

Instituudi 2021. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Direktor: Rivo Uiboupin

Meresüsteemide instituudi 2021. aasta olulisemad edulood:

1. eDNA põhjal tuvastati 17 zoo- ja fütoplanktoni liiki, mida ei ole varasemalt Läänemerest tuvastatud ning 2 fütoplanktoni liiki Soome lahest, mis võivad põhjustada kahjulikke vetikaõitsenguid.
2. Näidati, et Väikse väina tamm on olulise negatiivse keskkonnamõjuga objekt, millesse avade rajamine vähendaks selle mõju, sh veevahetusele ja kalade rändele.
3. Arendati välja meetodika üleujutusosalade tuvastamiseks satelliitpiltidelt, millel hakkab tuginema riiklik üleujutuste seireteenus.
4. Koostöös ettevõtlus partneriga (CGI Eesti AS) arendati välja satelliitpiltidelt merejää kaardistamise teenus, mis rakendati Keskkonnaagentuuris operatiivselt töösse.

UURIMISRÜHMADE ÜLEVAATED

2.1 Gradientsüsteemide dünaamika uurimisrühm

2.2 Uurimisrühma juht: professor URMAS LIPS, tel: +3726204304, urmas.lips@taltech.ee

2.3 Akadeemilised: I. Lips, A. Erm, T. Liblik, M.-J. Lilover, G. Väli, N. Buhhalko, I. Kuprijanov, K. Künnis-Beres, P. Laas, S. Sildever, I. Suhhova

Doktorandid: N. Kolesova, A. Mishra, N. Rünk, K. Salm, O. Samlas, S.-T. Stoicescu, H. Thennakoon

Mitteakadeemilised: J. Laanemets, V. Kikas, A. Aan, F. Buschmann, S. Lainela, K. Lind, M. Lipp, E. Siht

2.4 Võtmesõnad: stratifikatsioon, hüpoksia, submesomastaapsed protsessid, mikroprügi, eDNA, innovaatilised vaatlus- ja analüüsimeetodid

2.5 Ülevaade

Uurimistöö keskendub erinevat mastaapi füüsikalistele protsessidele, mis mõjutavad oluliselt biogeokeemilist aineriinget ja kontrollivad ainete transporti ning segunemist vertikaalselt kihistunud Läänemeres, sh hüpoksilises ja redokskliiniga seotud veekihtides. Fookus on submesomastaapsel protsessidel, nende lokaalsel ja suuremastaapsel mõjul vee- ja ainevahetusele basseinide, ranniku- ja avamere ning veekihtide vahel, mis mh mõjutavad kevadõitsengu, miksotroofsete liikide ja süsinikuvoogude dünaamikat. Mereökoloogiliste uuringute fookuses on planktilised ja bentilised algtootjad, merepõhja selgrootud, nende dünaamika ja roll Läänemere aineriingis ning mere mikroprügi ja ohtlike ainete mõju elustikule.

Uurimismeetoditest on kesksel kohal kontaktmõõtmised kasutades UL Salme ja uut tehnoloogiatel põhinevaid autonoomseid seadmeid, sh unikaalset, profileerivat põhjajaama ja allveeliugurit.

Protsessuuringutes rakendatakse numbrilist modelleerimist. Mere-elustiku uuringutes kasutatakse mh läbivoolutsütomeeteriat, spektroskoopiat, mikroskoopiat ja metagenoomilist analüüsi.

Uurimistöö praktiliseks väljundiks on merekeskkonna seisundi seire ja hindamise meetodite arendamine, inimtegevuse mõjude hindamine, sh Keskkonnaministeeriumi nõustamine merestrategia väljatöötamisel, osalemine keskkonnakaitse alases rahvusvahelises koostöös ja Eesti mereala ruumilises planeerimises. Arendatakse mikroprügi seire meetodeid.

Olulisemad projektid:

PRG602 "Submesomastaapsete protsesside roll okeanograafiliste väljade struktuuri ja suuremastaapse dünaamika kujundamisel (1.01.2020–31.12.2024)", PI: Lips, U.

MOBTP160 "Fütoplanktoni reageerimine muutuvale toitaineterežiimile meres (1.04.2020–31.03.2022)", PI: Sildever, S.

Olulisemad publikatsioonid:

Almroth-Rosell et al., 2021, Frontiers Mar. Sci.

Kuprijanov et al., 2021, Mar. Poll. Bulletin

Sildever, et al., 2021, Metabarcoding and Metagenomics

Olulisemad rakendusprojektid:

KIK20019 "Väikese väina silla alternatiivide mõju uuring" (06.2020–09.2021), PI: Liblik, T.

3.1. Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga;

Prioriteetne suund 3: keskkonnaressursside vääristamine

Prioriteetne suund 1: targad ja energiatõhusad keskkonnad

3.2 Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond

Frascati: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

1.6 Bioteadused

CERCS: P500 Geofüüsika, füüsikaline okeanograafia, meteoroloogia;

B260 Hüdrobioloogia, mere-bioloogia, veeökoloogia, limnoloogia

T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll

2.1 Research Group on Dynamics of Gradient Systems

2.2 Research group leader: Prof URMAS LIPS, phone: +3726204304, urmas.lips@taltech.ee

2.3 Members: I. Lips, A. Erm, T. Liblik, M.-J. Lilover, G. Väli, N. Buhhalko, I. Kuprijanov, K. Künnis-Beres, P. Laas, S. Sildever, I. Suhhova

PhD Students: N. Kolesova, A. Mishra, N. Rünk, K. Salm, O. Samlas, S.-T. Stoicescu, H. Thennakoon

Non-academic members: J. Laanemets, V. Kikas, A. Aan, F. Buschmann, S. Lainela, K. Lind, M. Lipp, E. Siht

2.4 Keywords: stratification, hypoxia, submesoscale processes, micro litter, eDNA, innovative observing and analysis methods

2.5 Overview.

We study multiscale physical processes that influence the biogeochemical cycle of substances and control the transport and mixing in the stratified Baltic Sea, including the hypoxic layer and redoxcline. Main focus is on submesoscale processes, their local and largescale impact on water and matter exchange between the sub-basins, coastal and open sea, and vertically between the water layers that influence the dynamics of the spring bloom, mixotrophic organisms and carbon fluxes. Marine ecology studies focus on pelagic and benthic primary producers, benthic invertebrates, their dynamics and role, and impact of micro-litter and hazardous substances on marine biota.

Methods. The main method is field studies using RV Salme and autonomous instruments based on new technologies, including a unique bottom-mounted profiling station and underwater glider. Numerical modeling is used for process-oriented studies. For the water sample analyses flow-cytometry, spectroscopy, microscopy, and metagenomics are used.

Applications. Results feed into the development of marine environmental monitoring and assessment methods, including micro-litter monitoring, assessment of human pressures, advising the Ministry of the Environment on marine strategy development, participating in international co-operation on the protection of marine environmental and Estonian maritime spatial planning.

Latest research projects:

PRG602 "The role of sub-mesoscale processes in structuring and large-scale dynamics of oceanographic fields (1.01.2020–31.12.2024)", PI: Lips, U.

MOBTP160 "Phytoplankton response to a changing nutrient regime in the sea: tracing silica adaptation in living resting stages from sediment archives (1.04.2020–31.03.2022)", PI: Sildever, S.

Selected publications:

Almroth-Rosell et al., 2021, *Frontiers Mar. Sci.*

Kuprijanov et al., 2021, *Mar. Poll. Bulletin*

Sildever, et al., 2021, *Metabarcoding and Metagenomics*

Significant applied projects:

KIK20019 " On the impact of bridge openings alternatives in the Väike Strait" (06.2020–09.2021), PI:
Liblik, T.

2.1 Meredünaamika modelleerimise ja kaugseire uurimisrühm

2.2 Uurimisrühma juht: Prof. U. Raudsepp, Tallinna Tehnikaülikool, Loodusteaduskond, meresüsteemide instituut; urmas.raudsepp@taltech.ee; +372 53437292

2.3 Akadeemilised töötajad: V. Alari, J. Elken, P. Lagemaa, I. Maljutenko, A. Männik, S. Rikka, L. Sipelgas, R. Uiboupin;

Järel doktorid: N. Janatian

Doktorandid: A. Aavaste, A. Barzandeh, M.-L. Kasemets, M. Kõuts, S. Pärt, L. Siitam, N. Vidjajev, M. Zujev;

Mitteakadeemilised töötajad: J.-V. Björkqvist, K. Vahter, S. Verjovkina.

2.4 Võtmesõnad: Okeanograafia, atmosfääri piirikihi dünaamika, kaugseire, masinõpe

2.5 Ülevaade. Uurimisrühm viib läbi teaduslikul analüüsil põhinevaid okeanograafia protsessiuuringuid põhjus-tagajärg seoste leidmiseks. Arendatakse uudseid (operatiivseid) meetodeid merekeskkonna seireks ja muutuste analüüsiks sh. ilmaprognoosi- ja kliimamudeleid, mida rakendatakse superarvutitel atmosfääri ja ookeani vastasmõju mehhanismide selgitamiseks, ning masinõppel põhinevaid satelliitpiltide töötlemise ja mudelandmete analüüsi algoritme.

Operatiivokeanograafia rakenduste/meetodite arendamisel on töörühmal pikaajaline kogemus, mille väljunditeks on avalikkusele ja riigiasutustele pakutav informatsioon veetaseme muutlikkuse, jääolude ja teiste merefüüsika parameetrite kohta. Uurimisrühm panustab oluliselt üleeuroopalisse Copernicuse programmi.

Teaduslikes protsessiuuringutes ja rakendusuringutes on uurimisrühma tugevus suurandmete kasutamine (masstötlemine) kliima uuringuteks ja merekeskkonna omaduste statistiliseks analüüsiks ning dünaamiliste seoste leidmisteks.

Kasutatavad meetodid. Numbriline modelleerimine: superarvutitel töötavad operatiivsed mereprognoosi mudelid (Copernicus mere teenus); atmosfääri- ja meremudelid ilma-, kliima- ja protsessiuuringuteks, ning järelanalüüside andmebaaside loomiseks ja rakendamiseks. Kaugseire: optilised, infrapuna ja radari satelliitpildid, droonivaatlused ja kaldaradari andmed mere- ja maismaa seisundi kirjeldamiseks ja hindamiseks. Operatiivsed mõõdistused: maailmatasemel teadusaparatuur satelliitpiltide ja numbriliste mudelite kalibreerimiseks ja valideerimiseks; on-line infotehnoloogiliste lahenduste väljatöötamine ja uudse teadusaparatuuri arendamine.

Olulisemad projektid: VA18004 (Copernicus), PSG22 (LainePoiss), KIK20023 (Veekogude seire planeerimine), KIK20024 (Lainetuse prognoos), LLMAE21069 (Üleujutuse kaugseire).

Olulisemad publikatsioonid

Sipelgas et al., 2021. Remote Sensing

Maljutenko et al., 2021. Marine Pollution Bulletin

Björkqvist et al 2021. Ocean Science

2.6 Väljapaistvad teadustulemused

-Operatiivse laevanduse keskkonnamõjude uuringutele pakuti terviklikku lähenemist, mis hõlmas saasteainete heidete mustreid ja üldkoguseid ning saasteainete hajumist Läänemeres 2012. aastal.

- Uudset Läänemere operatiivset meremudelit Nemo-Nordic 2.0 kasutatakse nii peaaegu reaajas prognooside kui ka järelarvutuse eesmärgil.

- Näidati Läänemere tsirkulatsioonimudeli merepinna temperatuuri ja soolsuse andmete assimilatsiooni teostatavust, kasutades empiiriliste ortogonaalfunktsioonide alusel tehtud basseini mastaabis rekonstrueerimist.

-Loodi uudne üleeuroopaline meremudelite kogum, mis hõlmab peaaegu kõiki merestrateegia raamdirektiivi (MSFD) reguleerimisalaseid meresid, eesmärgiga anda järjepidev hinnang jõgede toitainete vähendamise stsenaariumide võimalikule mõjule mere eutrofeerumise näitajatele.

- Statistiline analüüs näitas, et Läänemere hapnikupuuduse alade varieeruvus alates 2000. aastast on statsionaarne protsess vastava keskmise taseme ümber.
- Läänemere kohta esitati ummiklainete statistika kasutades 20 aasta pikkuseid ummiklainete-jaotuse mudelandmeid.

3.1. Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga;

- Prioriteetne suund 3: keskkonnaressursside vääristamine
- Prioriteetne suund 2: usaldusväärsed IT lahendused

3.2 Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond

Frascati: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCS: P500 Geofüüsika, füüsikaline okeanograafia, meteoroloogia

T181 Kaugseire

P176 Tehisintellekt

3.4 Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös.

Jüri Elken

- Horizon 2020 keskkonnaalaldkonna programmitomitee ekspert
- Rahvusvahelise teadusprogrammi Baltic Earth nõuandva kogu esimees
- Rahvuslik delegaat: IAPSO (Rahvusvaheline Füüsikaliste Ookeaniteaduste Assotsiatsioon) / IUGG www.iugg.org

Liis Sipelgas

- Eesti delegaat Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) kaugseire programminõukogu toetavas töögrupis (PB-EO/DOSTAG)

3.5 Uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus

Eesti rannikumere ja piirnevate merealade mere prognoosimudeli süsteem viidi üle NEMO tsirkulatsioonimudelile, mis on rakendatud tööle Keskkonnaagentuuris (LLMAE20024 "Mere prognoosimudelisisüsteemi uuendamine (NEMO)"). Samuti on Keskkonnaagentuuris rakendatud tööle Eesti rannikumere ja piirnevate merealade operatiivsete jääkaartide teenus (LEP19084 "Kaugseire meetoditega jääkaardi koostamine").

Koostöös ettevõttega Wiseparker OÜ on väljatöötatud ja operatiivses kasutuses autonoomne lainemõõtja LainePoiss (KIK20024 "Operatiivne lainetuse prognoosisüsteem Eesti merealade jaoks"). Töötati välja meetodika üleujutuste kaardistamiseks mererannikul ja siseveekogude kallastel kasutades satelliidi Sentinel-1 andmeid (LLMAE21069 "Üleujutuste kaugseire teenuse eksperimentaallahendus"; LEP19008LM "Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel").

Käimasolevate projektide/lepingute tulemuste rakendusvõimalused.

Käimasolevate projektide tulemusi saab rakendada merekeskkonna operatiivseks seireteenustes: lainetuse prognoosi teenus (KIK20024 "Operatiivne lainetuse prognoosisüsteem Eesti merealade jaoks") ja õlireostuse prognoosi teenus (KIK21067 "Operatiivne ning kasutusmugav õlireostuse leviku ja ujuvate objektide triivi prognoosisüsteem Eesti merealade jaoks).

Üleujutuste kaardistamise meetodika põhjal riikliku seire käivitamine (projekti LLMAE21069 "Üleujutuste kaugseire teenuse eksperimentaallahendus" käigus) võimaldab nii operatiivselt jälgida üleujutusi, kui ka hinnata üleujutuse esinemise sagedust ja ulatust kogu Eesti territooriumil ning seeläbi kaardistada riskipiirkonnad.

Autonoomse lainemõõtja LainePoiss edasiarenduse tulemustena (EAG100 "LainePoiss - nutikas ja kasutusmugav lainemõõtja veekogude operatiivseks seireks") avardub lainemõõtja rakenduslik kasutamine nii riigiasutustes, kui ka ettevõtetes.

2.1 Research Group on Modelling and Remote Sensing of Marine Dynamics

2.2 Research Group Leader: Prof. U. Raudsepp, Tallinn University of Technology, School of Science, Department of Marine Systems; urmas.raudsepp@taltech.ee; +372 53437292

2.3. Members: V. Alari, J. Elken, P. Lagemaa, I. Maljutenko, A. Männik, S. Rikka, L. Sipelgas, R. Uiboupin
Postdoctoral fellows: N. Janatian

PhD students: A. Aavaste, A. Barzandeh, M.-L. Kasemets, M. Kõuts, S. Pärt, L. Siitam, N. Vidjajev, M. Zujev

Non-academic members: J.-V. Björkqvist, K. Vahter, S. Verjovkina.

2.4. Keywords: Oceanography, atmospheric boundary layer dynamics, remote sensing, machine learning, data science

2.5. Overview

The research team is conducting oceanographic process research based on scientific analysis to find cause-and-effect relationships. Innovative (operational) methods for monitoring the marine environment and analyzing changes are being developed, incl. weather forecasting and climate models applied to supercomputers, to elucidate the mechanisms of atmospheric and ocean interactions; and machine learning based algorithms for satellite image processing and model data analysis. The research group has a long experience in developing applications / methods of operational oceanography, the outputs of which are information provided to the public and public authorities on water level variability, ice conditions and other parameters of marine physics. The research group is making a significant contribution to the pan-European Copernicus program. In scientific process research and applied research, the strength of the research team is the use of big data (mass processing) for climate studies and statistical analysis of the properties of the marine environment, as well as for finding dynamic relationships.

Methods used. Numerical modeling: operational marine forecasting models running on supercomputers (Copernicus Marine Service); atmospheric and marine models for weather, climate and process research, and for the creation and implementation of reanalysis databases. Remote sensing: optical, infrared and radar satellite imagery, drone observations and shore-based radar data to describe and assess the state of the sea and land. Operational surveys: world-class scientific equipment for the calibration and validation of satellite images and numerical models; development of on-line information technology solutions and development of innovative research equipment.

Latest research projects: VA18004 (Copernicus), PSG22 (LainePoiss), KIK20023 (Monitoring of waterbodies), KIK20024 (Wave forecast), LLMAE21069 (Remote sensing of floods).

Selected publications

Sipelgas et al., 2021. Remote Sensing

Maljutenko et al., 2021. Marine Pollution Bulletin

Björkqvist et al., 2021. Ocean Science.

2.6. Outstanding research results

- A holistic approach to studies of the environmental impacts of operational shipping was provided, which included the discharge patterns and total amounts of the pollutants and the dispersion of the contaminants in the Baltic Sea for the year 2012.

- A novel Nemo-Nordic 2.0, an operational marine model for the Baltic Sea is used for both near-real-time forecasts and hindcast purposes.

- A feasibility of data assimilation of sea surface temperature and salinity in circulation model of the Baltic Sea using basin-scale reconstruction from empirical orthogonal functions was shown.
- A novel pan-European marine model ensemble was established, covering nearly all seas under the regulation of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD), with the aim of providing a consistent assessment of the potential impacts of riverine nutrient reduction scenarios on marine eutrophication indicators.
- Statistical analysis showed that the variability of oxygen deficit areas in the Baltic Sea since the year 2000 represents stationary processes around their respective mean levels.
- The swell statistics were presented for the Baltic Sea using 20 years of swell-partitioned model data.

3.1. Affiliation of the research team to the TalTech Academic Development Plan

Priority area 3: valorisation of natural resources

Priority area 2: dependable IT solutions

3.2. Field of research activity of the research group

1. Natural Sciences 1.5. Earth and related environmental sciences

P500 Geophysics, physical oceanography, meteorology; T181 Remote sensing; P176 Artificial intelligence

3.4 Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations

Jüri Elken

- National expert of the Horizon 2020 Programme Committee on Environment
- International Association for the Physical Sciences of the Oceans (IAPSO), National Correspondent, www.iugg.org
- International research programme „Baltic Earth“, chair of advisory board

Liis Sipilgas

- Estonian delegate at ESA's Data Operations Scientific and Technical Advisory Group for Programme Board for Earth Observation (PB-EO/DOSTAG)

3.5. Applied research and development activities of the research group

The marine forecast model system of the Estonian coastal sea and adjacent sea was transferred to the NEMO circulation model, which has been implemented at the Environment Agency (LLMAE20024 "Update of the Marine Forecast Model System (NEMO)"). The Environmental Agency has also implemented the service of operational ice maps of the Estonian coastal sea and adjacent sea areas (LEP19084 "Compilation of ice maps using remote sensing methods"). In cooperation with the company Wiseparker OÜ, an autonomous wave buoy LainePoiss has been developed and is in operational use (KIK20024 "Operational wave forecasting system for Estonian sea areas"). A methodology was developed for mapping floods on the coast and on the shores of inland waters using satellite Sentinel-1 data (LLMAE21069 "Development and implementation of flood monitoring service from satellite remote sensing data; LEP19008LM "Introduction of remote sensing data in the development of public services").

Fields of applications of ongoing projects/contracts

The results of ongoing projects can be used as an operational monitoring service for the marine environment: wave forecast service (KIK20024 "Operational Wave Forecasting System for Estonian Marine Areas"), oil pollution forecast service (KIK21067 "Operational and user-friendly oil spill forecasting system for Estonian marine areas").

Launching state monitoring based on the flood mapping methodology (in the course of the project LLMAE21069 "Experimental solution for the remote flood monitoring service") allows for operative monitoring of floods, as well as assessing the frequency and extent of floods throughout Estonia and thus mapping risk areas.

As a result of the further development of the autonomous wave buoy LainePoiss (EAG100 "LainePoiss - smart and easy-to-use wave buoy for operational monitoring of water bodies"), the practical use of the wave buoy expands.