

Energiatehnoloogia instituudi TA aruanne 2021

Direktor: professor Andres Siirde

Instituudi edulood

1. Kontakt: Alar Konist
 - Lõppes ETAg ja Euroopa Regionaalarengu Fondi poolt rahastatud projekt ClimMit, mille tulemusel selgus et kliimaneutraalsus on saavutatav ka põlevkivi kasutamise jätkamisega.
 - Valminud on Eesti Teadusagentuuri rahastatud ning majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ja keskkonnaministeeriumi tellitud uuring, mille tulemused panustavad keskkonnasõbralikumate põlevkivi töötlemise tehnoloogiate ning põlevkivi alternatiivsete kasutusviiside arendamisse.
2. Kontakt: Anna Volkova
 - Projekti „Large heat pump potential in the Baltic states“ (<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/5130ca68-2f11-474e-a529-e8f1569ac9ae>) lõpetamine
 - CO₂ kaugkütte uuring (oli lõpetanud 2021.aastal)

Uurimisrühmade ülevaated

1. Nutikad kaugkütelahendused ja kasvuhoonegaaside emissioonide keskkonnamõju integreeritud hindamine

Uurimisrühma juht: Anna Volkova, vanemteadur, anna.volkova@taltech.ee, 620 3905

Akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmed:

Andres Siirde, Eduard Latõšov, Igor Krupenski

Järeldoktor: Henrik Pieper

Doktorant: Kertu Lepiksaar

Mitteakadeemiline: Vladislav Mašatin

Võtmesõnad: 4. põlvkonna kaugküte, kaugjahutus, madalatemperatuurilised kaugküttevõrgud, primaarenergia tegurid, CO₂ heitmed, soojusenergia salvestamine, koostootmine, soojuspumbad

Uurimisrühma kompetentside tutvustus:

Grupp tegeleb uute tehniliste lahenduste väljatöötamisega, mis muudavad kaugküttesüsteemid intelligentseks, väga tõhusaks ja jätkusuutlikuks koos kasvuhoonegaaside emissioonide mõju integreeritud hindamisega.

Rühma viimased teadustööd on seotud järgmiste temadega:

- Madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu soojusvarustus kõrgetemperatuurilise kaugküttesüsteemi tagasivoolu osast;
- Tagasivoolu temperatuuri vähendamise mõju kaugküttevõrgule;
- Olemasolevate kaugküttesüsteemide üleviimine 4. põlvkonna kaugküttele;
- 5.põlvkonna kaugküte;
- Merevee kasutamine kaugjahutuses;
- Suurte soojuspumpade integreerimine kaugküttesüsteemidesse;
- Kaugküte süsteemide süsiniku jalajälg;
- Kaugküte ja jahutuse primaarenergia tegurite arvutamine.

Parimad artiklid:

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. *Energy*, 198,

H Pieper, T Kirs, I Krupenski, A Ledvanov, K Lepiksaar, A Volkova, (2021) Efficient use of heat from CHP distributed by district heating system in district cooling networks, *Energy Reports* 7, 47-54

K Lepiksaar, V Mašatin, E Latõšov, A Siirde, A Volkova (2021) Improving CHP flexibility by integrating thermal energy storage and power-to-heat technologies into the energy system *Smart Energy*, 100022

Olulisemad projektid:

LEIEE20125 Eesti kaugküttesektori CO₂ heitmed, (24.11.2020–30.04.2021)

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

VNF20075 "5GDHC tehnoloogia tehnoökoonoomiline toimivus ja teostatavusuuring agendipõhise modelleerimise ja GISi abil" (1.12.2020–30.11.2022)

AAK prioriteetse suuna: Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Alamvaldkonnad Frascati Manuali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori alusel:

2. Tehnika ja tehnoloogia

2.3 Mehaanika / masinaehitus

2.11. Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused

Teaduserialad CERCS klasifikaatori alusel:

5. TEHNIKATEADUSED

T140 Energeetika

T200 Soojustehnika, rakenduslik termodünaamika

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

- Andres Siirde on Maailma Energeetikanõukogu Eesti Rahvuskomitee juhatuse liige
- Anna Volkova on Euroheat and Power DHC+ Platform liige

Projekti "Eesti kaugküttesektori CO₂ heitmed" eesmärgiks oli Eesti kaugküttesektori CO₂ heitmete arvutamine ning Eesti kaugkütte CO₂ jalajälje määramine. Projekti raames koguti andmeid 99 Eesti suurimast kaugküttevõrgust. Antud projekt on omamoodi suunanäitajaks kaugküttesektori dekarboniseerimisel.

Uurimistöö tulemus näitas, et Eesti kaugküte on väiksema jalajäljega, kui soojuspumpadel, maagaasil või elektril põhineva küttega.

Rohkem infot ETISis

Smart District Heating systems and Integrated Assessment Analysis of Greenhouse Gases Emissions

Research group leader: Anna Volkova, vanemteadur, anna.volkova@taltech.ee, 620 3905

Members of the research group: Andres Siirde, Eduard Latõšov, Igor Krupenski

Postdoctoral fellow: Henrik Pieper

Doctoral student: Kertu Lepiksaar
Non-academic member: Vladislav Mašatin

Keywords: 4th generation district heating, district cooling low temperature district heating, primary energy factors, CO₂ emissions, thermal energy storage, CHP

Overview of the competencies of the research group:

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 :

- 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
- Existing large-scale DH system transition towards 4th generation DH;
- 5th generation district heating;
- Seawater based district cooling
- Large heat pumps integration into DH systems;
- CO₂ emissions from district heating;
- Calculation of primary energy factors for district heating and cooling

Selected papers:

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. *Energy*, 198,
H Pieper, T Kirs, I Krupenski, A Ledvanov, K Lepiksaar, A Volkova, (2021) Efficient use of heat from CHP distributed by district heating system in district cooling networks, *Energy Reports* 7, 47-54
K Lepiksaar, V Mašatin, E Latõšov, A Siirde, A Volkova (2021) Improving CHP flexibility by integrating thermal energy storage and power-to-heat technologies into the energy system *Smart Energy*, 100022

Selected projects:

LEIEE20125 "CO₂ Emissions in Estonian District Heating Sector", (24.11.2020–30.04.2021),
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
VNF20075 "Techno-economic performance and feasibility study of the 5GDHC technology using agent based modelling and GIS" (1.12.2020–30.11.2022)

TalTech Academic Development Plan priority areas: Smart and energy efficient environments

Frascati Manual's classification of scientific fields and disciplines:

2. Engineering and technology
- 2.3. Mechanical engineering
- 2.11. Other engineering and technologies

Sub-fields according to CERCS classification:

5. TECHNOLOGICAL SCIENCES
- T140 Energy Research
- T200 Thermal engineering, applied thermodynamics

Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2021:

Andres Siirde is Member of Board of Estonian National Committee of World Energy Council

Anna Volkova is member of Euroheat and Power DHC+ platform

Information on applied research and development activities of the research group applications in business, economics, society:

The aim of the project "CO₂ Emissions in Estonian District Heating Sector" was to calculate CO₂ emissions from the Estonian district heating sector and determine the CO₂ footprint of Estonian district heating. Data from 99 of Estonia's largest district heating networks were collected under the project. This project can be used as good practice example for decarbonising of the district heating sector in the country.

The result showed that Estonian district heating has a smaller CO₂ footprint than the heating heat pump-, natural gas- or electricity-based heating.

More information on ETIS

2. Keemiatehnika teadus- ja arenduskeskus

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, Senior Researcher, oliver.jarvik@taltech.ee, 620 3909
3. Akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt)	Zachariah Steven Baird <i>Doktorandid:</i> Parsa Mozaffari Sepehr Mozaffari	Zachariah Steven Baird <i>PhD students:</i> Parsa Mozaffari Sepehr Mozaffari
4. Võtmesõnad	Termodünaamilised omadused, multikomponentsed segud, korrelatsioonid, pürolüüs, masinõpe	Thermodynamic properties, multicomponent mixtures, vapor pressure, correlations, pyrolysis, machine learning
5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus	Grupp tegeleb orgaaniliste ühendite, nende segude ja pürolüüsiõlide (põlevkiviõli ja bioõli) termodünaamiliste omaduste uurimisega. Samuti tegeletakse tahkete ja vedelate ainete termilise käitumise alaste uuringutega (kalorimeetria ja termogravimeetriline analüüs) ja erinevate orgaanilistest ainetest koosnevate segude (õlid, vaigud, polümeerid) parameetrite (molaarmassi jaotus, reoloogilised	Group work is focusing on the studies of thermodynamic properties of pure organic compounds, mixtures, and pyrolysis oils (shale oil and bio-oil). Additionally, there is a strong expertise in the studies of thermal behavior (calorimetry and thermogravimetry), parameters like molar mass distribution and rheological properties, and thermal stability of various solid and liquid substances (oils, resins, polymers

<p>6. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga</p> <p>7. Uurimisrühma tegevusega</p>	<p>omadused) ja termilise stabiilsuse uuringutega. Grupi tegevus on tihedalt põimunud jätkusuutliku energeetika ja kütuste uurimisrühma tööga. Koostööd tehakse ka Virumaa Kolledžiga.</p> <p>Grupi viimase aja teadustöö on seotud järgmiste teemadega: - Põlevkiviõlide fraktsioonide aururõhkude määramine; - Fenoolsete ühendite aururõhkude määramine; - Segude aururõhkude mudeldamine; - Pürolüüsi ja koospürolüüsi alased uuringud.</p> <p>Olulisemad publikatsioonid on</p> <p>Järvik, O.; Baird, Z. S.; Rannaveski, R.; Oja, V. (2021). Properties of kukersite shale oil. Oil Shale, https://doi.org/10.3176/oil.2021.4.01</p> <p>Mozaffari, P.; Järvik, O.; Baird, Z. S. (2021). Effect of N₂ and CO₂ on shale oil from pyrolysis of Estonian oil shale. International Journal of Coal Preparation and Utilization, https://doi.org/10.1080/19392699.2021.1914025.</p> <p>Paaver, P.; Järvik, O.; Kirsimäe, K. (2021). Design of High Volume CFBC Fly Ash Based Calcium Sulphoaluminate Type Binder in Mixtures with Ordinary Portland Cement. Materials. 14(19), 5798; https://doi.org/10.3390/ma14195798</p> <p>Uurimisrühma tegevus on seotud AAK prioriteetse suunaga Keskonnaressursside vääristamine</p> <p>4. Loodusteadused ja tehnika 4.11. Keemia ja keemiatehnika 4.17. Energeetikaalased uuringud</p>	<p>etc). The group's activities are closely intertwined with the work of the Sustainable Energy and Fuels Research Group. There is also a strong collaboration with Virumaa College.</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 pyrolysis and co-pyrolysis.</p> <p>The most significant papers are</p> <p>Järvik, O.; Baird, Z. S.; Rannaveski, R.; Oja, V. (2021). Properties of kukersite shale oil. Oil Shale, https://doi.org/10.3176/oil.2021.4.01</p> <p>Mozaffari, P.; Järvik, O.; Baird, Z. S. (2021). Effect of N₂ and CO₂ on shale oil from pyrolysis of Estonian oil shale. International Journal of Coal Preparation and Utilization, https://doi.org/10.1080/19392699.2021.1914025.</p> <p>Paaver, P.; Järvik, O.; Kirsimäe, K. (2021). Design of High Volume CFBC Fly Ash Based Calcium Sulphoaluminate Type Binder in Mixtures with Ordinary Portland Cement. Materials. 14(19), 5798; https://doi.org/10.3390/ma14195798</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>2. Engineering and technology</p>
--	--	--

<p>seotud teadusvaldkond</p> <p>8. Alamvaldkonnad Frascati Manuaali teadusvaldkonnade ja -erialade klassifikaatori alusel</p> <p>9. Teaduserialad CERCS klassifikaatori alusel</p> <p>10. Uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus</p>	<p>2. Tehnika ja tehnoloogia</p> <p>2.4 Keemiatehnika</p> <p>2.7 Keskkonnatehnika</p> <p>2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused</p> <p>5. TEHNIKATEADUSED</p> <p>T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll</p> <p>T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus</p> <p>T370 Süsinikukeemia, naftakeemia, kütuste ja lõhkeainete tehnoloogia</p> <p>Uurimisrühma liikmed osalevad põlevkivitööstuses tekkiva CO₂ püüdmise alases uuringus (LEIEE20068) ning uuringus, mille eesmärk on põlevkiviõlis väävlisalduse vähendamine alla 0,5% (LEVEE20069). Samuti täidab uurimisrühm lepingut „Balti elektrijaama keskkonda juhitava tuha transpordivee kroomi sisalduse alandamise lahendused“. Uurimisrühma liikmete osalusel viidi edukalt lõpule projektid „Innovatiivsed põlevkivi gaasistamise, pürolüüsi ja põletamise tehnoloogiad“ (LEP18071), „Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS ja CCU tehnoloogiate“ (LEP19010EI) ja „Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses ja selle sektorites“ (LEP18019EI).</p>	<p>2.4 Chemical engineering</p> <p>2.7 Environmental engineering</p> <p>2.11 Other engineering and technologies</p> <p>5. TECHNOLOGICAL SCIENCES</p> <p>T270 Environmental technology, pollution control</p> <p>T350 Chemical technology and engineering</p> <p>T370 Carbochemistry, petrochemistry, fuels and explosives technology</p> <p>The group members are actively participating in the project related to CO₂ capture (LEIEE20068), and sulfur reduction in shale oil below 0.5% (LEVEE20069). The research group is also fulfilling the contract entitled "Solutions for Reducing the Chromium Content of Ash Transported to the Environment of the Baltic Power Plant". With the participation of the members of the research group, the projects "Innovative technologies for gasification, pyrolysis and combustion of oil shale" (LEP18071), "Climate change mitigation through CCS and CCU technologies" (LEP19010EI) and "Maximising added value and efficient use of raw materials in bioeconomy and its sectors in Estonia" (LEP18019EI) were successfully completed.</p>
--	--	--

3. Jätkusuutliku energeetika ja kütuste uurimisrühm 2021

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

Uurimisrühma liikmed: Tõnu Pihu, Dmitri Nešumajev, Birgit Maaten, Heidi Lees,

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 tuhaprodukte, 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 kliimaneutraalsust. 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)
- LEIEE20068 - Põlevkivitööstuses tekkiva CO₂ püüdmise alased uuringud
- LEIEE20004 - Põlevkivitehnoloogiate alased teadusuuringud Enefit Energiatootmise AS (2020)

Suurepärased artiklid:

- Aurela, Minna; Mylläri, Fanni; Konist, Alar; Saarikoski, Sanna; Olin, Miska; Simonen, Pauli; Bloss, Matthew; Nešumajev, Dmitri; Salo, Laura; Maasikmets, Marek; Sipilä, Mikko; Maso, Miikka Dal; Keskinen, Jorma; Timonen, Hilka; Rönkkö, Topi (2021). Chemical and physical characterization of oil shale combustion emissions in Estonia. *Atmospheric Environment: X*, 12, 100139. DOI: 10.1016/j.aeaoa.2021.100139.
- Cerón, A.L.; Konist, A.; Lees, H.; Järvik, O. (2021). Current status of co-pyrolysis of oil shale and biomass. *Oil Shale*, 38 (3), 228–263. DOI: 10.3176/oil.2021.3.04.
- Cerón, A. L.; Konist, A.; Lees, H.; Järvik, O. (2021). Effect of woody biomass gasification process conditions on the composition of the producer gas. *Sustainability*, 13 (21, 11763), #11763. DOI: 10.3390/su132111763.

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 õlithase tehniliste lahenduste hindamiseks"

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: Dmitri Nešumajev, Birgit Maaten, Tõnu Pihu, Heidi Lees

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)
 - LEIEE20068 - CO₂ capture related studies for industry
 - LEIEE20004 Fundamental Research studies on Oil Shale Technologies at Enefit Energiatootmise AS (2021)

Selected articles:

- Aurela, Minna; Mylläri, Fanni; Konist, Alar; Saarikoski, Sanna; Olin, Miska; Simonen, Pauli; Bloss, Matthew; Nešumajev, Dmitri; Salo, Laura; Maasikmets, Marek; Sipilä, Mikko; Maso, Miikka Dal; Keskinen, Jorma; Timonen, Hilka; Rönkkö, Topi (2021). Chemical and physical characterization of oil shale combustion emissions in Estonia. *Atmospheric Environment: X*, 12, 100139. DOI: 10.1016/j.aeaoa.2021.100139.
- Cerón, A.L.; Konist, A.; Lees, H.; Järvik, O. (2021). Current status of co-pyrolysis of oil shale and biomass. *Oil Shale*, 38 (3), 228–263. DOI: 10.3176/oil.2021.3.04.
- Cerón, A. L.; Konist, A.; Lees, H.; Järvik, O. (2021). Effect of woody biomass gasification process conditions on the composition of the producer gas. *Sustainability*, 13 (21, 11763), #11763. DOI: 10.3390/su132111763.

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 Oil Shale Technologies at Enefit Energiatootmise AS