

# Geoloogia instituudi teadus- ja arendustegevuse aruanne 2020

## Geoloogia Instituut

Direktor Professor MICHAEL HITCH, [michael.hitch@taltech.ee](mailto:michael.hitch@taltech.ee)

Geoloogia instituut on geoloogia, maavarade ja mäenduse-alast kompetentsi koondav instituut tehnikaülikoolis. Instituudi teadlased tegelevad paleokliima ja keskkonnauuringutega, maapõueressursside, geokeemia, paleontoloogia, meregeoloogia, hüdrogeoloogia jt geoteaduse suundadega. Instituudi kaasaegsed laborid toetavad teadusuuringute läbiviimist ja õppetööd ning võimaldavad pakkuda analüüsi- ja teadmusteenuseid ka väljapoole ülikooli. Geoloogia instituut vastutab maapõueressursside bakalaureuse- ja magistriõppekavade eest, mille eesmärgiks on maapõuespetsialistide ja mäeinseneride koolitamine Eestis. Geoloogia ja geotehnoloogia doktoriõpe kuulub füüsikaliste loodusteaduste õppekavasse. Instituut haldab Eesti suurimaid geoloogilisi kolleksioone, arendab maapõue infosüsteeme ning pakub täienduskoolitust ja haridusprogramme erinevatele sihtrühmadele nii Tallinnas kui Särghaua maateaduste õppekeskuses.

Geoloogia instituudi koosseisu kuulus 2020. a 5 akadeemilist struktuuriüksust:

- aluspõhjageoloogia uurimisrühm
- isotoopgeoloogia uurimisrühm
- kvaternaargeoloogia uurimisrühm
- maavara- ja rakendusgeoloogia uurimisrühm
- mäenduse ja maavaratehnoloogia uurimisrühm

ning tugiteenused, mille koosseisus on teaduskogude üksus, koostöövõrgustiku EIT Raw Materials esindus ja Särghaua maateaduste õppekeskus.

## Department of Geology

Director Professor MICHAEL HITCH, [michael.hitch@taltech.ee](mailto:michael.hitch@taltech.ee)

In 2020 the Department of Geology consisted of five research groups:

- Division of Bedrock Geology
- Division of Isotope Geology
- Division of Mineral Resources and Applied Geology
- Division of Mining
- Division of Quaternary Geology

And geoscience services, including the Research Collections Unit, EIT Raw Materials Office and Särghaua Earth Science Centre.

# Teadustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes

---

## Aluspõhjageoloogia uurimisrühm

**Juht:** professor OLLE HINTS, olle.hints@taltech.ee

**Liikmed:** Peep Männik, Ursula Toom, Merlin Liiv, Jaak Nõlvak, Aivo Lepland, Linda Hints

**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** Paleosoikumi geoloogia, paleontoloogia, paleokeskkond, geokeemia, stratigraafia

Aluspõhja geoloogia, sh stratigraafia ja paleontoloogia, on olnud Geoloogia instituudi üheks keskseks uurimisvaldkonnaks alates instituudi loomisest. 2020. a oli osakonnaga seotud 7 töötajat, teadustegevus toimus Eesti Teadusagentuuri uurimistoetuse PRG836 "Globaalsed, regionaalsed või kohalikud mõjurid süsiniku isotoopsündmuste tekkepõhjusena Vara-Paleosoikumis" jt projektide toel. Osakonna töötajad osalevad mitmete loengukursuse läbiviimisel "Maapõueressursside" õppekava üliõpilastele.

Aluspõhjageoloogia uurimisrühma põhikompetentside hulka kuulub Eesti geoloogilise ehituse, kivimite, kivistite ja arenguloo põhjalik tundmine. Sellised teadmised on vajalikud praktilises geoloogias, kuid põhiliselt leiavad kasutust siiski alusuuringutes, enamasti tihedas rahvusvahelises koostöös. Osakonna peamiste uurimissuundade hulka kuuluvad:

- mikropaleontoloogia ja kõrglahutusega biostratigraafia;
- paleoelurikkuse dünaamika modelleerimine ja selle seosed kliima ja keskkonnamuutustega;
- erinevate organismirühmade evolutsioon ja paleobiogeograafilise leviku analüüs;
- paleokliima modelleerimine kasutades sedimentoloogilisi ja geokeemilisi indikaatoreid;
- süsiniku aineriinge muutused Paleosoikumis ning isotoopgeoloogiliste meetodite kasutusvõimalused selle selgitamiseks.

Oluline osa aluspõhja osakonna teadustööst baseerub instituudi geoloogilistel ja paleontoloogilistel kollektsioonidel, mida haldab teaduskogude üksus.

## Olulisemad 2020. a teadustulemused

Aruandeperioodi silmapaistvamate tulemuste hulka kuulub ajakirjas Geology avaldatud artikkel (Liang et al. 2020) kitiinikute võimaliku paljunemismehhanismi ja bioloogilise päritolu kohta, mis tugineb Eestist pärit hästisäilunud pisikivististe uurimisel mitmete uudsete meetoditega (FIB-SEM, mikro-kompuutertomograafia). Artikkel leidis äramärkimist ka TTÜ aasta teadusartikli konkursil. Uue meetoodika - PDI e fütoplanktoni tumedusindeksi - testimisele keskendus ka Sorci et al. (2020) artikkel, mis uuris pisikivististe kesta muutusi mattumissügavuse ja geoloogiliste tegurite mõjul. Töö tulemusel selgitati, et Eesti lubjakivikompleksi maksimaalne mattumistemperatuur ei ületanud 70C kraadi; ühtlasi tuvastati märkimisväärne materjali ümbersettimine. Mitmed uuringud keskendusid ka süstemaatilisele paleontoloogiale ning biostratigraafiale käsitledes maailma eri piirkondasid, lisaks Eestile ka Lätit, Leedut, Hiinat, Egiptust, ja Ida-Siberit. Isotoop-geokeemilised uuringud keskendusid orgaanilise aine ja karbonaatsete mineraalide süsiniku isotoopkoostise erinevustele läbi Ordoviitsiumi ajastu. Töö tulemused, mida esitati rahvusvahelisel konverentsil, näitavad kompleksset signatuuri, mis pärineb nii globaalsetest süsiniku aineriinge muutustest kui ka kohalikest vara-

diageneetilistest teguritest. Uued andmed Baltikumi Vara-Siluri kihtidest (Young et al. 2020) näitasid olulisi muutusi keskkonna redokstingimustes ning redutseeriva, hapnikuvaese keskkonna regionaalne laienemine oli tõenäoliselt enamike elurikkuse kriiside põhjustajaks vara-Paleosoikumis.

Kokku ilmus uurimisrühma liikmetel 13 ETIS 1.1 kategooria publikatsiooni ning mitmeid muid kirjutisi. Rahvusvahelistel konverentsidel esineti 5 ettekandega.

### **Valitud publikatsioonid**

Ausich, W. I., Wilson, M. A., Toom, U., 2020. Early Silurian recovery of Baltica crinoids following the end-Ordovician extinctions (Llandover, Estonia). *Journal of Paleontology* 94, 521–530.

<https://doi.org/10.1017/jpa.2019.89>

Liang, Y., Hints, O., Tang, P., Cai, C., Goldman, D., Nõlvak, J., Tihelka, E., Pang, K., Bernardo, J., Wang, W., 2020. Fossilized reproductive modes reveal a protistan affinity of Chitinozoa. *Geology* 48, 1200–1204. <https://doi.org/10.1130/G47865.1>

Sorci, A., Cirilli, S., Clayton, G., Corrado, S., Hints, O., Goodhue, R., Schito, A., Spina, A., 2020. Palynomorph optical analyses for thermal maturity assessment of Upper Ordovician (Katian-Hirnantian) rocks from Southern Estonia. *Marine and Petroleum Geology* 120, 104574.

<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104574>

Toom, U., Vinn, O., Isakar, M., Madison, A., Hints, O., 2020. Small faecal pellets in Ordovician shelly fossils from Estonia, Baltoscandia. *Estonian Journal of Earth Sciences* 69, 1–19.

<https://doi.org/10.3176/earth.2020.01>

Young, S. A., Benayoun, E., Kozik, N. P., Hints, O., Martma, T., Bergström, S. M., Owens, J. D., 2020. Marine redox variability from Baltica during extinction events in the latest Ordovician–early Silurian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109792.

<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109792>

Teaduseriala: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

Prioriteetne AAK valdkond: 3. Keskkonnaressursside vääristamine; 2. Usaldusväärsed IT lahendused

---

## **Bedrock Geology Research Group**

**Head:** Professor OLLE HINTS, [olle.hints@taltech.ee](mailto:olle.hints@taltech.ee)

**Members:** Peep Männik, Ursula Toom, Merlin Liiv, Aivo Lepland, Jaak Nõlvak, Linda Hints

**Keywords:** Paleozoic geology, paleontology, paleoenvironment, stable isotope geochemistry

Bedrock geology, including paleontology and stratigraphy, have been among the key research areas of the Department of Geology since 1950s. In 2020, the group included 7 researchers, who work in close collaboration with partners worldwide, notably from US, Russia, Sweden, China, Canada, France, Belgium, Germany, and UK. The main research project in 2020 was PRG836 "Tracing the origins of early Paleozoic stable carbon isotope excursions - global, regional and local drivers".

The main research topics of the group are related to deciphering Earth history through the latest Proterozoic and early Paleozoic times, ca 600–400 million years ago. During this period, the planet underwent major transitions in climate systems and environments, related to changing oxygen levels and perturbations in carbon cycle rarely seen on Earth since then. This interval moreover embraced key events in biological evolution and biodiversification, such as the Cambrian explosion and the Great Ordovician Biodiversification Event but witnessed also one of the largest mass extinctions in the history of life. The group is interested in better understanding the interactions between geo- and biosphere processes addressing the following:

- Paleobiodiversity dynamics and its relationships with climate and environmental changes.
- Paleobiology and evolution of various groups of organisms during early Paleozoic.
- Global paleobiogeographic patterns and the role of the Baltic faunal province.
- Paleoclimate perturbations using multiple proxy indicators (such as conodont apatite).
- Changes in carbon, oxygen and sulfur stable isotope composition, reflecting of atmosphere and hydrosphere in deep time.

The group holds leading palaeontological competence in Estonia, and for some fossil groups, leading expertise worldwide (notably for conodonts, chitinozoans and scolecodonts). The main applications of the group's work are related to high-resolution biostratigraphy of Early Paleozoic sedimentary rocks, which has resulted in numerous collaborative publications. Most high-impact studies are based on material from the Baltoscandian bedrocks, renowned by little alteration and good preservation of primary Paleozoic environmental signatures. Studies conducted at the division have been published in leading research journals including Nature, PNAS and Geology.

The group makes excessive use of the geological and paleontological collections held at the department. These are largest in Estonia and curated at a high international level.

### **Main results in 2020:**

In 2020 a paper was published in Geology describing a possible reproductive mode of chitinozoans and suggesting their biological origin (Liang et al. 2020). The study was based on excellently preserved material from the Baltic region and application of novel study methods including 3D X-ray computed tomography and FIB-SEM imaging. This paper was highlighted also at the TalTech research paper 2020 contest in natural sciences. Another methodologically novel study (Sorci et al. 2020) applied PDI - palynomorph darkness index for studying microfossils from the Late Ordovician limestones of Estonia. The results indicated very low burial diagenesis, with maximum burial temperatures never exceeding ca 70C degrees; however, showing redeposition of palynomorphs, which may contribute to better understanding of sequence stratigraphic patterns. Results from various other paleontological and biostratigraphical studies were published in 2020, concerning material from many regions around the world, including Estonia, China, eastern Siberia, and Egypt. Isotope-geochemical research focused on documenting paired carbonate and organic carbon isotope records from the Middle Ordovician to basal Silurian from Estonia, Latvia and Lithuania. Compared to data from other regions, the new Estonian  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  data sets stand out by relatively small scatter. Results reveal mixed signatures from global changes in carbon sequestration and environments, as well as basinal trends and locally induced shifts. New multiproxy paleoredox datasets (Young et al. 2020) provided the first direct evidence for local to regional expansion of reducing marine conditions coincident with late Aeronian biotic event and positive  $\delta^{13}\text{C}$  excursion. The combination of geochemical data indicate that environmental stresses related to an expansion of anoxic to euxinic conditions were a probable driver for several extinction events during the latest Ordovician–early

Silurian. Altogether the members of the research group published 13 papers in ETIS category 1.1 journals, and various other publications, and the results were presented in international conferences.

#### **Selected publications in 2020:**

Ausich, W. I., Wilson, M. A., Toom, U., 2020. Early Silurian recovery of Baltica crinoids following the end-Ordovician extinctions (Llandovery, Estonia). *Journal of Paleontology* 94, 521–530.  
<https://doi.org/10.1017/jpa.2019.89>

Liang, Y., Hints, O., Tang, P., Cai, C., Goldman, D., Nölvak, J., Tihelka, E., Pang, K., Bernardo, J., Wang, W., 2020. Fossilized reproductive modes reveal a protistan affinity of Chitinozoa. *Geology* 48, 1200–1204. <https://doi.org/10.1130/G47865.1>

Sorci, A., Cirilli, S., Clayton, G., Corrado, S., Hints, O., Goodhue, R., Schito, A., Spina, A., 2020. Palynomorph optical analyses for thermal maturity assessment of Upper Ordovician (Katian-Hirnantian) rocks from Southern Estonia. *Marine and Petroleum Geology* 120, 104574.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104574>

Toom, U., Vinn, O., Isakar, M., Madison, A., Hints, O., 2020. Small faecal pellets in Ordovician shelly fossils from Estonia, Baltoscandia. *Estonian Journal of Earth Sciences* 69, 1–19.  
<https://doi.org/10.3176/earth.2020.01>

Young, S. A., Benayoun, E., Kozik, N. P., Hints, O., Martma, T., Bergström, S. M., Owens, J. D., 2020. Marine redox variability from Baltica during extinction events in the latest Ordovician–early Silurian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109792.  
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109792>

---

## Isotoopgeoloogia töörühm

**Uurimisrühma juht:** vanemteadur REIN VAIKMÄE, rein.vaikmae@taltech.ee

**Liikmed:** Alla Šogenova, Kazbulat Šogenov, Enn Kaup (käsunduslepinguga), Jüri Ivask, Joonas Pärn

**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** isotoophüdrogeoloogia, põhjavesi, paleoklimatoloogia, polaaruuringud, CO<sub>2</sub> ning vesiniku ladustamine, Balti arteesiabassein

Isotoopgeoloogia osakond (praegune isotoopgeoloogia töörühm) moodustati Geoloogia Instituudis eelmise sajandi 70ndate aastate algul eesmärgiga kasutada isotoop-geokeemilisi analüüsimeetodeid ja -indikaatoreid globaalsete kliima- ja keskkonnamuutuste uurimisel. Osakonna algusaastatel oli põhiliseks uurimissuunaks Kvaternaari jäätumiste ajaloo uurimine ning paleoklimatoloogia ja eelkõige polaarialade jääpuursüdames talletunud isotoopandmestiku dešifreerimine. Viimaste aastakümnete jooksul on osakonna isotoopuuringud laienenud ja hõlmavad Balti arteesiabasseini (BAB) põhjavee isotoopkoostise, vanuse ja päritolu probleeme ning numbriliste mudelite rakendamist, aga ka isotoopmeetodite kasutamist keskkonnanuuringutes. Jätakuvalt ollakse edukad isotoop-geokeemiliste andmete abil polaarialade paleokliima- ja keskkonnamuutuse rekonstrueerimisel, sealjuures osakonna stabiilsete isotoopide analüüsi laboratooriumi koostöö kaudu instituudi teiste osakondade

ning partneritega Eestis ja välismaal. Uue uurimissuunana lisandus 2006. aastal CO<sub>2</sub> geoloogilise ladustamise temaatika. ning 2020. aastal ka vesiniku geoloogilise ladustamise temaatika.

2020. a alguse seisuga oli töörühmas 4 teadustöötajat ja 2 teaduskraadiga inseneri., kes samuti panustavad teadusprojektidesse ning –publikatsioonidesse. Teadustöö toimus ühe ETAG järeldoktoriprojekti PUTJD920 ning instituudi baasfinantseerimise ja rea välisprojektide, sh Rahvusvahelise Aatomienergia Agentuuri (IAEA)(VA16034) ning EL Horisont 2020 projektide ning lepinguliste teadus tellimustööde raames. Töörühma liikmed osalevad mitme õppeaine õpetamisel „Maapõueressursside“ õppekava üliõpilastele. Kolm osakonna teadustöö raames koolitatud ja doktorikraadi kaitsnud noort teadlast moodustavad hiljuti taasloodud Eesti Geoloogiateenistuse hüdrogeoloogia ja keskkonnageoloogia osakonna tuumiku.

Töörühmal on teadustööks välja arendatud kaasaegne isotoop-geokeemiliste analüüside infrastruktuur, sh kaks Thermo Fisher DeltaV stabiilsete isotoopide suhte mõõtmise massispektromeetrit koos proovide ettevalmistussüsteemidega (GasBench II δ<sup>18</sup>O ja δ<sup>13</sup>C määramiseks karbonaatkivimites; FlashEA 1112 δ<sup>13</sup>C ja δ<sup>15</sup>N analüüsiks orgaanilises aines ja TC/EA kõrgtemperatuurne elementanalüsaator, aga samuti vee δ<sup>18</sup>O ja δ<sup>2</sup>H isotoopanalüüsi laserspektromeeter Picarro L2120-i ning ionkromatograaf ICS-1100.

Välispartnerite, sh IAEA kaudu on töörühmal tagatud vajadusel juurdepääs ka unikaalsele veeproovide vääriskaaside sisalduse ning vääriskaaside isotoopanalüüsi aparatuurile.

#### **Olulisemad 2020. a teadustulemused:**

1. Balti arteesiabasseini põhjavee kujunemise ja dünaamika uurimise käigus tõestati, et rajaülesandena seatud 180 kontsentratsiooni ajast sõltuv kolmemõõtmeline jaotumus regionaalse ulatusega ja muutliku juhtivusega põhjavee-kihtkonnas on numbriliselt mudeldatav programmipakettidega MODFLOW-2005 and MT3DMS. Konstrueeriti Eesti arteesiabasseini põhjavee voolu- ja transpordimudelite integraalne süsteem, mis on rakendatav viimase 22 tuhande aasta kestel toimunud ja ka tulevaste hüdrogeoloogiliste protsesside uurimiseks. Seda kasutas juba Eesti Geoloogiateenistus Eesti veekeskonna seisundi optimeerimiskavade põhjendamisel (Vallner et al. 2020).
2. Koostati ja publitseeriti Baltikumi põhjavee isotoop-geokeemia andmebaas (Vaikmäe et al. 2020.) Suurem osa publitseeritavatest andmetest tehti avalikuks Eesti Geoloogia andmebaasi SARV veebilehel (<https://doi.org/10.15152/GEO.488>). Teatud osa andmebaasis olevatest andmetest on seotud hetkel ettevalmistatavate publikatsioonidega ning need avalikustatakse pärast vastavate artiklite ilmumist.
3. Keskkonnaministeeriumi tellimusel tehtud aastaringse Hüdrogeoloogilise uuringu „Nitraatide ja pestitsiidide kõrgendatud sisalduse põhjuste ja leviku ulatuse väljaselgitamine Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas“ põhiliseks eripäraks, võrreldes nitraaditudndliku ala põhjavee varasemate uuringute ja ka seirega, oli isotoopmeetodite kasutamine eesmärgiga täpsustada nitraadireostuse võimalikke allikaid, milledeks on üldjuhul valdavalt sõnnik, mineraalvähed ja majapidamiskaevude puhul ka reoveed .Tulemused näitasid, et lämmastikureostus uuringualal on viimastel aastatel kasvanud ja ka pestitsiidide sisaldus ületab kehtestatud piirnorme, mis kinnitab vajadust lämmastikuseiret jätkata. Uuringu tulemused näitavad üheselt, et infiltratsioon uuritava pilootalal on kiire. Uuringu tulemused on Keskkonnaministeeriumile sisendiks uue veemajanduskava 2022-2025 koostamisel.

4. Horisont2020 projekti EU-PolarNet raames osalesid R.Vaikmäe ning E.Kaup rahvusvahelise projekti konsortsiumi koosseisus Euroopa Liidu lähikümneendite poolaaruuringute strateegia väljatöötamisel ning 2020. juunis kiitis EK projekti lõpparuande heaks. Projekti info on kättesaadav lingil <https://eu-polar.net.eu>. Jätakuprojekti EU-PolarNet2 (2020-2024) rahvusvahelises konsortsiumis esindab Eestit jälle TTÜ geoloogia instituut (R. Vaikmäe ja E. Kaup).

5. CO<sub>2</sub> ja vesiniku geoloogilise ladustamise temaatika vallas tegid A. Šogenova ja K. Šogenov 2020. a uuringuid kahe Horisont2020 projekti (ENOS ja CLEANKER) raames ning ühtlasi käivitasid kaks uut haakuvat projekti, mis algasid 2020. aastal:

- Erasmus+ project "Strateegiline partnerlus ringmajanduse lähenemisviisi edendamiseks kaevandustööstusega seotud õppeprogrammides" - VERT20047 – 1.09.2020-31.08.2023
- Süsinikdioksiidi kinnipüüdmise, kasutamise ja ladustamise CCUS-heite marsruutimine Läänemere piirkonnas (BSR), RouteCCS, grant 01199/2020 Rootsi Keskkonnainstituudilt VA20065, 1.08.2020-28.02.2022

Samuti valmistati 2020. aastal ette uus Horisont2020 projekt, maa-alune vesinikuhooldla (HyStorIES - Vesiniku ladustamine Euroopa maapõues, VFP2055), mis algab 01.01.2021 (2021-2022).

CLEANKERi projekti raames töötati välja ja avaldati meetodika süsinikdioksiidi transpordi, Balti ja Itaalia stsenaariumide tehnöökonomilise uuringu teostamiseks (Šhogenova ja Šogenov, 2020) <http://www.cleanker.eu/downloads/cleanker-public-deliverables/d71-definition-of-a-methodology-for-the-development-of-a-techno-economic-study-for-co2-transport-storage-and-utilization.html>

Alla Šogenova osales 14. oktoobril veebis korraldatud BALTIC CARBON FORUM 2020 korraldamisel ja tegi veebiettekannde "Carbon Neutral Baltic States: Do We Have CCUS among Accepted Options?". 2. novembril kaitses Rooma Sapienza ülikoolis hübriidkaitsmisel Martina Mariani magistratöö "Põhja-Itaalia CCS-stsenaarium tsemenditööstusele", mida juhendasid Kazbulat Šogenov ja Alla Šogenova.

2020. aasta kevadel initsieeris Rahvusvaheline Aatomienergia Agentuur IAEA projekti WAVE töstmaks IAEA liikmesriikide teadlikkust ja võimekust isotoopmeetodite kasutamisel hüdroloogia valdkonnas ning arendamiseks vastavaid laboratooriume. Projektis osalemise eelduseks on osaleval laboratooriumil valdkondliku teadusprojekti olemasolu ja IAEA panustab projekti osalevate laboratooriumide personali koolituse ning vajadusel analüüsides, mille võimekus kohapeal puudub. Isotoopgeoloogia töörühm osaleb projektiga "Vulnerability assessment of stratified, often transboundary aquifers using the isotope (dating) methods", mille raames uuritakse koos Läti Ülikooli kolleegidega Lõuna-Eesti ja Põhja-Läti Devonil põhjaveekompleksi vee kujunemist ja dünaamikat. COVID-19 piirangute tõttu lükkus projekti täitmiseks vajalike põhjaveeproove kogumine 2021. aastasse.

#### **Olulisemad publikatsioonid 2020:**

Stankevica, K.; Vincevica-Gaile, Z.; Klavins, M.; Kalnina, L.; Stivrins, N.; Grudzinska, I.; Kaup, E. (2020). Accumulation of metals and changes in composition of freshwater lake organic sediments during the Holocene. *Chemical Geology*, 539, #119502. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2020.119502.

Shogenova, A; Shogenov, K. (2020). Definition of a methodology for the development of a techno-economic study for CO<sub>2</sub> transport, storage and utilization. Deliverable D7.1 of the Horizon 2020 CLEANKER project. 54 pp. <http://www.cleanker.eu/downloads/cleanker-public-deliverables/d71-definition-of-a-methodology-for-the-development-of-a-techno-economic-study-for-co2-transport-storage-and-utilization.html>

Vallner, L., Ivask, J., Marandi, A., Vaikmäe, R., Raidla, V., Raukas, A. (2020). Transient 3D simulation of  $^{18}\text{O}$  concentration by codes MODFLOW-2005 and MT3DMS in a regional-scale aquifer system: an example from Estonian Artesian Basin. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 69 (3), 154–174. DOI: 10.3176/earth.2020.11.

Chen, J.; Haldorsen, S.; Vaikmäe, R. (2020). Groundwater and global palaeoclimate signals. *Quaternary International*, 547, 1–6. DOI: 10.1016/j.quaint.2020.06.028.

Vaikmäe, R.; Martma, T.; Ivask, J.; Kaup, E.; Raidla, V.; Rajamäe, R.; Vallner, L.; Mokrik, R.; Samalavičius, V.; Kalvāns, A.; Babre, A.; Marandi, A.; Hints, O.; Pärn, J. (2020). Baltic groundwater isotope-geochemistry database. DOI: 10.15152/GEO.488.

Teaduseriala: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

Prioriteetne AAK valdkond: 3. Keskkonnaressursside vääristamine; Muud olulised teadusuuringud

---

## Research Group of Isotope Geology

**Head:** senior researcher REIN VAIKMÄE, rein.vaikmae@taltech.ee

**Members:** Alla Shogenova, Kazbulat Shogenov, Enn Kaup, Jüri Ivask, Joonas Pärn

**Keywords:** isotope hydrogeology, groundwater, paleoclimatology, polar research, CO<sub>2</sub> and hydrogen storage, Baltic Artesian Basin

The Division of Isotope Geology was formed in the early 1970s with the aim to study the history of Quaternary glaciations and for using isotopic and geochemical indicators in polar ice-cores for the study of global climatic variability and environmental changes back in time. Over the years, the division's main research areas have been expanded to hydrogeology, polar paleoclimatology and environmental change as well as CO<sub>2</sub> and hydrogen storage.

At the beginning of 2020 the staff includes four researchers and two engineers holding PhD degrees.

In 2020 the division's research work was carried out on one Estonian Research Council project PUTJD920, on several international projects (including the IAEA, EU Horizon 2020) on contracted projects and on project supported by the Department basic finances

The division holds a modern research facility with an international client base including: two Thermo Fisher Delta V Advantage and DeltaV Plus IRMS, with three sample preparation lines (GasBench II for  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  from carbonate rocks; FlashEA 1112 for  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  analyses from organic matter and TC/EA High Temperature Conversion/Elemental Analyzer), a Picarro L2120-i laser spectrometer for water  $\delta^{18}\text{O}$  ja  $\delta^2\text{H}$  analyses and Thermo Dionex ion chromatograph ICS-1100.

Through our international partners, including the IAEA, we have access, if needed, to the unique noble gas content and noble gas isotope analyses facilities.

### Main results in 2020:

1. It was proved that a transient 3D distribution of  $^{18}\text{O}$  concentration in a regional-scale heterogeneous multi-layered aquifer system can be numerically simulated by codes MODFLOW-2005 and MT3DMS as a boundary problem. The practical applicability of the elaborated method has been



verified by reconstruction and interpretation of the geohydrologic history of the Estonian Artesian Basin during the Late Pleistocene and Holocene. The adequacy of regional hydrodynamic calculations proceeded by eight consecutive modelling scenarios has been verified by a good correlation between the observed and simulated  $\delta^{18}\text{O}$  values. The set of functionally interconnected groundwater flow and  $^{18}\text{O}$  transport models forms an integral hydrogeological model of the Estonian Artesian Basin for the last 22ka (Vallner et al., 2020).

2. The Baltic groundwater isotope-geochemistry database was compiled. Most of the data in the database has been made publicly available Geoscience Data Repository of Estonia (<https://doi.geocollections.info>). Some of the data which is part of manuscripts in preparation at the time of the database publication will be made public after the publication of those manuscripts.

3. In the frame of an annual research project „hydrogeological investigation of reasons and the area of distribution of increased content of nitrates and pesticides within the Silurian-Ordovician Pandivere groundwater body in East-Estonia“ ordered by the Ministry of Environment for the first time in Estonia isotope methods were applied. It was found that  $\text{NO}_3$  concentrations were significantly higher in most of the wells studied as the water, according to the  $^3\text{H}/^3\text{He}$  ratio, was younger than 20 years in all wells, we concluded that both nitrate and pesticide pollution must have originated from recent times. The results showed that nitrogen pollution in the study area has increased, which confirms the need to continue nitrogen monitoring. The results of study will be used by the Ministry for compilation the next state water management plan.

4. In the frame of Horizon2020 project EU-PolarNet R. Vaikmäe and E. Kaup were member of international consortium developing and delivering an integrated European polar research programme. In June 2020 the final report was accepted by the EU Commission. Documents of the project are available at <https://eu-polarnet.eu/>. In the international consortium of the follow-up project EU-PolarNet2 (2020-2024) Department of geology of TUT (R.Vaikmäe and E.Kaup ) also represent Estonia.

5. In 2020 CCUS and  $\text{CO}_2$  storage group (A. Shogenova and K. Shogenov) worked in two Horizon 2020 projects (ENOS and CLEANER) and also prepared two new projects, which started in 2020. Methodology and developed by ENOS project e-learning lectures (<http://www.enos-project.eu/highlights/e-books/enos-carbon-capture-and-storage-e-books/>) and International Master Course on  $\text{CO}_2$  Geological Storage (<http://www.enos-project.eu/highlights/project-news/international-master-defence-2020/> ) supported preparation of new ERASMUS+ project:

Erasmus+ project “Strategic partnership for fostering circular economy approach in extractive industry related study programmes” - VERT20047 – 1.09.2020-31.08. 2023

Analysed in the CLEANER project CCUS regulations (<http://www.cleanker.eu/downloads/cleanker-public-deliverables/d73-regional-and-national-regulations-gaps-and-recommendations-for-ccus-scenarios.html> ) and developed Baltic CCUS scenarios (Shogenova et al, 2019) gave possibility to prepare new project for the Baltic Sea Region:

Routing Deployment of Carbon Capture, Use and Storage CCUS in the Baltic Sea Region (BSR), RouteCCS, grant 01199/2020 from Swedish Environmental Institute) VA20065, 1.08.2020-28.02.2022

Methodology developed in the CLEANER project for theh database collection using ArcGIS platform supported preparation in 2020 new Horizon 2020 project HyStorIES, (HyStorIES - Hydrogen Storage In European Subsurface, VFP2055 ), started on the 1st January 2021 ( 2021-2022).

CLEANER project methodology for the development of a techno-economic study for CO<sub>2</sub> transport, storage and utilization of Baltic and Italian scenarios were developed and published online (Shogenova and Shogenov, 2020) <http://www.cleanker.eu/downloads/cleanker-public-deliverables/d71-definition-of-a-methodology-for-the-development-of-a-techno-economic-study-for-co2-transport-storage-and-utilization.html>

Alla Shogenova took part in the organization of the BALTIC CARBON FORUM 2020 arranged online on October 14 and made presentation "Carbon Neutral Baltic States: Do We Have CCUS Among Accepted Options?". The presentation is available at <http://bcforum.net/forum.php> and recording of the webinar at <https://youtu.be/QP7ZF2Xj1xQ>. Master thesis of Martina Mariani "North Italian CCS scenario for the cement industry" supervised by K. Shogenov and A. Shogenova was defended on the 2nd November during hybrid meeting in Sapienza University of Rome

### Major publications in 2020

Stankevica, K.; Vincevica-Gaile, Z.; Klavins, M.; Kalnina, L.; Stivrins, N.; Grudzinska, I.; Kaup, E. (2020). Accumulation of metals and changes in composition of freshwater lake organic sediments during the Holocene. *Chemical Geology*, 539, #119502. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2020.119502.

Shogenova, A; Shogenov, K. (2020). Definition of a methodology for the development of a techno-economic study for CO<sub>2</sub> transport, storage and utilization. Deliverable D7.1 of the Horizon 2020 CLEANER project. 54 pp. <http://www.cleanker.eu/downloads/cleanker-public-deliverables/d71-definition-of-a-methodology-for-the-development-of-a-techno-economic-study-for-co2-transport-storage-and-utilization.html>

Vallner, L., Ivask, J., Marandi, A., Vaikmäe, R., Raidla, V., Raukas, A. (2020). Transient 3D simulation of 18O concentration by codes MODFLOW-2005 and MT3DMS in a regional-scale aquifer system: an example from Estonian Artesian Basin. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 69 (3), 154–174. DOI: 10.3176/earth.2020.11.

Chen, J.; Haldorsen, S.; Vaikmäe, R. (2020). Groundwater and global palaeoclimate signals. *Quaternary International*, 547, 1–6. DOI: 10.1016/j.quaint.2020.06.028.

Vaikmäe, R.; Martma, T.; Ivask, J.; Kaup, E.; Raidla, V.; Rajamäe, R.; Vallner, L.; Mokrik, R.; Samalavičius, V.; Kalvāns, A.; Babre, A.; Marandi, A.; Hints, O.; Pärn, J. (2020). Baltic groundwater isotope-geochemistry database. DOI: 10.15152/GEO.488.

---

## Maavara- ja rakendusgeoloogia uurimisrühm

**Uurimisrühma juht:** teadur RUTT HINTS, [rutt.hints@taltech.ee](mailto:rutt.hints@taltech.ee)

**Liikmed:** Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste, Kristjan Urtson, Alvar Soesoo, Heidi Soosalu

**Doktorandid:** Siim Pajusaar, Sophie Graul

**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** maavarad, geokeemia, mineraloogia, mustad kildad, fosforiidid

**Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga:** AAK prioriteetne suund "Keskkonnaressursside väärimine"

**Alamvaldkonnad Frascati manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori alusel: 1.**  
Loodusteadused, 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

Uurimisrühma teadustegevuse fookuses on perspektiivsete Euroopa Liidu kriitilisi toormeid sisaldavate maapõueressursside geneesi, leviku ja väärimise potentsiaali selgitamine. Rühma tuumikkompetentsid on seotud orgaanikarikaste ressursside, sealhulgas metallirikaste mustade kiltade ning põlevkivide, geokeemia ja mineraloogiaga. Lisaks sellele on viimastel aastatel ellu viidud rida T&A uuringuid settekivimite ja maagileiukohtade erinevate geoloogiliste aspektide analüüsiks. Interdistsiplinaarse koostöö valdkondades nagu ressursside väärimine ja kavandusjäätmete taaskasutamise, toetub uurimisrühma pikaajalisele teadustööle röntgenstruktuuranalüüsi vallas. Uurimisrühma täiendavaks tegevussuunaks on Eesti ala seismilised uuringud.

2020 a lõppesid uuringud RITA1/01 projekti kolme alateema raames ("Eesti fosforiidi säästlik väärimine", „Kirde-Eesti magnetanomaalia metallide geneesi põhijooned" and "Bioleostumise kasutusvõimalused metallide eraldamiseks Eesti graptoliitargilliidist"). Uuringud viidi läbi koostöös Tallinna Tehnikaülikooli, Tartu Ülikooli ja Eesti Geoloogiateenistusega. Üheks projekti tulemuseks on näiteks täpsema U, Mo ja Zn-Pb rikastumismudeli väljatöötamine litoloogiliselt heterogeensete alampaleosoiliste mustade kiltade jaoks. RITA1/01 projekti tulemusi rakendas Haridus- ja Teadusministeerium uue loodusressursside väärimise programmi ResTA fookusteemade määratlemisel.

ResTA programmis alustati 2020 a uuringuid kolme uue ühisprojekt raames ("Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemise tehnoloogiad", "Vanaadiumi levik ja esinemisvormid graptoliitargilliidis ning eraldamise tehnoloogiad", "Potentsiaalselt kasulikud komponendid ja maagistumise genees Eelkambriumi kivimite polümetalse maagistumise ilmingutes"). 2020 a liitus töögrupiga uus doktorant Sophie Graul, kelle doktoriprojekt keskendub Eesti fosforiidide kvaliteediomaduste selgitamisele.

Uurimisrühm haldab füüsikaliste meetodite laborit, mis on varustatud ICP-MS, XRF ja XRD analüsaatoritega, ning võimaldab läbi viia kompleksseid geokeemilisi, mineraloogilisi ja petrooloogilisi uuringuid. Analüütilise kvaliteedi tagamiseks osaletakse Rahvusvahelise Geoanalüütikute Assotsiatsiooni tasemekatsete programmis. 2020 a töötati labori analüüsikontrolliks välja 5 fosforiidi ja graptoliitargilliidi referentsproovi. Keskkonnaagentuuri lepingu alusel teostavataks seismoseireks Eesti territooriumil hoiti käigus ja koguti andmeid 10 seisimojaamast.

Uurimisrühma Eesti-siseste ja rahvusvaheliste koostööpartnerite seas on olulisemad uurimisrühmad Tallinna Tehnikaülikooli materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudist, Tartu Ülikooli geoloogia osakonnast, Eesti Geoloogiateenistusest, Helsingi Ülikoolist, Soome Geoloogiateenistusest ja GFZ Geoteaduste uurimiskeskusest.

**Olulisemad teaduspublikatsioonid 2020**

Kiipli, T.; Hints, R.; Kallaste, T.; Nielsen, A. T.; Pajusaar, S.; Schovsbo, N. H. (2020). Tectono-magmatic division of the Late Ordovician (Sandbian) volcanism at the south-western margin of Baltica using immobile trace elements: Relations to the plate movements in the Iapetus Palaeo-Ocean. *Geological Journal*, 55 (7), 5155–5165. DOI: 10.1002/gj.3737.

Kiipli, E.; Kiipli, T. (2020). Hirnantian sea-level changes in the Baltoscandian Basin, a review. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 540, 109524. DOI: 10.1016/j.palaeo.2019.109524.

Soesoo, Alvar; Vind, Johannes; Hade, Sigrid (2020). Uranium and Thorium Resources of Estonia. *Minerals*, 10 (9), 1–25. DOI: 10.3390/min10090798.

Saukko, Anna; Ahläng, Christian; Nikkilä, Kaisa; Soesoo, Alvar; Eklund, Olav (2020). Double Power-Law in Leucosome Width Distribution: Implications for Recognizing Melt Movement in Migmatites. *Frontiers in Earth Science*, 8, 1–14. DOI: 10.3389/feart.2020.591871.

Teaduseriala: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

Prioriteetne AAK valdkond: 3. Keskkonnaressursside vääristamine; 2. Usaldusväärsed IT lahendused

---

## Mineral resources and applied geology research group

**Research group leader:** Rutt Hints, Researcher, phone 58845886, rutt.hints@taltech.ee;

**Members:** Tarmo Kiipli, Alvar Soesoo, Heidi Soosalu, Toivo Kallaste, Kristjan Urtsen

**Doctoral students:** Siim Pajusaar, Sophie Jane Marie-Pascale Huguette Graul

**Keywords:** mineral resources, geochemistry, mineralogy, black shales, phosphorites

The main study area of the research group is perspective mineral resources of Estonia containing raw material listed as critical by EU. The research targets issues related to their genesis, distribution and valorisation. The group's core competencies are related to geochemistry and mineralogy of organic-rich mineral resources, including metalliferous black shales and oil shales. Besides that, several R&D projects focused on various aspects of the geology of sedimentary rocks and ore deposits have been conducted during last few years. The collaborative interdisciplinary research in areas such as valorisation of mineral resources and the recycling of mine wastes is based on group's extensive research experience in areas such as X-ray powder diffraction. From other R&D initiatives, seismic monitoring in the Baltic region is an important separate field of research for the group.

In 2020 the research group completed studies in three subtopics of the RITA1/01 project. The research projects ("Sustainable valorization of phosphorite resources", Metallogenesis of magnetic anomaly in NE Estonia" and "Bioleaching of metals from Estonian graptolite argillite") were carried out with partners from the Tallinn University of Technology, the University of Tartu, and the Geological Survey of Estonia. One of the project's significant outcomes was developing the more detailed metallogenic model for U, Mo, and Zn-Pb enrichment in Lower-Paleozoic heterolithic black shales of the region. The project results were used by Ministry of Education and Science to design a new national program for the valorisation of natural resources (ResTA).

Under the ResTA program, three new collaborative research project started in 2020 ("Quality and properties of Estonian shelly phosphorite as a potential source for phosphorus and rare earth elements and its complex processing technologies", "Vanadium distribution and compounds in Tremadocian black shale and potential extraction technologies", "Genesis and economically valuable

metals in polymetal sulphide mineralizations in Precambrian of Estonia"). A new doctoral student Sophie Graul joined the research group last year to pursue research on phosphorite characterization under ResTA project.

The research group manages the lab of physical methods equipped with analytical instruments for ICP-MS, XRF, and XRD analyses, allowing the complex set of geochemical, mineralogical, and petrological studies to be carried out. The quality of laboratory analyses is assured through participation in the proficiency testing program of the International Association of Geoanalysts. Last year five new in-house reference samples for Estonian phosphorite and black shale samples were developed. Seismic monitoring of the Estonian territory and the surrounding areas was performed during 2020 using data from ten seismic stations.

The workgroup's active collaboration partners come from numerous organizations from Estonia and abroad, including the Geological Survey of Estonia, the University of Tartu, the University of Helsinki, the Finnish Geological Survey, and GFZ German Research Centre for Geosciences.

### **Major publications in 2020**

Kiipli, T.; Hints, R.; Kallaste, T.; Nielsen, A. T.; Pajusaar, S.; Schovsbo, N. H. (2020). Tectono-magmatic division of the Late Ordovician (Sandbian) volcanism at the south-western margin of Baltica using immobile trace elements: Relations to the plate movements in the Iapetus Palaeo-Ocean. *Geological Journal*, 55 (7), 5155–5165. DOI: 10.1002/gj.3737.

Kiipli, E.; Kiipli, T. (2020). Hirnantian sea-level changes in the Baltoscandian Basin, a review. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 540, 109524. DOI: 10.1016/j.palaeo.2019.109524.

Soesoo, Alvar; Vind, Johannes; Hade, Sigrid (2020). Uranium and Thorium Resources of Estonia. *Minerals*, 10 (9), 1–25. DOI: 10.3390/min10090798.

Saukko, Anna; Ahläng, Christian; Nikkilä, Kaisa; Soesoo, Alvar; Eklund, Olav (2020). Double Power-Law in Leucosome Width Distribution: Implications for Recognizing Melt Movement in Migmatites. *Frontiers in Earth Science*, 8, 1–14. DOI: 10.3389/feart.2020.591871.

### **Affiliation of the research team to the TalTech Academic Development Plan priority areas:**

Valorisation of natural resources

**Field of research activity (Frascati Manual's classification):** 1. Natural Sciences, 1.5 Earth and related environmental sciences

---

## **Mäenduse ja maavaratehnoloogia uurimisrühm**

**Uurimisrühma juht:** professor MICHAEL HITCH, michael.hitch@taltech.ee

**Liikmed:** Sander Kanter, Veiko Karu, Erik Väli, Mall Orru, Karin Robam

**Järel doktor:** Sanoop Kumar Puthiya Veetil

**Doktorandid:** Andrus Paat, Nthati Monej, Tõnu Tomberg

**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** mäendus, mäeteadus, ringmajandus, CO<sub>2</sub> sidumine, fosforiit, fütoremediatsioon

The Mining Research Group has a long history in Estonia. The original discipline of Mining Engineering was established in 1938. More recently, in the autumn 2016, the previously independent Department of Mining merged with Department of Geology. Today research and education staff of Mining carry out programming that contributes to the occupational qualifications system of mining engineering as guided by Estonian Qualifications Authority. The mission of the Mining Group is to help young engineers and scientists develop the necessary skills to promote the sustainable and safe development, extraction and closure of Estonia's mineral resources.

The technical competencies of the members of the Mining group include, mining engineering and design, mineral economics, mining environmental impact and remediation, mine waste management, circular economic and social sustainability, quantitative resource evaluation and mining geochemistry. The infrastructure available to the Mining group includes, a Mining Conditions laboratory, specialised orebody/geological modelling software, and physical and virtual simulation tools (e.g., AR Sandbox, VR Headsets etc.).

**Prominent research projects in 2020:**

- Resta23: Quality and properties of Estonian shelly phosphorite as a potential source for phosphorus and rare earth elements and its complex processing technologies
- SUMEX (H2020): Sustainable Management in the Extractive Industries
- MireBooks (EIT Raw Materials): Mixed Reality handbook for mining engineering education
- RESOURCE (H2020): Global Stakeholder Platform for Responsible Sourcing
- ReviRis (EIT Raw Materials): Revitalising Post-Mining Regions: Problems and Potential in RIS Europe
- KIK19022: Underground enrichment of oil shale
- KIK1804: Digitisation of peat data and Database creation
- TU Freiberg Collaboration: Phytoremediation of oil shale waste
- Oil shale waste as a CO<sub>2</sub> sorbent

**Selected publication in 2020:**

Veetil, S.P., Hitch, M. 2020. Recent developments and challenges of aqueous mineral carbonation: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(10), 4359–4380.

Hitch, M., Lytle, M., Tost, M. 2020. Social licence: power imbalances and levels of consciousness—two case studies. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 34(4), 238–246.

Lesser, P., Gugerell, K., Poelzer, G., Hitch, M., Tost, M. 2020. European mining and the social license to operate. *Extractive Industries and Society*, 787.

Paat, A., Veetil, S.K.P., Karu, V., Hitch, M. 2020. Evaluating the potential of Estonia as European REE recycling capital via an environmental social governance risks assessment model. *Extractive Industries and Society*.

Tost, M., Murguia, D., Hitch, M., ... Feiel, S., Moser, P. 2020. Ecosystem services costs of metal mining and pressures on biomes. *Extractive Industries and Society*, 7(1), 79–86.

Tost, M., Hitch, M., Lutter, S., Feiel, S., Moser, P. 2020. Carbon prices for meeting the Paris agreement and their impact on key metals. *Extractive Industries and Society*, 7(2), 593–599.

Monei, N. L., Veetil, S.K.P., Gao, Hitch, M. 2020. Selective removal of selenium by phytoremediation from post/mining coal wastes: practicality and implications. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 35

Kalkofen, D., S. Mori, T. Landing, L. Daling, A. Abdelrazeq, M. Ebner, M. Ortega, S. Feiel, S. Gabl, T. Shepel, J. Tibbett, T.H. Laine, M. Hitch, C. Drebenstedt, and P. Moser. 2020. Tools for Teaching Mining Students in Virtual Reality based on 360° Video Experiences. *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VRW 2020*, pp. 455–459, 9090430.

Teaduseriala: 2.7 Keskkonnatehnika

Prioriteetne AAK valdkond: 3. Keskkonnaressursside vääristamine; 2. Usaldusväärsed IT lahendused

---

## Mining and mineral technology research group

**Uurimisrühma juht:** professor MICHAEL HITCH, michael.hitch@taltech.ee

**Liikmed:** Sander Kanter, Veiko Karu, Erik Väli, Mall Orru, Karin Robam

**Järeldoktor:** Sanoop Kumar Puthiya Veetil

**Doktorandid:** Andrus Paat, Nthati Monei, Tõnu Tomberg

**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** Mining Science, CO2 Mineral Carbonation, Circular Economy, Phosphorite, Phytoremediation

The Mining Research Group has a long history in Estonia. The original discipline of Mining Engineering was established in 1938. More recently, in the autumn 2016, the previously independent Department of Mining merged with Department of Geology. Today research and education staff of Mining carry out programming that contributes to the occupational qualifications system of mining engineering as guided by Estonian Qualifications Authority. The mission of the Mining Group is to help young engineers and scientists develop the necessary skills to promote the sustainable and safe development, extraction and closure of Estonia's mineral resources.

The technical competencies of the members of the Mining group include, mining engineering and design, mineral economics, mining environmental impact and remediation, mine waste management, circular economic and social sustainability, quantitative resource evaluation and mining geochemistry. The infrastructure available to the Mining group includes, a Mining Conditions laboratory, specialised orebody/geological modelling software, and physical and virtual simulation tools (e.g., AR Sandbox, VR Headsets etc.).

### Prominent research projects in 2020:

- Resta23: Quality and properties of Estonian shelly phosphorite as a potential source for phosphorus and rare earth elements and its complex processing technologies

- SUMEX (H2020): Sustainable Management in the Extractive Industries
- MireBooks (EIT Raw Materials): Mixed Reality handbook for mining engineering education
- RESOURCE (H2020): Global Stakeholder Platform for Responsible Sourcing
- ReviRis (EIT Raw Materials): Revitalising Post-Mining Regions: Problems and Potential in RIS Europe
- KIK19022: Underground enrichment of oil shale
- KIK1804: Digitisation of peat data and Database creation
- TU Freiberg Collaboration: Phytoremediation of oil shale waste
- Oil shale waste as a CO<sub>2</sub> sorbent

### **Selected publication in 2020:**

Veetil, S.P., Hitch, M. 2020. Recent developments and challenges of aqueous mineral carbonation: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(10), 4359–4380.

Hitch, M., Lytle, M., Tost, M. 2020. Social licence: power imbalances and levels of consciousness—two case studies. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 34(4), 238–246.

Lesser, P., Gugerell, K., Poelzer, G., Hitch, M., Tost, M. 2020. European mining and the social license to operate. *Extractive Industries and Society*, 787.

Paat, A., Veetil, S.K.P., Karu, V., Hitch, M. 2020. Evaluating the potential of Estonia as European REE recycling capital via an environmental social governance risks assessment model. *Extractive Industries and Society*.

Tost, M., Murguia, D., Hitch, M., ... Feiel, S., Moser, P. 2020. Ecosystem services costs of metal mining and pressures on biomes. *Extractive Industries and Society*, 7(1), 79–86.

Tost, M., Hitch, M., Lutter, S., Feiel, S., Moser, P. 2020. Carbon prices for meeting the Paris agreement and their impact on key metals. *Extractive Industries and Society*, 7(2), 593–599.

Monei, N. L., Veetil, S.K.P., Gao, Hitch, M. 2020. Selective removal of selenium by phytoremediation from post/mining coal wastes: practicality and implications. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 35

Kalkofen, D., S. Mori, T. Landing, L. Daling, A. Abdelrazeq, M. Ebner, M. Ortega, S. Feiel, S. Gabl, T. Shepel, J. Tibbett, T.H. Laine, M. Hitch, C. Drebenstedt, and P. Moser. 2020. Tools for Teaching Mining Students in Virtual Reality based on 360° Video Experiences. *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VRW 2020*, pp. 455–459, 9090430.

---

## **Kvaternaarigeoloogia uurimisrühm**

**Uurimisrühma juht:** professor SIIM VESKI, siim.veski@taltech.ee

**Liikmed:** Tiiu Alliksaar, Atko Heinsalu, Anneli Poska, Triin Reitalu, Jüri Vassiljev, Leeli Amon, Normunds Stivrinš, Merlin Liiv, Maret Palusalu

**Doktorandid:** Ansis Blaus, Vladimir Karpin, Anna Lanka, Varvara Bakumenko

**Järel doktorid:** Olga Lisitsyna



**Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad:** geoökoloogia, keskkonna ja kliima areng, paleomitmekesisus, Läänemeri, kronoloogia

Kvaternaarigeoloogia ja sellega liituvad erialad on olnud geoloogia instituudi üheks oluliseks uurimisvaldkonnaks alates instituudi loomisest. 2020. a on osakonnaga seotud üheksa teadustöötajat, järel doktor ja viis doktoranti ja kaks magistriõppijat, teadustegevus toimub peamiselt Eesti Teadusagentuuri uurimistoetuste toel. Osakonna kõik töötajad osalevad mitmete loengukursuse läbiviimisel "Maapõueressursside" õppekava üliõpilastele.

Töögrupi teadustulemused on pälvinud rahvusvahelise tunnustuse ja on võimaldanud viljakat ühistööd mitmete oma ala maailma juhtivate teaduskollektiividega, pakkudes uudseid lahendusi pärastjääaegse taimestiku, kliima, inimtegevuse ja keskkonnamuutuste vaheliste seoste väljaselgitamisel. Töögrupi arendustöö on avardanud võimalusi koostööks teiste teadusharudega nagu klimatoloogia, ökoloogia ja arheoloogia. Osakonna teadurid publitseerivad oma teaduseriala tippajakirjades nagu Nature Communications, Global Change Biology, Quaternary Science Reviews, Journal of Quaternary Science, Journal of Biogeography ja Journal of Vegetation Science.

Osakonna peamiste uurimissuundade hulka kuuluvad:

- Pärastjääaegse kliima rekonstrueerimine eri analüüsimeetoditega;
- Pärastjääaegse maakatte ja taimestiku rekonstrueerimine;
- Õietolmuandmetepõhised ökoloogilised seosed ja paleomitmekesisus;
- Mineviku maakasutus ning ökosüsteemide kohanemine põllundusliku maakasutuse muutustega;
- Pärastjääaegne jäätaande kronoloogia ja paleogeograafia;
- Läänemere varasemate staadiumite areng ning keskkonnaseisund.

Töörühmal on uurimistööks vajalik uurimiskeskond: puurimisvarustus, setteproovide külmhoidla, ettevalmistuslaborid proovide eeltöötlemiseks ning biogeokeemiline teadusaparatuurikompleks.

Töögrupp viib ellu projekti PRG323, mis ühildab interdistsiplinaarse lähenemisviisi kaudu tänapäevastel paleoökoloogistel andmetel põhinevad mineviku taimestiku- ja kliimamuutuste rekonstruktsioonid ja taimestiku modelleerimise, et selgitada bioloogiliste protsesside (ränne ja konkurents) ja abiootiliste tegurite (kliima, toiteainete ja häiringute hulk, inimtegevus) mõju taimestiku dünaamikale hilis- ja pärastjääajal Põhja-Euroopas.

#### **Olulisemad 2020. a teadusprojektid**

- PRG323 "Keskkonnategurite mõju pärastjääaegse taimkatte levikule: paleoökoloogiline rekonstruktsioon ja modelleerimine (TrackLag) (1.01.2019–31.12.2023)"
- LEP19003LG (RITA1/02-60-04) "Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused (1.01.2019–31.12.2021)"
- MOBJD313 "Kliima ja inimtegevuse mõju Euroopa kirdeosa boreaalsele ökosüsteemile viimase aastatuhande jooksul. (1.12.2019–30.11.2021)"
- PUT1173 "Funktsionaalne ja fülogeneetiline mitmekesisus sette õietolmu ja taimsete makrofossiilide andmetes – meetodika hindamine ning seosed mineviku kliima ja inimõjuga (1.01.2016–31.12.2020)"
- VA19029 "Pärastjääaegsete keskkonnamuutuste signaalid Eesti ja Poola settes (30.04.2019–31.03.2021)"

- MOBTP140 "Pärastjääaegsete kliima soojenemisperioodide mõju taimestikule ja veestikule Atlandi ookeani mõlemal kaldal (1.11.2019–31.10.2021)"

Teaduseriala: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

Prioriteetne AAK valdkond: 3. Keskkonnaressursside vääristamine; Muud olulised teadusuuringud

---

## Quaternary Geology Research Group

**Head:** professor SIIM VESKI, siim.veski@taltech.ee

**Members:** Tiiu Alliksaar, Atko Heinsalu, Anneli Poska, Triin Reitalu, Jüri Vassiljev, Leeli Amon, Normunds Stivrins, Merlin Liiv, Maret Palusalu

**Doctoral students:** Ansis Blaus, Vladimir Karpin, Anna Lanka, Varvara Bakumenko

**Postdoc:** Olga Lisitsyna

**Keywords:** geoecology, paleoclimate and environment, paleodiversity, Baltic Sea, chronology

Quaternary geology, paleoecology and related research disciplines explaining the current paradigm of actualism in geology, have been one of the principal targets of research at the Department of Geology since the 1950s. At present, the research group comprises of nine researchers, one postdoc and five PhD students, who work in close collaboration as a targeted team, as well as with other groups in the department. We have fruitful collaboration worldwide, notably in US, Russia, Sweden, Finland, Canada, Germany, UK, Netherlands, Switzerland, Latvia, Lithuania and Belarus.

The main research aim of the Quaternary group is reconstruction of past ecosystems, vegetation history, climate, and environmental change, both natural and manmade, at high temporal resolution during the last 15,000 years through multidisciplinary and multiproxy studies of natural archives such as lake, bog and marine sediments. The Quaternary is known for rapid climate change, glacial advances and retreats, constant drift of biota between glacial and warm refugia, sea level fall and rise with each period of freezing and thawing. It is also known as the period of the rise of mankind and its progressively increasing impact upon the environment. The group focusses on better understanding the interactions between Quaternary geo- and biosphere processes, in particular, addressing the following:

- Paleoclimate variation using multi-proxy analyses (such as pollen and chironomid-based inference models);
- Paleo-biodiversity (terrestrial and aquatic), functional and phylogenetic diversity dynamics and relationships with climate and environmental changes;
- Past human impact upon landscapes, waterbodies, vegetation structure and land-cover;
- Postglacial retreat of the ice sheet;
- Shoreline displacement of the Baltic Sea.

The group holds leading position in Quaternary and palaeoecological studies in the Baltic realm. The main strengths of the group's work are related to the high-resolution paleo-datasets of

geographically and climatically constrained area. Results of the studies conducted at the department have been published in leading research journals including Nature Communications, Geology, QSR, Geobiology and Science of the Total Environment.

The group hosts several labs of biostratigraphy, dating, geochemistry, granulometry, and makes use of the department's mass spectrometry lab for stable isotope geochemistry.

**Projects in 2020:**

- PRG323 "Tracking the time-lags of species response to environmental change using palaeo-proxy data and modelling (TrackLag) (1.01.2019–31.12.2023)
- LEP19003LG (RITA1/02-60-04) "Innovative approaches to monitoring and assessing marine environment and nature values in Estonian sea area (1.01.2019–31.12.2021)
- MOBJD313 "Reconstruction of vegetation dynamic and land-use changes in pristine boreal forest in Northern Ural (Komi republic, Russia) (1.12.2019–30.11.2021)
- PUT1173 "Functional and phylogenetic diversity in sedimentary pollen and plant macrofossil data – evaluation of methods and associations with past climate and human impact (1.01.2016–31.12.2020)"
- VA19029 "Paleoenvironmental changes recorded by Estonian and Polish postglacial sediment (30.04.2019–31.03.2021)"
- MOBTP140 "Lessons of the past climate warming episodes: Changes of the postglacial climate, vegetation and hydrology in both sides of the Atlantic Ocean (1.11.2019–31.10.2021)"

Main results: The personal research funding: Team grant project PRG323 started in 2019, within this and subprojects 12 WoS cited journals papers (ETIS 1.1) were published in 2020.