende koostekihtide valmistamise tehnoloogiad on kaitstud rahvusvaheliste patentidega. Labor osaleb aktiivselt arendustöös, sh 2017.aastal elektrit tootva tee kontseptsiooni ja eksperimentaalse näidise väljatöötamisel. Labor osutab teenustoid ettevõtetele ja teistele uurimisgruppidele materjalide struktuuri uurimiseks röntgendifraktsiooni ja IP spektroskoopia meetoditel, materjalide optiliste omaduste (läbipaistvus, peegeldus, neeldumine) karakteriseerimiseks UV-Vis-NIR spektraalses piirkonnas, materjalide pinnaomaduste, sh mürguvuse määramiseks, materjalide ja seadiste elektriliste omaduste karakteriseerimiseks. Labor on avatud koostööks ettevõtlussektoriga.

Labori väliskoostööpartnerid on Aalto Ülikool, Budapesti Tehnikaülikool, Helmholtz Centrum Berlin, Universite Grenoble Alpes, Nova Universidade de Lisboa, University of Nevada Las Vegas, jt.

ENG

The laboratory of Thin Films Chemical Technologies was founded in 2011. Since 2017 the laboratory belongs to the Department of Materials and Environmental Technology. The main research topic of the laboratory is devoted to the development of metal oxide and metal sulphide thin films and nanostructured materials with properties applicable in solar cell, electronic and environmental applications. The expertise of the research group covers the full spectrum of research from fundamental studies on materials formation chemistry to the growth of thin films and nanostructures with controlled properties, comprehensive characterization of materials and testing materials in devices. The laboratory is focused on the use and development of wet-chemical methods such as spray pyrolysis, chemical bath deposition, and the sol-gel method. The methods are simple, resource and cost-efficient and can easily be transferred to industrial-scale.

The laboratory has developed a third generation solar cell with a modern construction, based on a ZnO nanorod layer and an extremely thin inorganic absorber layer. This solar cell, which can be fabricated in laboratory scale within an hour, shows an efficiency of 5 %. The developed metal oxide thin films are applicable as transparent conductive oxide layers in several devices, exhibit tuneable wetting properties and high photocatalytic activity towards degrading organic pollutants in waste-water and in air. These layers also exhibit antibacterial and self-cleaning properties. The laboratory has extensive knowledge in the development of CdS/CdTe solar cells by combining chemical and physical deposition techniques, showing an efficiency of 14%.

The devices and their components layers deposited by chemical technologies and invented in the laboratory are patented. The laboratory is actively participating in development activities; during the

year 2017 the laboratory participated in the development of an e-pavement concept and an experimental sample.

The laboratory provides measurements and analysis for companies and other research institutions on the characterization of structural properties (X-ray diffraction and IR-spectroscopy methods), optical properties (transmittance, reflectance, absorbance in the UV-Vis-NIR spectral region), surface properties (including wettability) and electrical properties of materials and devices. The laboratory is open for collaboration with enterprises.

Laboratory is collaborating with the research groups from Aalto University, Budapest University of Technology, Helmholtz Centrum Berlin, Universite Grenoble Alpes, Nova Universidade de Lisboa, University of Nevada Las Vegas, and others.

Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm

Juht: professor Marina Trapido

Liikmed: vanemteadurid Anna Goi, Niina Dulova, Marina Kritševskaja; teadur Juri Bolobajev; nooremteadur-doktorandid Eneliis Kattel, Maarja Kask ja Balpreet Kaur ning magistrandid.

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudi Keskkonnatehnoloogia teaduslabor moodustati Tallinna Tehnikaülikooli 2016-17. a struktuurireformi käigus endise Keemiatehnika instituudi Keskkonnakaitse- ja keemiatehnoloogia õppetooli baasil. Teaduslaboril on pikaajaline kogemus vee, õhu ja pinnase puhastehnoloogia valdkonnas, põhirõhuga süvaoksüdatsiooniprotsessidel. Viimane mõiste hõlmab mitu erinevat oksüdatiivset tehnoloogiat, mille ühiseks jooneks on võimsa oksüdandi – hüdroksüülradikaali ($\cdot\text{OH}$) – tekkimine nende käigus. Siia kuuluvad sellised protsessid nagu osoonimine ja selle katalüütiline modifikatsioon, Fentoni reaktiiv ja selle modifikatsioonid, fotolüütilised ning fotokatalüütilised protsessid, oksüdeerimine peroksü-ühenditega, töötlemine ultraheliga ning impulss-elektrilahenduse plasmaga töötlemine. Saasteained, mille lagundamiseks laboris süvaoksüdatsiooniprotsesse ja nende kombinatsioone rakendatakse, kuuluvad kas nn prioriteetsete saasteainete (õlid, kütuste komponendid ja lisandid) või esilekerkivate mikroasaasteainete (ravimid, pestitsiidid, endokriinsüsteemi kahjustavad ühendid, kloori sisaldavad orgaanilised ühendid ning sünteetilised magusained) hulka; gaasifaasis tegeletakse nn lenduvate orgaaniliste ühenditega. Keskkonnatehnoloogia teaduslaboris uuritakse samuti ka nimetatud protsesside kombineerimist, nii omavahel kui ka bioloogilise oksüdatsiooniga, eesmärgiga tagada mitte ainult maksimaalne puhastusefekt, vaid ka selle saavutamine minimaalsete kuludega. Viimastel aastatel on labori töötajad osalenud kahes rahvusvahelises rakendusprojektis, millest ühe eesmärgiks on kulutõhusate ja keskkonnasõbralike reovee puhastamise lahenduste välja töötamine toitainete koormuse vähendamiseks hajaasustusalade majapidamistest Läänemere piirkonnas ning teine on suunatud lahenduse leidmisele käesoleva aja ühele väljakutsuvaimale veega seonduvale probleemile – loodusliku radioaktiivsuse eemaldamisele joogiveest.

Laboril on väljakujunenud tihedad sidemed ülikoolidega Hiinas (South China University of Technology), Saksamaal (Clausthal Technical University), Poolas (Adam Mickiewicz University), Soomes (Lappeenranta University of Technology) ning teadusasutustega Hispaanias (Spanish Applied Research Centre, CARTIF) ja Soomes (Natural Resources Institute Finland, LUKE).

Laboratory of Environmental Technology

Head of the Laboratory Professor Marina Trapido

Staff: Senior Research Scientists Anna Goi, Niina Dulova, Marina Kritševskaja; teadur Juri Bolobajev; Early Stage Researchers-PhD students Eneliis Kattel, Maarja Kask and Balpreet Kaur, and graduate students.

The Laboratory of Environmental Technology of the Department of Materials and Environmental Technology originates from the former Chair of Environmental Protection and Chemical Technology of the Department of Chemical Engineering since 2016-17 re-organizations. The Laboratory has a long-term experience in water, air and soil treatment technologies, with the main emphasis on the implementation of the Advanced Oxidation Processes (AOPs). The latter encompasses several oxidative technologies commonly recruiting a highly powerful oxidant, hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$). Such technologies include ozonation and its catalytic modification, Fenton and Fenton-like reagents, photolytic and photocatalytic processes, oxidation with peroxy-compounds, ultrasonication, and pulsed electric discharge plasma treatment. Applicability of AOPs and their combinations is studied for degradation of so-called priority pollutants (oils, fuel components and additives) and emerging micropollutants (pharmaceuticals, pesticides, endocrine disruptors, chlorine-containing organic compounds, synthetic sweeteners, etc.). In the gas phase, volatile organic compounds receive attention. The Laboratory studies the combination of these processes with each other and with the biological oxidation, in order to ensure the maximum purification degree at minimum treatment cost. Since recently, the laboratory personnel participate in two international projects. The main challenge of the first one is to find the most cost-effective and environmentally friendly wastewater treatment solutions for the scattered dwelling households not connected to urban wastewater plants in order to protect the Baltic Sea watershed. Another project addresses one of the current challenges of water for human consumption such as the abatement of natural radioactivity in potable water.

The laboratory has established scientific connections with universities in China (South China University of Technology), Germany (Clausthal Technical University), Poland (Adam Mickiewicz University), Finland (Lappeenranta University of Technology), and research institutions in Spain (Applied Research Center, CARTIF) and Finland (Natural Resources Institute Finland, LUKE).

Optoelektronsete materjalide füüsika labor

Laboratory of optoelectronic materials physics

Koosseis:

1. Maarja Grossberg, tenuuri professor, labori juht
2. Jüri Krustok, vanemteadur
3. Olga Volobujeva, vanemteadur
4. Valdek Mikli, vanemteadur
5. Sergei Bereznev, dotsent
6. Andri Jagomägi, teadur
7. Mati Danilson, teadur
8. Taavi Raadik, teadur
9. Souhaib Oueslati, teadur, järeldoktor
10. Reelika Kaupmees, nooremteadur-doktorant
11. Akram Abdalla Mohammed Ibrahim, nooremteadur-doktorant
12. Sergii Akhinko, magistrant
13. Büşra Yılmaz, magistrant
14. Dmitry Shiryayev, magistrant

15. Robert Võeras, magistrant
16. Artur Dzhafarov, magistrant
17. Sergey Dolgykh, magistrant
18. Oleksander Dolgykh, magistrant
19. Joseph Olanrewaju Adegite, magistrant

Uurimisgrupi kompetents:

Optoelektronsete materjalide füüsika labor tegeleb pooljuhtmaterjalide ning neil baseeruvate optoelektronsete seadiste (päikesepatareid, laserid, valgusdiodid, sensorid jne.) fundamentaalsete füüsikaliste omaduste uurimisega. Taristu võimaldab uurida nii materjalide elektronstruktuuri, defektstruktuuri, faasi- ja elementkoostist, kristallstruktuuri, morfoloogiat, elektrilisi ning optilisi omadusi.

Teadustöö põhisuundadeks on erinevate uudsete päikesepatarei absorbermaterjalide, näiteks $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$, Cu_2SnS_3 , Cu(In,Ga)Se_2 , SnS , jt. ning kahedimensionaalsete materjalide alusuuringud, näiteks WS_2 , MoSe_2 jt. Viimased leiavad rakendamist lisaks päikeseenergeetikale ka fotoonikas, sensorites jne. Lisaks anorgaanilistel pooljuhtmaterjalidel põhinevatele pooljuhtstruktuuridele, uuritakse ka hübriidseid struktuure, milles on kombineeritud orgaaniliste ning anorgaaniliste pooljuhtmaterjalide parimad omadused.

Labori koosseisu kuulub ka testimiskompleks elektrit tootvate päikesepaneelide testimiseks välitingimustes, kus saab mõõta päikesepaneelide väljundparameetreid ning vastupidavust reaalsetes kasutustingimustes. Mõõtmiste tulemusena on võimalik hinnata erinevate päikesepaneelide elektrilisi näitajaid erinevates keskkonnatingimustes, hinnata tootlust prognoosivaid mudeleid ning teha tasuvusanalüüse.

Teadustööd tehakse mitmete projektide raames: IUT19-28 („Uued materjalid ja tehnoloogiad päikeseenergeetikale“), teaduse tippkeskuse projekt TK141 („Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele“, koostöös TÜ-ga), Euroopa projekt VFP638 („Cost-reduction through material optimisation and Higher EnErgy output of solar photovoltaic modules -CHEETAH“), arenduslepingud crystalsol OÜ ja Skeleton Technologies OÜ-ga, baasfinantseerimise projekt B54 („SnS õhukesekilelised päikesepatareid“), ERA.NET RUS PLUS projekt ETAG15028 Flexapp („Painduvad hübriidse heterostruktuuriga nanostruktuurid optoelektronseteks rakendusteks“) ja tuumiktaristuprojekt AR17092 („Nanomaterjalide tehnoloogiate ja uuringute keskus (NAMUR+)“, koostöös TÜ ja KBFI-ga).

Competence of the research group:

The laboratory of optoelectronic materials physics focuses on the studies of fundamental physical properties of semiconductors for optoelectronic applications such as solar cells, lasers, diodes, sensors etc. Research infrastructure enables to explore the band structure, crystal and defect structure, phase and elemental composition, morphology, electrical and optical properties of the materials and devices.

Current research is focused on the fundamental studies of different novel absorber materials for solar cells, for example $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$, Cu_2SnS_3 , Cu(In,Ga)Se_2 , SnS , etc, and two-dimensional materials such as WS_2 , MoSe_2 etc. The last mentioned have versatile applications in addition to photovoltaics, namely photonics, sensors etc. In addition to the inorganic semiconductor based structures, hybrid structures combining the advantages of inorganic and organic semiconductors are being developed and studied.

The laboratory includes also the outdoor testing center of photovoltaic modules, where it is possible to monitor the dependence of modules' output parameters on the environmental conditions. It is possible to estimate the performance of photovoltaic modules at different climatic locations, analyze the energy rating models and calculate the cost effectiveness of photovoltaic systems.

Research work is conducted in the frame of many projects: IUT19-28 („New materials and technologies for solar energetics“), center of research excellence project TK141 („Advanced materials and high-technology devices for energy recuperation systems“, in cooperation with TÜ), European project VFP638 („Cost-reduction through material optimisation and Higher EnErgy outpuT of solAr pHotovoltaic modules -CHEETAH“), R&D projects with crystalsol OÜ and Skeleton Technologies OÜ, base financing project B54 („SnS thin film solar cells“), ERA.NET RUS PLUS project ETAG15028 Flexapp („Flexible hybrid heterojunction nanostructures for optoelectronic applications“) and key infrastructure project AR17092 („Center of Nanomaterials Technologies and Research (NAMUR+)“, in cooperation with TÜ ja KBFI).

Järeldoktorid:

Uurimisgrupiga liitus järeldoktor Souhaib Oueslati läbi Mobilitas+ programmi, projekt MOBJD308 (01.10.2017-30.09.2018)

Tunnustused:

Reelika Kaupmees pälvis II preemia HTM üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil magistriõppe kategoorias, loodusteaduste ja tehnika valdkonnas.

Osalemine rahvusvahelistes võrgustikes

Maarja Grossberg on esindaja koostöövõrgustikes EERA-PV (European Energy Research Association – Photovoltaics) ja EUKENE (European Kesterite Network) ning Olga Volobujeva on esindaja koostöövõrgustikus M-era.Net.

Osalemine TA võrgustikes

Maarja Grossberg on Eesti Noorte Teaduste Akadeemia asutajaliige.

Koostöö ettevõtetega

Ettevõtetest tehakse koostööd firmadega crystalsol OÜ, Skeleton Technologies OÜ, ABB jt.

Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor **Laboratory of Polymers and Textile Technology**

Juht: **Andres Krumme**, professor

Liikmed:

Elvira Tarasova, vanemteadur, PhD

Natalja Savest, teadur, PhD

Illia Krasnou, teadur, PhD

Viktoria Vassiljeva, insener, PhD

Tiia Plamus, lektor, doktorant

Mihkel Viirsalu, insener, doktorant

Kashif Javed, doktorant

Siret Malmberg, doktorant
Kersti Merimaa, insener
Tea-Mall Krumme, laborant

Summary of the research

Electrospinning technology allows to produce hair-thin yarns or mats, still having hundreds of component fibres in cross-section. The component fibres have diameter from few tens to few hundreds of nanometres. These materials have exceptional toughness and specific surface. They can be used for purification/filtering processes, sensing or energy storage. The last-mentioned is the area, in which Laboratory of Polymers and Textile Technology of TUT is utilising electrospinning technology for developing thin and durable supercapacitors for demanding fields as space industry. Conductive polymers, carbon allotropes, ionic liquids or their polymerisation products are used as fillers for the matrix polymer in the nanofibrous composites. Several aspects of use of ionic liquids in this field are studied: effect on shape, morphology and conductivity of the fibres. New types of copolymers are utilised for the matrixes having good mechanical properties in addition to good conductivity and capacitance. The best types of carbon allotropes are found for improving capacitance of the nanofibers. The study will find the common denominator of these aspects in order to open the route for preparing very attractive fibrous materials for several high-technological fields by electrospinning. The laboratory owns new patent bending technologies for preparing electrochemical devices by electrospinning and for preparing yarns by electrospinning.

Applied research of the laboratory is dedicated to sustainable utilisation of plastics and thermosets. The laboratory owns only pilot plant of plastics technology in Estonia, including machinery for the most relevant processes as compounding, extrusion and injection moulding. Composite materials of organic or inorganic fillers with recycled polymer matrixes are developed. Wood industry and production of energy are abundant sources for this kind of fillers as wood dust or oil-shale ash. The applied research is strongly supporting EU directives regarding need of recycling of municipal plastic waste instead of landfilling or incineration. New types of construction materials and pavements are provided from the waste materials. Pavement for solar energetics is also developed by embedding photovoltaic cells into thermosets.

Laboratory is providing continuously testing services for Estonian industry and administrative establishment, including customs, road administration, consumer protection, etc.

Teadustöö kokkuvõte

Elektroketrustechnoloogia võimaldab valmistada juuspeeni lõngu ja lausmaterjale, mille ristlõikes on sadu kiude. Kiudude läbimõõt on mõnekümnest mõnesaja nanomeetriini. Sellistel materjalidel on erakordselt suur sitkus ja eripind. Elektroketruse teel valmistatud materjale võib kasutada puhastusprotsessides ja filtreerimiseks, sensorites ja aga ka energia salvestamiseks. Just viimane on valdkond, mille raames labor arendab elektroketruse teel õhukesi ja painduvaid superkondensaatoreid nõudlikeks rakendusteks, nagu kosmosetööstus. Selleks kasutatakse nanokiulisi komposiite, mis sisaldavad juhtivaid polümeere, erinevaid süsiniku vorme ja ioonvedelikke. Ioonvedelikud mõjutavad kiudude kuju, morfoloogiat ja juhtivust. Uurimistöös rakendatakse uudseid kopolümeere, mis lisaks heale juhtivusele ja mahtvuslikele omadustele omavad ka häid mehaanilisi omadusi. Samuti on leitud parimad süsiniku liigid kiudude mahtvuslike omaduste saavutamiseks. Uuringu ühiseks nimetajaks on elektroketruse teel kõrgtehnoloogilisteks rakendusteks sobivate nanokiuliste materjalide arendamine. Labor omab patenditaotlusi, mis käsitlevad superkondensaatorite ja lõngade valmistamist elektroketrusmeetodil.

Labori poolt läbiviidavad rakendusuuringud on pühendatud plastide jätkusuutlikule kasutusele. Labor omab ainsana Eestis piloottootmise võimekust sellistes olulistest plastitehnoloogia valdkondades nagu kuumsegamine, ekstrusioon ja survevalu. Peamiselt arendatakse taaskasutatud plasti komposiite anorgaaniliste või orgaaniliste täiteainetega. Puidutööstus ja elektrienergia tootmine pakub selleks puidutolmu ja põlevkivituha näol ohtralt toorainet. Laboris teostatavad rakendusuuringud toetavad tugevalt EL direktiive, mis nõuavad tarbeplasti jäätmete senisest oluliselt suuremat ümbertöötlust prügilatesse ladustamise või põletamise asemel. Uuringute tulemusena pakutakse uudseid ehitusmaterjale ja teekattematerjale, mis põhinevad plastijäätmete, põlevkivituha või puidutööstuse jäätmete komposiitidel. Arendatakse ka termoreaktiivsete vaikudega kaetud fotoelemente, mis võimaldavad teekatetes päikeeseenergiat koguda.

Labor pakub pidevalt katseteenuseid Eesti tööstusele ja riigiasutustele, nagu toll, Maanteeamet, tarbijakaitse jne.

Puidutehnoloogia labor

Laboratory of Wood Technology

Juht: **Jaan Kers, professor**

Liikmed:

Triinu Poltimäe, vanemlektor, Puidutehnoloogia labor

Üllar Luga, lektor, Puidutehnoloogia labor

Heikko Kallakas, doktorant-nooremteadur, Puidutehnoloogia labor

Karmo Kiiman, doktorant-nooremteadur, Puidutehnoloogia labor

Villu Kukk, doktorant-nooremteadur, Puidutehnoloogia labor

Ahto Reiska, insener, Puidutehnoloogia labor

Kaarel Saar, doktorant, Puidutehnoloogia labor

Laura Liibert, doktorant, Puidutehnoloogia labor

Rein Reiska, emeriitdotsent, Puidutehnoloogia labor

Teadustöö ülevaade

TTÜ Puidutehnoloogia labor tegeleb kase vineeri pinnaomaduste, kvaliteedi ja liimliite kvaliteedi uurimisega. Selleks on puidutehnoloogia laboris olemas spetsiaalne spooni ja veeri tootmise liin, millel saab teha täpse kvaliteediga spooni ja vineeri. Laboris tegeletakse ja puidust ja teistest looduslikest kiududest polümeerkomposiitide arendamisega. Puitplastkomposiitides uuritakse, kuidas saab ära kasutada spooni ja vineeritööstuse jääke puitplastkomposiitide valmistamiseks ja kuidas kasepuidu kvaliteed mõjutab puitplastkomposiitide omadusi. Uuritakse veel kiukanepi kasutamist looduslike ehitusmaterjalide ja isolatsiooni materjalide valmistamiseks. Üheks uurimisteemaks on ka ristkihtpuitpaneelide kasutamine elamute ehitamiseks. Puidutehnoloogia laboris ja TTÜ ligi-0 energiahoone katsemajas uuritakse kuidas mõjutab niiskuse ja temperatuuri muutused pragude tekkimist ristkihtpuitpaneelides.

The Laboratory of Wood Technology is investigating the birch veneer surface properties, quality, and bonding quality. Another main research area is wood and natural fiber polymer composites, where we investigate how it is possible use birch veneer residues in the wood-plastic composites. We also investigate how industrial hemp can be used to make building materials and insulation materials. One of our research topics is also cross-laminated timber (CLT) panels which are used for building the houses. Impact of moisture content and temperature to crack formation in cross-laminated timber (CLT) panels are investigated in TTÜ 0-energy building.

Uurimisrühma liikmete koostöö¹ teiste T&A asutuste ja ettevõtete

Jaan Kers on korralduskomitee liige kolmes COST tegevuses: FP1306 (Valorisation of lignocellulosic biomass side streams for sustainable production of chemicals, materials & fuels using low environmental impact technologies), FP1303 (Performance of biobased building materials) ja FP1407 (Understanding wood modification through an integrated scientific and environmental impact approach (ModWoodLife)). Uurimisrühm osaleb 3-aastases üleeuroopalises puidu välikatsetuste teadusprojekti.

- 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
- Puidutöötlemise ja mööblitootmise kompetentsikeskus TSENTER
- Neiseri Grupp AS – pehmemööbli arendus
- Arcwood by Peetri Puit OÜ – CLT paneelide arendus
- Tarmeko LPD OÜ – kasespooni uuringud
- Tempest AS – mööblitööstuse tehnoloogia alane koolitus
- Alpek FL OÜ – pehmemööblitehnoloogia õppeaines tootearendusprojekti juhendamine
- OneWood OÜ – puitplastkomposiidist toodete arendamine
- Pohjanmaan Kaluste OY – pehmemööblitehnoloogia õppeaines tootearendusprojekti juhendamine

3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit

1. Kukk, V.; Luciani, G.; Püssa, M.; Horta, R.; Kallakas, H.; Kers, J.; Kalamees, T. (2017). Impact of cracks to the hygrothermal properties of CLT water vapour resistance and air permeability. Energy Procedia, 132: The 11th Nordic Symposium on Building Physics, Trondheim, Norway, 11-14 June 2017. Ed. S. Geving, B. Time. Elsevier, 741–746.10.1016/j.egypro.2017.10.019.

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor
Laboratory of Photovoltaic Materials Research,
Juht: Marit Kauk-Kuusik, vanemteadur

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor koosseis:

1. Marit Kauk-Kuusik, vanemteadur
2. Mare Altosaar, vanemteadur
3. Kristi Timmo, vanemteadur
4. Jaan Raudoja, vanemteadur
5. Enn Mellikov, emeritprofessor
6. Maris Pilvet, teadur
7. Jelena Maricheva, teadur
8. Tiit Varema, insener
9. Suresh Kumar, insener, doktorant

¹ Koostöö all peetakse silmas ühiseid teadusuuringuid, tulemuste publitseerimist jmt, mitte ainult lepingulise tellimustöö täitmist.

10. Mihkel Loorits, doktorant
11. Xiaofeng Li, magistrant
12. Mehmet Ender Uslu, magistrant
13. Surkhay Mammad-Zada, magistrant

Uurimisgrupi kirjeldus:

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori üheks põhiliseks uurimisvaldkonnaks on monoterapulbrilistel absorbermaterjalidel baseeruvate päikeseplatade uurimine ja arendamine. Tegemist on maailmas ainulaadse päikeseplatade kontseptsiooniga, mis on kaitstud mitmete patentidega. Monoterapulbri iga üksik tera on väike monokristall, millest igaüks moodustab suure paneelis üliõhukese puhverkihiga kaetuna omaette fotoelemendi (miniatuurse päikeseplatade). Tehnoloogia eeliseks klassikaliste teise põlvkonna päikesepaneelide ees on võimalus luua täielikult ehitised integreeritud päikesepaneelid (BIPV) igasuguse kujuga ja piiramatul suurusega. Kuigi uuritavad absorbermaterjalid kuuluvad keeruliste nelja kuni kuuekomponentsete pooljuhtmaterjalide hulka, mis teeb nende sünteesi ja omaduste kujundamise suhteliselt keeruliseks, on uurimisgrupi poolt loodud materjalide baasil päikeseplatade struktuuride efektiivsused ~10-12%. Eesmärgiks on luua materjale, mille peamiseks omaduseks on ka keskkonnasõbralikkus ja odavus, et viia päikeseenergia hind konkurentsivõimelisemaks teiste alternatiivenergiaallikatega. Tänapäevaks on viidud uuele tasandile oskused analüüsida ja kirjeldada protsesside keemiat, mehhanisme ja kineetikat, mis toimuvad kesteriitsete ja kalkopüriitsete monoterapulbrite sünteesil sulade soolade keskkonnas ja nanopulbrite sünteesil orgaanilistes lahustites. Suurt tähelepanu on pöördunud sünteesitud kristallide pindade modifitseerimisele keemiliste ja termiliste järelprotsesside abil ning päikeseelemendi siirdeala optimeerimisele.

Uudsete rakendustena on katsetatud ka monoterakiht päikeseplatade struktuuri kasutamist mikro-kontsentraator kontseptsioonis, kus valgus on koondatud väikeste optiliste läätsede abil väikesele päikeseplatade alale, et vähendada materjalikulu ning tõsta päikeseplatade efektiivsust. Selle töö tulemusena valmis ka esimene mikro-kontsentraator päikeseplatade prototüüp. Samuti on koostöös Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA) läbi viidud esimesed katsetused monoterakiht päikeseplatade kasutamise kohta kosmoserakendustes.

Teadus- ja arendustöö tulemused leiavad praktilist rakendust TTÜ spinn-off firma crystalsol GmbH päikesepaneelide väljatöötamisel.

Competence of the research group:

The research group in the Photovoltaic Materials Laboratory are investigating solar cells made from materials which are cheaper and more readily available than those used for today's solar cells.

Solar cells technology is based on unique monograin layer (MGL) solar cell design. This technology is being implemented by spin-off company of TTÜ, crystalsol GmbH. The technology combines the high photoelectrical parameters of single crystals and advantages of polycrystalline materials and technologies. It allows to separate the materials formation from the module fabrication, which make it attractive also to space applications. In cooperation with European Space Agency (ESA) the first studies have been made to evaluate the compatibility of monograin powder technology in lunar environment.

Homogeneous composition of powders gives an additional advantage and leads to homogeneous modules without any up-scaling problem. This technology can be used for different absorber materials. Although, the investigated absorber powders are very complex semiconductor compounds, which

makes their synthesis and properties more complicated, the efficiency of our MGL solar cells based on these materials have reached ~ 10-12%.

In recent years, the competence in the synthesis of kesterite-type and chalcopyrite-type monograin powders in molten salts and the synthesis of nanopowders in organic solvents has been greatly advanced, as well as knowledge in the field of the process chemistry, mechanisms and kinetics. Great attention has been focused on the modification of synthesized crystals surfaces by chemical and thermal post-annealing processes and on the optimization of interface region in the solar cell.

Research group is a member of European Energy Research Alliance (EERA) network in the field of photovoltaics (EERA Joint Programme in PV) and a partner of the European cooperation network in kesterite materials (EUKENE). *EERA-PV is a network* connecting a large number of research institutions from different European countries with the aim of contributing to the progress of PV in a coordinated manner.

Research work is related to Institutional research funding project „New materials and technologies for solar energetics“ (IUT 19-28), Center of Excellence project „Advanced materials and high-technology devices for energy recuperation systems“ (TK141), European project „CHEETAH“ (VFP638), R&D project with crystalsol GmbH and infrastructure project „NAMUR+“ (AR17092).

Research Group Meissner “Photoelectrochemical water splitting” in 2017

Laboratory of Solar Hydrogen Production

Vesinikuenergeetika teaduslabor

Group members:

- Dr.rer.nat Dr.h.c. Dipl.Chem. Dieter Meissner, PI and Senior Researcher, Chief Scientist of crystalsol GmbH and crystalsol OÜ, the spin-out company of TTÜ
- MSc. Ali Samieipour, PhD student
- MSc. Zarah Loghman-Nia, PhD student

Groups competence

The group has been working in the past in various fields of solar energy conversion, from basic research to practical application, especially in the fields of photovoltaic electricity production, photoelectrochemical hydrogen production, solar thermal heat production and fuel cell hydrogen utilization. Besides scientific papers (about 350 scientific papers, h-index 38 ([Google Scholar](#))) the PI was active in patenting (more than 150 patents in 38 families) and supporting spin-out of new companies (AQR eU (PEC and PV, Crystalsol OÜ and GmbH, Heliatek, CIS Solartechnik, ALPPS/eZelleron, QSEL/Konarka/ OPVIUS, SolarSurface/Calus GmbH).

Current competence includes various kinds of hydrogen production and utilization including biomimetic approaches on the fundamental side as well as system development for high- and low-temperature fuel cells on the application side of research activities, various types of nano-characterization AFM, SPFM, SEM, EBIC, LBIC, PL- and EL-imaging.

Highlights of current research activities are

- the nano- to micro-scale characterization of solar cell materials and devices,
- the development of a printing process for the TCO front contact of monograin CZTS modules,
- the direct observation of pore-opening processes in ionically conductive composite membranes,
- important progress in understanding ageing processes in CZTS monograin devices,
- further insight into the growth processes of CZTS monograin powders,

- the development of new surface treatments of monograin powder materials improving considerably improving the quality and homogeneity of the power output obtained from PV devices based on these powders.

For dissemination of our activities and results DM organized two Summer Schools on Sustainable Energetics („Sustainable Energetics for Africa“ (SE4A)) financed by the German Volkswagen Foundation in Ouagadougou, Burkina Faso, and in Yaounde and Buea, Cameroon.

Close collaboration is practised with our spin-out company crystalsol OÜ in Tallinn and our partner groups in Tallinn and Tartu in the Center of Excellence project TK 141 and with our long-term partner at the UAS Esslingen, the group of Prof. Renate Hiesgen.

Järeldoktorid:

OUT:

Natalia Maticiuc, Helmholtz Centrum Berlin, alates märts 2017

Erki Kärber, University of Nevada, Las Vegas (UNLV), Department of Chemistry and Biochemistry, prof. Heske Research Group, Nov.2016-Dec. 2017

IN:

Souhaib Oueslati läbi Mobilitas+ programmi, projekt MOBJD308 (01.10.2017-30.09.2018), (Optoelektronsete materjalide füüsika labor)

Tunnustused:

Maris Pilvet pälvis HTM 2017.a. Üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil doktoriõppe üliõpilaste astmes 3. preemia.

Nicolae Spalatu pälvis HTM 2017.a. Üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil doktoriõppe üliõpilaste astmes 3. preemia.

Reelika Kaupmees pälvis HTM 2017.a. Üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil magistriõppe kategoorias 2. preemia, loodusteaduste ja tehnika valdkond

Juri Bolobajev, Marina Trapido, Anna Goi – TTÜ parim artikkel tehnika ja tehnoloogia valdkonnas

Niina Dulova – TTÜ parim noorteadlane

Võrgustikud:

EIT KIC (Projekt FLAME - Fly ash to valuable minerals) ?

Horizon 2020 (Projekt CLEANKER - Clean clinker production by Calcium looping process) ?

Andres Krumme, Saksamaa Haridus- ja Teadusministeeriumi finantseeritud, rahvusvahelist koostööd toetava projekti EU-TEXNet liige

Andres Krumme, COST tegevuse CA15107 "Multi-Functional Nano-Carbon Composite Materials Network" liige

Andres Krumme, COST tegevuse MP1206 "Electrospun nano-fibres for bio inspired composite materials and innovative industrial applications" liige

Maarja Grossberg, esindaja koostöövõrgustikus EERA-PV (European Energy Research Association – Photovoltaics) ja EUKENE (European Kesterite Network).

Olga Volobujeva, esindaja koostöövõrgustikus M-era.Net.

Maarja Grossberg on Eesti Noorte Teaduste Akadeemia asutajaliige.

Marit Kauk-Kuusik esindaja koostöövõrgus Nordic-PV ja asendusliige EERA-PV

Marit Kauk-Kuusik, EUKENE (European Kesterite Network), osalemine, esindajat ei ole