

Energiatehnoloogia instituut

2020. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Direktor: Andres Siirde

Uurimisrühmade ülevaated 2020

Jätkusuutliku energeetika ja kütuste uurimisrühm

Uurimisrühma juht: Alar Konist, Energiatehnoloogia instituudi professor ja ka labori juht, tel. 6203907, alar.konist@taltech.ee.

Uurimisrühma liikmed: Tõnu Pihu, Oliver Järvik, Dmitri Nešumajev, Birgit Maaten, Heidi Lees, Zachariah Steven Baird

Järeldoktor: Päärn Paiste

Doktorandid: Heliis Pikkor, Mari Sulg, Alejandro Lyons Cerón, Mais Hanna Suleiman Baqain

Võtmesõnad – kütused, põlemine, pürolüüs, gaasistamine, tuhad, aktivatsioonenergia, CO₂ heitmed, CCS ja CCU (sh. oxyfuel)

Ülevaade:

Energia tootmise üks põhieesmärk on protsesside efektiivistamine ja heitmete, sh. süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamine. Ühe võimalusena uurib uurimisrühm põlevkivi ja biomassi koospõletamise võimalusi nt. tsirkuleeriva keevkihi (CFB) katlas. Kavandatud protsess võimaldab vähendada lisaks heitmetele ka ohtlike jäätmete tuhaprojekte, mida on senini igal aastal tekkinud ligikaudu kuus miljonit tonni.

Ühe olulisema teemana tegeleb uurimisrühm süsiniku püüdmise ja ladustamise või kasutamise ehk nn. CCUS tehnoloogiate kasutusvõimaluste uurimisega. Põhiliseks eesmärgiks on uurida kas hapniku ja CO₂ põlemise tingimuste rakendamisel on võimalik saavutada piisava puhtusega CO₂ voog, mida saaks energiatootmise ringlusest välja juhtida, saavutamaks kliimanetraalsust. Lisaks uuritakse moodustunud tuhale tõhusamat kasutamist. Selleks uuritakse tuhade sorptsioonilisi omadusi ja käitumist anorgaanilise aine tuhade proovidest. Uuringuteks on kasutada tänapäevane infrastruktuur: 60kW CFB katseseade, TGA / DSC-MS, LA-ICP-MS, WD-röntgenanalüsaator, gaasi adsorptsioon analüsaator, osakeste eripinna ja poorsuse määramise seade (Quantachrome Autosorb iQ-C), elementanalüsaatorid (CHNS ja O), jne.

Teadusrühma käsutuses on akrediteeritud teaduslaboratoorium, mis võimaldab välja anda sertifitseeritud analüüsitulemusi erinevate kliente toodud erinevate iseloomudega proovidele. Samuti on labor akrediteeritud statsionaarsete saasteallikate õhuemissioonide määramise valdkonnas.

Olulisemad projektid:

- PSG266 - Aktiveerimistingimuste mõju poorse süsiniku valmistamisel põlevkivist (2019-2022)
- RITA1/02-20 - Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS ja CCU tehnoloogiate (2019 – 2021)
- LEP17084 - Biomassi termokeemiliste protsesside alased teadusuuringud OÜ Utilitas Tallinna Elektriijaamas (2017 – 2020)
- LEIEE20004 - Põlevkivitehnoloogiate alased teadusuuringud Enefit Energiatootmise AS (2020)

Suurepärased artiklid:

- Lees H, Järvik O, Konist A, Siirde A, Maaten B. Computational results of the ecotoxic analysis of fly and bottom ash from oil shale power plants and shale oil production facilities. Chem Eng Trans. 2020;81.
- Pikkor H, Maaten B, Baird ZS, Järvik O, Konist A, Lees H. Surface area of oil shale and its solid pyrolysis products depending on the particle size. Chem Eng Trans. 2020;81.

- Konist A, Neshumayev D, Baird ZS, Anthony EJ, Maasikmets M, Järvik O. Mineral and Heavy Metal Composition of Oil Shale Ash from Oxyfuel Combustion. 2020; Available from: <https://dx.doi.org/10.1021/acsomega.0c04466>

Seotus AAK prioriteetse suunaga - Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond:

- 4. Loodusteadused ja tehnika
- 4.17. Energeetikaalased uuringud

Uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus:

LEIEE20004 "Põlevkivitehnoloogiate alased teadusuuringud Enefit Energiatootmise AS-s"

Põlevkivitööstuses tekkiva CO₂ püüdmise alased uuringud (LEIEE20068 ja LEP19010EI)

LEIEE20078 "Konsultatsiooniteenuse osutamine Enefit280-2 õlitechase tehniliste lahenduste hindamiseks"

LEP17084 "Biomassi termokeemiliste protsesside alased teadusuuringud OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaamas"

Research Group of Sustainable energy and fuels

Head of the research group: Alar Konist, Professor in Department of Energy Technology, Head of Laboratory of Department of Energy Technology, tel. 6203907, alar.konist@taltech.ee.

Members: Oliver Järvik, Dmitri Nešumajev, Birgit Maaten, Tõnu Pihu, Heidi Lees, Zachariah Steven Baird

PostDoc: Päärn Paiste

Doctoral students: Heliis Pikkor, Mari Sulg, Alejandro Lyons Cerón, Mais Hanna Suleiman Baqain

Keywords – fuels, combustion, pyrolysis, gasification, ash, activation energies, CO₂ emissions, CCS and CCU (inc. Oxyfuel)

Topics and Competences

Moving toward zero carbon emissions is an ultimate goal for energy technology. The group intends to tackle the problem by studying the possibilities of oxy-fuel co-combustion of oil shale (OS) and biomass in circulating fluidized bed (CFB) boiler. Further, utilization of the remaining Ca-rich ash as a bed material for binding CO₂ (also SO_x and NO_x) in fluidized bed combustion of biomass for achieving negative carbon emissions in biomass combustion will be studied. Lab-scale up to semi- industrial scale experiments will be carried out to investigate the combustion process parameters to achieve this.

Also, the group deals with better characterization of the fly ash, in order to enable more effective use of the ash that is formed under oxyfuel combustion conditions. The "organic and in-organic" (carbon) portion of the ash is the key to success in many new utilization schemes.

A broad-based scientific investigation of the form, sorptive properties and behaviour of the in/organic material in ash samples is carried out in order to help identify new commercial opportunities.

The accredited laboratory group provides accredited sample analyses for various customers.

Selected projects:

- PSG266 - Effects of activation conditions on preparation of porous carbon from oil shale (2019-2022)
 - RITA1/02-20 - Climate change mitigation with CCS and CCU technologies (2019 – 2021)
 - LEP17084 - Fundamental Research studies on thermochemical conversion of local biomass in Utilitas Tallinn powerplant (2017 – 2020)
 - LEIEE20004 Fundamental Research studies on Oil Shale Technologies at Enefit Energiatootmise AS (2020)

Selected articles:

- Lees H, Järvik O, Konist A, Siirde A, Maaten B. Computational results of the ecotoxic analysis of fly and bottom ash from oil shale power plants and shale oil production facilities. Chem Eng Trans. 2020;81.
- Pikkor H, Maaten B, Baird ZS, Järvik O, Konist A, Lees H. Surface area of oil shale and its solid pyrolysis products depending on the particle size. Chem Eng Trans. 2020;81.
- Konist A, Neshumayev D, Baird ZS, Anthony EJ, Maasikmets M, Jä O. Mineral and Heavy Metal Composition of Oil Shale Ash from Oxyfuel Combustion. 2020; Available from: <https://dx.doi.org/10.1021/acsomega.0c04466>

Priority field: Valorization of Natural resources

Research field codes:

4. Natural Sciences and Engineering

4.17. Energetic Research

Applied research:

Projects related to CO₂ capture (LEIEE20068 and LEP19010EI),

Consulting services Enefit280-2 oil plant to evaluate the technical solutions

Fundamental Research studies on thermochemical conversion of local biomass in Utilitas Tallinn powerplant

Fundamental Research studies on Oil Shale Technologies at Enefit Energiatootmise AS

1. uurimisrühma nimetus	Nutikad kaugküttelahendused ja kasvuhoonegaaside emissioonide keskkonnamõju integreeritud hindamine	Smart District Heating systems and Integrated Assessment Analysis of Greenhouse Gases Emissions
2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed	Anna Volkova, vanemteadur, anna.volkova@taltech.ee , 620 3905	Anna Volkova, vanemteadur, anna.volkova@taltech.ee , 620 3905
3. Akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt)	<p>Andres Siirde Eduard Latõšov Igor Krupenski Jülija Gušča Henrik Pieper</p> <p><i>Doktorandid:</i> Kertu Lepiksaar</p> <p>Mitteakadeemilised: Vladislav Mašatin</p>	<p>Andres Siirde Eduard Latõšov Igor Krupenski Jülija Gušča Henrik Pieper</p> <p><i>PhD students:</i> Kertu Lepiksaar</p> <p>Non-academic: Vladislav Mašatin</p>
4. Võtmesõnad	4. põlvkonna kaugküte, madalatemperatuurilised kaugküttevõrgud, primaarenergia tegurid, CO ₂ heitmed, soojusenergia salvestamine, koostootmine, soojuspumbad	4th generation district heating, low temperature district heating, primary energy factors, CO ₂ emissions, thermal energy storage, CHP
5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus	<p>Grupp tegeleb uute tehniliste lahenduste väljatöötamisega kaugküttesüsteemide üleminekuks intelligentsele, kõrge efektiivsusega ja regeneratiivsele energiavarustuse kontseptsioonile ja kasvuhoonegaaside emissioonide mõju integreeritud hindamisega. Grupi viimase aja teadustöö on seotud järgmiste teemadega:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu soojusvarustus kõrgetemperatuurilise kaugküttesüsteemi tagasivoolu osast; -Tagasivoolu temperatuuri vähendamise mõju kaugküttevõrgule; -Eesti kaugküttepiirkondade arendamise stsenaariumid -Olemasolevate suureulatuslike kaugküttesüsteemide üleviimine 4. põlvkonna kaugkütele; -Madalatemperatuurilised kaugküttevõrgud; -Suurte soojuspumpade integreerimine kaugküttesüsteemidega; -Jätkusuutlikku kaugkütet tutvustav mobiilirakendus NutiSoojus; -Paralleeltarbimise mõju kaugkütele; 	<p>Group deals with developing new technical solutions for the transition of district heating (DH) systems towards an intelligent, highly efficient and regenerative energy supply concept and with integrated assessment analysis of greenhouse gases emissions. Group recent research activities are connected with the analysis of :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Low temperature district heating network's heat supply option from the return line of a well-established high temperature district heating system -Return temperature reduction impact on high temperature district heating system -Planning of Estonian district heating regions -Existing large-scale DH system transition towards 4th generation DH; -Low temperature DH networks -Large heat pumps integration into DH systems; -Sustainable district heating promotion mobile app NutiSoojus; -Parallel consumption impact on district heating;

<p>7. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal</p>	<p>-Kaugkütte ja jahutuse primaarenergia tegurite arvutamine.</p> <p>Olulisemad publikatsioonid on</p> <p>Volkova, A.; Krupenski, I.; Ledvanov, A.; Hlebnikov, A.; Lepiksaar, K.; Latõšov, E.; Mašatin, V. (2020). Energy cascade connection of a low-temperature district heating network to the return line of a high-temperature district heating network. <i>Energy</i>, 198, https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117304</p> <p>Volkova, A.; Latõšov E.; Lepiksaar K.; Siirde A. (2020). Planning of district heating regions in Estonia. <i>International Journal of Sustainable Energy Planning and Management</i>, Vol.25, 2020 https://doi.org/10.5278/ijsepm.3490</p> <p>Krupenski, I.; Volkova, A.; Pieper, H.; Ledvanov, A.; Latõšov, E.; Siirde, A. (2019). Small low-temperature district heating network development prospects. <i>Energy</i>, 714–722. 10.1016/j.energy.2019.04.083.</p> <p>Olulisemad projektid on : LEIEV20064 Soojuspumpade kasutamise potentsiaal Balti riikides, (7.07.2020–31.05.2021)", Nordic Energy Research LEIEV20114 "Põhjalik tööriistakomplekt madalatemperatuuriliste alamvõrkude integreerimiseks olemasolevatesse kaugküttevõrkudesse" (1.11.2020–30.04.2022)", IEA DHC</p> <p><i>Eduard Latõšov</i> on Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühingu „Tõhusa kaugkütte“ märgise väljastamise komisjoni esimees</p> <p><i>Andres Siirde</i> ja <i>Anna Volkova</i> on ajakirja " Environmental and Climate Technologies" rahvusvahelise toimetuskolleegiumi liikmed</p>	<p>-Calculation of primary energy factors for district heating and cooling</p> <p>The most significant papers are</p> <p>Volkova, A.; Krupenski, I.; Ledvanov, A.; Hlebnikov, A.; Lepiksaar, K.; Latõšov, E.; Mašatin, V. (2020). Energy cascade connection of a low-temperature district heating network to the return line of a high-temperature district heating network. <i>Energy</i>, 198, https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117304</p> <p>Volkova, A.; Latõšov E.; Lepiksaar K.; Siirde A. (2020). Planning of district heating regions in Estonia. <i>International Journal of Sustainable Energy Planning and Management</i>, Vol.25, 2020 https://doi.org/10.5278/ijsepm.3490</p> <p>Krupenski, I.; Volkova, A.; Pieper, H.; Ledvanov, A.; Latõšov, E.; Siirde, A. (2019). Small low-temperature district heating network development prospects. <i>Energy</i>, 714–722. 10.1016/j.energy.2019.04.083</p> <p>The most significant projects are: LEIEV20064 "Heat pump potential in the Baltic States (7.07.2020–31.05.2021)", Nordic Energy Research LEIEV20114 "A comprehensive toolbox for integrating low-temperature sub-networks in existing district heating networks (1.11.2020–30.04.2022)", IEA DHC</p> <p><i>Eduard Latõšov</i> was elected as the head of „Efficient district heating label“ expert committee formed by the Estonian Power and Heat Association</p> <p><i>Andres Siirde</i> and <i>Anna Volkova</i> are members of International Editorial Board of Scientific journal “Environmental and Climate technologies”</p>
---	--	--

<p>Uurimisrühma tegevusvaldkond</p>	<p><i>Andres Siirde</i> on ajakirja „Oil Shale“ peatoimetaja</p> <p><i>Andres Siirde</i> on Maailma Energeetikanõukogu Eesti Rahvuskomitee juhatuse liige ja Eesti Soojustehnika Inseneride Seltsi volikogu liige</p> <p><i>Andres Siirde</i> on Eesti Teaduste Akadeemia energeetikanõukogu liige</p> <p><i>Igor Krupenski</i> on Soojusenergeetikainseneeria kutsekomisjoni esimees</p> <p><i>Vladislav Mašatin</i> on Eesti Soojustehnikainseneride Seltsi esimees</p> <p>2. Tehnika ja tehnoloogia 2.11. Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused</p>	<p>Andres Siirde is Editor-in-Chief of journal “Oil Shale”</p> <p><i>Andres Siirde</i> is Member of Board of Estonian National Committee of World Energy Council</p> <p><i>Andres Siirde</i> is Member of the Energy Council of the Academy of Sciences of Estonia</p> <p><i>Igor Krupenski</i> is the head of Thermal engineering professional qualifications committee</p> <p><i>Vladislav Mašatin</i> is the head of Estonian Association of Thermal Engineers</p> <p>2. Engineering and technology 2.11. Other engineering and technologies</p>
---	---	---

1. uurimisrühma nimetus	Keemiatehnika teadus- ja arenduskeskus	Chemical Engineering Research and Development Centre
2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed	Oliver Järvik, vanemteadur, oliver.jarvik@taltech.ee , 620 3909	Oliver Järvik, vanemteadur, oliver.jarvik@taltech.ee , 620 3909
3. Akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt)	<p style="text-align: right;">Zachariah Steven Baird</p> <p><i>Doktorandid:</i></p> <p style="text-align: right;">Parsa Mozaffari Sepehr Mozaffari</p>	<p style="text-align: right;">Zachariah Steven Baird</p> <p><i>PhD students:</i></p> <p style="text-align: right;">Parsa Mozaffari Sepehr Mozaffari</p>
4. Võtmesõnad	Termodünaamilised omadused, multikomponentsed segud, aururõhud, korrelatsioonid, pürolüüs, masinõpe	Thermodynamic properties, multicomponent mixtures, vapor pressure, correlations, pyrolysis, machine learning
5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus	<p>Grupp tegeleb orgaaniliste ühendite ja pürolüüsiõlide (põlevkiviõli ja bioõli) termodünaamiliste omaduste uurimisega, mille peaarv on suunatud aururõhkude mõõtmisele. Samuti tegeletakse tahkete ja vedelate ainete termilise käitumise alaste uuringutega ja erinevate orgaanilistest ainetest koosnevate segude (õlid, vaigud, polümeerid) parameetrite (molaarmassi jaotus, tihedus, murdumisnäitaja, reoloogilised omadused) ja termilise stabiilsuse alaste uuringutega. Grupi tegevus on tihedalt põimunud jätkusuutliku energia ja kütuste uurimisrühma tööga.</p> <p>Grupi viimase aja teadustöö on seotud järgmiste teemadega: - Põlevkiviõlide fraktsioonide aururõhkude määramine; - Fenoolsete ühendite aururõhkude määramine; - Segude aururõhkude mudeldamine; - Koospürolüüsi alased uuringud.</p> <p>Olulisemad publikatsioonid on</p>	<p>Group deals with studies of thermodynamic properties of organic compounds and pyrolysis oils (shale oil and bio-oil) with the focus on vapor pressure measurements. Additional focus is on the studies on the thermal behavior of solids and liquids and on the parameters (molar mass distribution, density, refractive index, rheological properties) and thermal stability of various mixtures of organic substances (oils, resins, polymers). The group's activities are closely intertwined with the work of the Sustainable Energy and Fuels Research Group.</p> <p>Group recent research activities are connected with the following topics : - Measurements of vapor pressures of shale oil fractions; - Measurement of vapor pressures of phenolic compounds; - Modelling of vapor pressures of mixtures; - Studies of co-pyrolysis.</p> <p>The most significant papers are</p>

<p>6. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga</p> <p>7. Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkonnad</p> <p>8. Uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus</p>	<p>Mozaffari, P.; Baird, Z. S.; Listak, M.; Oja, V. (2020). Vapor pressures of narrow gasoline fractions from Kukersite shale oil. Oil Shale, https://doi.org/10.3176/oil.2020.4.03</p> <p>Mozaffari, P.; Järvik, O.; Baird, Z. S. (2020). Vapor Pressures of Phenolic Compounds Found in Pyrolysis Oil. Journal of Chemical & Engineering Data, 65 (11), 5559–5566. https://doi.org/10.1021/acs.jced.0c00675.</p> <p>Baird, Z. S.; Uusi-Kyyny, P.; Witos, J.; Rantamäki, A. H.; Sixta, H.; Wiedmer, S. K.; Alopaeus, V. (2020). Vapor–Liquid Equilibrium of Ionic Liquid 7-Methyl-1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-enium Acetate and Its Mixtures with Water. Journal of Chemical & Engineering Data. https://doi.org/10.1021/acs.jced.9b01039.</p> <p>Uurimisrühma tegevus on seotud AAK prioriteetse suunaga Keskkonnaressursside vääristamine</p> <p>4. Loodusteadused ja tehnika 4.11. Keemia ja keemiatehnika 4.17. Energeetikaalased uuringud</p> <p>Uurimisrühma liikmed osalevad põlevkivitööstuses tekkiva CO₂ püüdmise alastes uuringutes (LEIEE20068 ja LEP19010EI) ning uuringus, mille eesmärk on põlevkiviõlis väevli sisalduse vähendamine alla 0,5% (LEVEE20069). Samuti osaletakse Eesti biomajanduse lisandväärtuse tõstmise ja toorme tõhusa kasutamise uuringus (LEP18019EI) ning grupi liikmed osalesid põlevkivituha ohtlikkuse uuringus, mille tulemusena kuulutati põlevkivituhk tavajäätmeks ja mis lihtsustab tema kasutusele võtmist (LMIN18074).</p>	<p>Mozaffari, P.; Baird, Z. S.; Listak, M.; Oja, V. (2020). Vapor pressures of narrow gasoline fractions from Kukersite shale oil. Oil Shale, https://doi.org/10.3176/oil.2020.4.03</p> <p>Mozaffari, P.; Järvik, O.; Baird, Z. S. (2020). Vapor Pressures of Phenolic Compounds Found in Pyrolysis Oil. Journal of Chemical & Engineering Data, 65 (11), 5559–5566. https://doi.org/10.1021/acs.jced.0c00675.</p> <p>Baird, Z. S.; Uusi-Kyyny, P.; Witos, J.; Rantamäki, A. H.; Sixta, H.; Wiedmer, S. K.; Alopaeus, V. (2020). Vapor–Liquid Equilibrium of Ionic Liquid 7-Methyl-1,5,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-enium Acetate and Its Mixtures with Water. Journal of Chemical & Engineering Data. https://doi.org/10.1021/acs.jced.9b01039.</p> <p>The activities of the group are related to the topic of the valorization of natural resources of academic development plan</p> <p>4. Natural Sciences and Engineering 4.11. Chemistry and Chemical Technology 4.17. Energetic Research</p> <p>The group members are actively participating in the projects related to CO₂ capture (LEIEE20068 and LEP19010EI), and sulfur reduction in shale oil below 0.5% (LEVEE20069). The members are also involved in the project intended for maximizing added value and efficient use of raw materials in bio-economy and its sectors in Estonia (LEP18019EI), and participated in characterization of potential hazardousness of Estonian oil shale ashes (LMIN18074) as a result of which oil shale ash was declared non-hazardous waste and which facilitates its reuse (LMIN18074)</p>
---	---	---