

Küberneetika instituut

Instituudi 2025. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2025. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

Instituudi töötajate artikkel ajakirjas Science Advances: Karimi, Hamed; Laasmaa, Martin; Pihlak, Margus; Vendelin, Marko (2025). Statistical Analysis of Fluorescence Intensity Transients with Bayesian Methods. Science Advances, 11 (16), eads4609. DOI: 10.1126/sciadv.ads4609.

Esitati Läänemere rannikuprotsesside ja kliimamuutuse ilmingute (veetaseme tõus, tuulte suuna muutumine, jää kadumine) seoste kirjeldus ning koostati meretuuleenergia maksumuse analüüs kogu Läänemere jaoks.

Online füüsikaolümpiaad Physics Cup.

TA valdkonna väljakutsed 2026. aastaks

-

TA valdkonna 2025. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

Täitmine/tulemused

-

Olulisemad soetatud seadmed

-

Koond hinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

vajab uuendamist

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

Füüsikaosakonnas on vajadus eksperimendivahendite uuendamiseks seoses tööruhma fookuse nihkumisega rakenduslikuma suuna poole. Lainetuse fünaamika labori seadmed (arvutid ja eksperimendiseadmed) on vananenud (ca 5-10 aastat vanad) ning vajavad seetõttu uuendamist.

1 Teoreetiline füüsika

Uurimisrühma juht

Jaan Kalda, täisprofessor tenuuris, jaan.kalda@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jaan Kalda, Teaduste kandidaat, täisprofessor tenuuris

Vladislav-Veniamin Pustõnski, Doktor, dotsent

Tanel Mullari, Doktor, dotsent

Mihhail Klopov, Teaduste kandidaat, dotsent

Raavo Josepson, Doktor, dotsent

Marek Vilipuu, Magister, lektor

Eero Uustalu, Magister, insener

Tudor Plopeanu, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

mastaabivabad võrgustikud; turbulents; fotogalvaanilised materjalid; majandusfüüsika; kompleksüsteemid; füüsika õppematerjalid

Inglise keeles

scale-free networks; turbulence; photovoltaic materials; econphysics; complex systems; tools for physics education

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Aastail 2022-2024 oli uurimistöö üheks fookuseks dünaamiliste protsesside modelleerimine mastaabivabades võrgustikes. Panime tähele, et tõhusa turu hüpotees toob fundamentaalsel tasemel sisse ajanoole asümmeetria. Keskendusime küsimusele, kas ja mil määral on majanduslikud ajajadad ajas pööratavad (vt J. Andria, G. di Tollo, J. Kalda, Chaos, Solitons and Fractals 162,2022,112425). Projekti PRG1827 raames uurisime 3D-prinditud elektrimootorite pehmete ferromagnetiliste südameke optimaalset kuju. Näitasime, et parimaks kujuks on nn H-kammi kujulise ristlõikega toroidaalne südamik ning tuletatasime avaldised selliste südameke keskmise magnetvoo tiheduse jaoks sõltuvalt isolatsioonikihi ja skin-kihi paksustest.

Päikesepatareide tehnoloogiaga seonduvalt uuritakse odavate ja efektiivsete fotogalvaaniliste materjalide omadusi (puhas ja dopeeritud). Üheks uurimissuunaks on kvant-keemilisel ja tihedus-funktsionaali teoorial tuginevate mudelite abil uute fotogalvaaniliste materjalide (SnSe ja SnZn) põhiliste füüsikaliste parameetrite arvutamine; mh õnnestus demonstreerida SnSe kilede kiiret ja täielikku inversiooni Sb₂Se₃-ks, kasutades skaleeritavat ülalt-alla ionivahetusmeetodit. Materjalitehnoloogiliste lahenduste jaoks on oluline mõista lokaliseeritud võnkumisi tahkises ja LLM-i (Linear Localized Modes) füüsikalisi mehhanisme. Oleme selgitanud välja ILM-i (Intrinsic Localized Modes) tekitamise tingimusi erinevates kolmemõõtmelistes kristallides ja võrrelnud teooriat eksperimendiga, vt ka <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.4c11425>.

Planetaarteaduse valdkonnas töötasime välja meetodi Apollo 12 missiooni käigus tehtud fotode põhjal selle maandumiskoha 3D mudeli loomiseks (vt https://doi.org/10.1162/pres_a_00393).

Suurt tähelepanu on pööratud füüsika hariduse populariseerimisele ja loomingulisust nõudvate probleemide lahendusmeetoditele pühendatud õppematerjalide väljatöötamisele. Lehel <https://www.ioc.ee/~kalda/ipho/> leiduvad materjalid on võitnud rahvusvaheliselt suure populaarsuse, keskmine allalaadimiste arv on ca 1000 faili päevas. TFU eestvedamisel korraldatakse rahvusvahelist võistlust "Physics Cup" ja algatati Euroopa füüsikaolümpiaad (EuPhO).

Rühma ülevaade inglise keeles

During 2022-2024, one research focus was modeling dynamic processes in scale-free networks. We noticed that the efficient market hypothesis fundamentally introduces time arrow asymmetry. We focused on the question of whether and to what extent economic time series are time-reversible (see J. Andria, G. di Tollo, J. Kalda, Chaos, Solitons and Fractals 162,2022,112425). Within Project PRG1827, we investigated the optimal shape of soft ferromagnetic cores for 3D-printed electric motors. We showed that the best shape is a toroidal core with a so-called H-comb cross-section, and derived expressions for the average magnetic flux density of such cores depending on the insulation layer and skin layer thicknesses.

Regarding solar cell technology, properties of cheap and efficient photovoltaic materials (pure and doped) are being studied. One research direction is calculating basic physical parameters of new photovoltaic materials (SnSe and SnZn) using quantum chemistry and density functional theory models; among other things, we successfully demonstrated rapid and complete inversion of SnSe films to Sb₂Se₃ using a scalable top-down ion exchange method. For materials technology solutions, it's important to understand localized vibrations in solids and physical mechanisms of LLM (Linear Localized Modes). We have identified conditions for generating ILM (Intrinsic Localized Modes) in various three-dimensional crystals and compared theory with experiment, see also <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.4c11425>.

In planetary science, we developed a method for creating a 3D model of the Apollo 12 landing site based on photos taken during the mission (see https://doi.org/10.1162/pres_a_00393).

Significant attention has been paid to popularizing physics education and developing teaching materials dedicated to solving problems requiring creativity. Materials found at <https://www.ioc.ee/~kalda/ipho/> have gained great international popularity, with an average download rate of about 1000 files per day. Under TFU's leadership, the international "Physics Cup" competition is organized, and the European Physics Olympiad (EuPhO) was initiated.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

COVSG22 Viiruse levimiskiiruse Monte-Carlo analüüs sõltuvuses inimeste mobiilsusest ja sotsiaalsest distantseerumisest 2020 - 2021 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/efd33aac-c44d-40b5-8180-9ebf471266fb>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Andria, J.; di Tollo, G.; Kalda, J. (2022). The predictive power of power-laws: An empirical time-arrow based investigation. *Chaos, Solitons and Fractals*, 162, #112425. DOI: 10.1016/j.chaos.2022.112425. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f06e54ea-411e-48b9-a5b6-3bcebfefafbb>

Plopeanu, Tudor; Kalda, Jaan; Tiismus, Hans; Virro, Indrek; Vaimann, Toomas; Kallaste, Ants (2025). Optimal shape of additively manufactured magnetic cores. *Scientific Reports*, 15, art. 42501. DOI: 10.1038/s41598-025-26678-7. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/098cd2ae-bfe5-4765-a860-f8bbb120495d>

Mullari, Tanel; Kotta, Ülle; Kaldmäe, Arvo; Kaparin, Vadim; Simha, Ashutosh (2024). Extended observer form with vector fields. *International Journal of Control*, 97 (10), 2399–2412. DOI: 10.1080/00207179.2023.2274060. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/091e47bc-153e-4dbd-932b-08353bf6431e>

Kauk-Kuusik, Marit; Timmo, Kristi; Pilvet, Maris; Muska, Katri; Danilson, Mati; Krustok, Jüri; Josepson, Raavo; Mikli, Valdek; Grossberg, Maarja (2023). Cu₂ZnSnS₄ monograin layer solar cells for flexible photovoltaic applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 11, 23640–23652. DOI: 10.1039/D3TA04541B. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/70ac2d54-4bcb-4f11-88aa-436c723f3c14>

Pustynski, V-V.; Pugal, S. E. (2025). Learning astronomy and mathematics from Apollo missions imagery. *Physics Education*, 60, #035036. DOI: 10.1088/1361-6552/adc867. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a901b863-e60f-4f4c-8864-225145d9dc1b>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Tõestasime nn "H-comb"-struktuuri optimaalsust kihtlisandustehnoloogial toodetavate pehmemagnetiliste südamikete jaoks, näidates, et see maksimeerib magnetvoo ülekannet, tagades samal ajal mehaanilise stabiilsuse. Lisaks töötasime välja matemaatilise raamistiku nende komponentide dimensioneerimiseks ja valideerisime mudeli edukalt: katsetulemused erinesid teoreetilistest

ennustustest vähem kui 10%.

Viisime läbi põhjaliku võrdlevanalüüsi algebraise ja diferentsiaalgeomeetrilise lähenemise vahel mittelineaarsete diskreetse ajaga olekuvõrrandite teisendamisel üldistatud vaatleja kujule. Töö tulemusena kaardistasime mõlema meetodi eeldused ja lahenduvustingimused ning määratlesime nende lahenduste kehtivuspiirkonnad.

Näitasime, et Apollo astronautide fotode integreerimine täpsesse fotogrammeetrilisse mudelisse loob väärtusliku õppevahendi astronoomiliste andmete analüüsimiseks. See lähenemine parandab oluliselt arusaamist Kuu orbiidi liikumisest ja libratsioonist ning arendab kriitilisi matemaatilisi oskusi nagu vektorarvutus ja sfääriline geomeetria.

Inglise keeles

We proved the optimality of the "H-comb" structure for additively manufactured soft magnetic cores, demonstrating that it maximizes magnetic flux transmission while ensuring mechanical stability. We also developed a mathematical framework for dimensioning these components and validated the model, with experimental results matching theoretical predictions within 10%.

We conducted a comprehensive comparative analysis of algebraic and differential geometric approaches for transforming nonlinear discrete-time state equations into the generalized observer form. The study defined the specific assumptions, solvability conditions, and validity domains for both solutions.

We demonstrated that integrating Apollo astronaut photographs into a precise photogrammetric model creates a valuable educational tool for extracting astronomical data. This approach enhances students' comprehension of lunar orbital motion and libration while fostering critical mathematical skills in vector calculus and spherical geometry.

[Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega](#)

Eesti keeles

Rühma üheks kompetentsiks on mastaabivabade võrgustike modelleerimine, nt viiruse leviku dünaamika modelleerimine ja ennustamine tuginedes lähikontaktide võrgustiku topoloogial ja võttes arvesse administratiivseid piiranguid. See võimaldab ennetada ja lahendada potentsiaalseid kriisiolukordi. Rühm omab kompetentsi ka kompleksüsteemide tekitatud ajajadade analüüsil, mis võimaldab mh mõista ja prognoosida finantskrahhide dünaamikat. Samuti omab rühm kompetentsi rohetehnoloogiate füüsikalistes alustes, mis võimaldab mõista pikaajalisi trende ning panustada strateegiate välja töötamisse.

Inglise keeles

One of the group's competencies is modeling scale-free networks, such as modeling and predicting the dynamics of virus spread based on the topology of close-contact networks and considering administrative constraints. This enables the prevention and resolution of potential crisis situations. The group also has expertise in analyzing time series generated by complex systems, which allows, among other things, understanding and forecasting the dynamics of financial crashes. Additionally, the group has expertise in the physical foundations of green technologies, which enables understanding long-term trends and contributing to the development of strategies.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Lembit Kurik ja Veljo Sinivee on töötanud välja seadmed ja tehnoloogiad kirikute sisekliima seireks ja energiasäästlikuks juhtimiseks,

vt <https://saartehaal.postimees.ee/7879768/saaremaa-kirikute-niiskusprobleemi-lahendada-aidanud-teadlased-said-peapiiskopilt-tanukirja> ning <https://online.le.ee/2023/10/20/peapiiskop-tanas-kirikute-niiskusprobleemile-lahendusi-otsinud-teadlasi/>

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Mitmesuguste füüsikaliste mõõtmiste teostamine - sertifitseerimata, kuid usaldatavate tulemustega. Kompetentsiga on kaetud lai ring teemasid (mh

elektromagnetism, termodünaamika, radioaktiivne kiirgus, spektraalanalüüs optilises ja lähiihnapuna piirkonnas). Füüsika-alsed konsultatsioonid iduettevõtetele ja tootarenduseks. Füüsikaliste protsesside modelleerimine.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Meie välja töötatud 10-parametriline meetod elektritarbimise prognoosimiseks võimaldab tarbimist prognoosida kuni 0.5% täpsusega ja omab potentsiaali kommertsrakendusteks.

Meie poolt Muinsuskaitseameti jaoks välja töötatud meetodid kiviseinte niiskuse mõõtmiseks ja kirikute sisekliima energia-efektiivseks juhtimiseks omavad kommertsialiseerimispotentsiaali.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 4. Innovaatilised ettevõtted ja tulevikku vaatav riigivalitsemine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.3 Füüsikateadused

CERCSi teaduserialad:

P190 Matemaatiline ja üldine teoreetiline füüsika, klassikaline mehaanika, kvantmehaanika, relatiivsus, gravitatsioon, statistiline füüsika, termodünaamika

P240 Gaasid, vedelike dünaamika, plasma

P260 Tahke aine: elektrooniline struktuur, elektrilised, magneetilised ja optilised omadused, ülijuhtivus, magnetresonants, spektroskoopia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

piisav

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma valduses olev taristu on teoreetiliste uuringute eesmärkide saavutamiseks piisav. Kuivõrd töörühma huvid on liikunud rakenduslikumatele suundadele ja on tekkinud vajadus lihtsamate eksperimentide läbi viimiseks, tuleks siiski kasuks osa eksperimendivahendite uuendamise.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
J. Kalda on Euroopa Füüsikaolümpiaadi president ja võistluse "Gulf Physics Olympiad" akadeemilise komitee esimees.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Institute for Energy Technology, Norway
- Bialystok University of Technology (Poland), Department of Automatic Control and Robotics
- Leibniz University Hannover (Germany), Institut für Didaktik der Mathematik und Physik

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Füüsika Instituut
- Tallinna Tehnikaülikool, elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
- Tallinna Tehnikaülikool, tarkvarateaduse instituut

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

J. Kalda on esinenud arvukate populaarteaduslike etüüdidega; 2025 aastal ilmus viis ajaleheartiklit, lisaks teletervjuusid.

Suurt tähelepanu on pööratud füüsika hariduse populariseerimisele ja loominguksust nõudvate probleemide lahendusmeetoditele pühendatud õppematerjalide väljatöötamisele. Lehel <https://www.ioc.ee/~kalda/ipho/> leiduvad materjalid on võitnud rahvusvaheliselt suure populaarsuse, keskmine allalaadimiste arv on ca 1000 faili päevas. TFU eestvedamisel algatati Euroopa füüsikaolümpiaad (EuPhO); 2025 a juunis Bulgaarias toimunud 9. EuPhO-I osalesid võistkonnad 42 riigist.

J. Kalda eestvedamisel toimuval rahvusvahelisel online-võistlusel Physics Cup TalTech-2026 on osalejaid üle 1750, esindatud on 102 riiki ja THE rankingu top-50-st ülikoolist on võistlejatega esindatud 31 ülikooli.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Haridus- ja Teadusministeeriumi aukiri Jaan Kaldale Marti Küti konkursitöö
„Ilmastikufaktorite mõju Eesti elektritarbimisele“ juhendamise eest
loodusteaduste valdkonnas.

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

J. Kalda on Euroopa Füüsikaolümpiaadide president ja Eesti Füüsikaolümpiaadi
žürii esimees.

Lembit Kurik ja Veljo Sinivee nõustavad Eesti Evangeelset Luteri Kirikut ja
Muinsuskaitsetametit kirikute sisekliima küsimustes.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/kuberneetika-uurimisruhmad>

Inglise keeles

2 Mittelineaarne lainelevi

Uurimisrühma juht

Andrus Salupere, täisprofessor tenuuris, andrus.salupere@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Andrus Salupere, Teaduste kandidaat, täisprofessor tenuuris

Arkadi Berezovski, Teaduste kandidaat, vanemteadur

Dmitri Kartofelev, Doktor, teadur

Kert Tamm, Doktor, teadur

Tanel Peets, Doktor, teadur

Maria Miranda Vuin, Magister, doktorant-nooremteadur

Päivo Simson, Kõrgharidus, olümpiaadiõppe peaspetsialist

Jüri Engelbrecht, Doktor, konsultant

Muhammad Zeeshan Ashraf, magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

pideva keskkonna mehaanika; sisemuutujate teooria; mittelineaarsed lained; solitonid; laine protsessid aksonites; heliteke keelpillides; metamaterjalid; mittepurustav testimine; numbrilised eksperimendid

Inglise keeles

continuum mechanics; internal variables; nonlinear waves; solitons; wave processes in axons; sound generation in string instruments; metamaterials; nondestructive testing; numerical experiments

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Tegevus on fokusseeritud komplekssetes keskkondades toimuva lainelevi seaduspärasuste selgitamisele. Peamised uurimissuunad on:

* Pideva keskkonna mehaanika ja sisemuutujate teooria. Loodavad matemaatilised mudelid võtavad arvesse mittelineaarset, dispersiivset ning temperatuuri efekte ja erineva skaalaga mikrostruktuuride koosmõju lainelevile.

* Mittelineaarse lainelevi numbriline analüüs. Keerukate lainestruktuuride käitumise uurimiseks luuakse Fourier' teisendusel ja Haari lainikutel põhinevaid numbrilisi meetodeid.

* Metamaterjalide modelleerimine. Luuakse teoreetilist baasi uute tehismaterjalide loomiseks.

* Laine protsessid aksonites. Selgitatakse närvisignaali levikuga kaasnevaid mehaanilisi ja termilisi efekte.

* Muusika akustika. Mittelineaarsete mudelite abil selgitatakse helitekke mehhanisme keelpillides.

* Materjalide mittepurustav testimine. Luuakse meetodeid komplekssete

materjalide omaduste määramiseks ja defektide tuvastamiseks.

* Solitonide ja üksiklainete analüüs. Selgitatakse mis tingimustel saavad komplekssetes keskkondades formeeruda solitoni tüüpi lained.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group's activities are focused on wave propagation in complex media and corresponding applications. Main research directions:

* Theory of continua and internal variables. Developed mathematical models take into account nonlinear, dispersive and temperature effects, and multiscale of a microstructure.

* Numerical analysis of nonlinear wave propagation. Fourier transform and Haar wavelets related numerical methods are elaborated.

* Wave processes in axons. The models that take into account the mechanical and thermal effects accompanying the propagation of the nerve signal are developed.

* Musical acoustics. Nonlinear models that explain the mechanisms of sound generation in different string instruments are created.

* Nondestructive testing of materials. Methods for determining the mechanical properties of nonhomogeneous materials, and for detection of defects are developed.

* Solitons and solitary waves. Conditions for formation of solitonic solutions are determined.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1227 Mittelineaarsete laine protsesside modelleerimine ebakonventsionaalsetes materjalides 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/274e370e-ae86-4afa-8ef4-a1ffe3d3f9d5>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Vuin, Maria Miranda; Kartofelev, Dmitri; Salupere, Andrus; Simson, Päivo (2025). Numerical investigation into acoustic wave propagation in felt-type material with band gap and negative group velocity. *Wave Motion*, 139, art. 103600. DOI: 10.1016/j.wavemoti.2025.103600.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/7e89e04c-0996-4199-ab82-b70f5bf19a38>

Tamm, K.; Peets, T.; Engelbrecht, J. (2022). Mechanical waves in myelinated axons. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 21 (4), 1285–1297. DOI: 10.1007/s10237-022-01591-4.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4933391d-81c2-4114-a075-6866acab0648>

Peets, Tanel; Tamm, Kert; Engelbrecht, Jüri (2023). On mathematical modeling of the propagation of a wave ensemble within an individual axon. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 17, #1222785. DOI: 10.3389/fncel.2023.1222785. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ef31cacd-7a10-4002-a0cd-18a94c91ca62>

Tamm, Kert; Peets, Tanel; Engelbrecht, Juri (2026). The modelling of the action potentials in myelinated nerve fibres. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 25 (1), art. 13. DOI: 10.1007/s10237-025-02030-w. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/2bf46e67-00be-4abc-b857-a2a480122c6f>

Berezovski, A. (2022). Internal variables as a tool for extending Navier--Stokes equations. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, 47 (3), 241–254. DOI: 10.1515/jnet-2021-0089. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6f326ee6-cc98-4aa9-9d40-15bba13d699c>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

1. Närviimpulsi levi modelleerimine.

Jätkus närviimpulsi levi mudeli täiustamine ja vastavate numbriliste eksperimentide teostamine. Täiendati müelineeritud aksoni elektrisignaali mudelit ning tulemused publitseeriti tippajakirjas (*Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, Q1). Töö jätkub müelineeritud aksoni termilise mudeliga ka 2026 aastal.

2. Metamaterjalide modelleerimine ja sisemuutujate teooria.

Uuriti helilainete levi ja sumbumist läbi difraktsioonivõrede difraktsioonivõre erinevate ümberkonfigureerimise stsenaariumide korral. Viidi läbi mitmeid numbrilisi simulatsioone, et selgitada, kuidas ümberkonfigureerimise kiirus mõjutab tasapinnaliste harmooniliste helilainete levikut läbi võrede.

Tulemusena näidati, et idealiseeritud stsenaariumi korral saab saavutada täieliku heliisolatsiooni võre elementide asukoha silmapilkse muutmisega. Heliisolatsioon on antud juhul sagedusest sõltumatu kuid ilmneb võre muutmisel vaid lühikeste ajavahemike jooksul.

3. Lainelevi mittelineaarseted viskoelastsetes materjalides.

Uuriti akustiliste lainete levikut mittelineaarses poorses vildis, kasutades ühemõõtmelist mudelit. Analüüsiti dispersiooni, dissipatsiooni, keelutsoonide ja negatiivse grupikiiruse mõju lainelevile. Tulemused näitavad, et pikkade lainete korral on nende nähtuste mõju väike ning vilt ei käitu metamaterjalidele sarnaselt. Samas võib negatiivse grupikiiruse parem mõistmine toetada tulevasi rakendusi müra- ja vibratsioonisummutuses. Vastav artikkel ilmus ajakirjas *Wave Motion*.

4. Pinnalainete modelleerimine

Uuritu sügava vee pinnal levivate lainete evolutsiooni. Tuletati uus Schrödingeri võrrandi tüüpi mudelvõrrand, mis kirjeldab nii lainepaketi mähisjoone liikumist kui ka tervet lainepaketti. Teostati selle võrrandi analüüs. Koostatud on artikli käsikiri.

5. Tulemuste aprobatsioon.

1. K.Tamm, T.Peets, J.Engelbrecht. The modelling of the action potentials in myelinated nerve fibres. CNS 2025, 34th Annual Neuroscience Meeting, July 5-9, 2025, Florence.
2. T.Peets, K.Tamm, J.Engelbrecht. Modelling of ensemble of signal in single axons. CNS 2025, 34th Annual Neuroscience Meeting, July 5-9, 2025, Florence.
3. P. Simson, D. Kartofelev, A. Salupere, Analytical and numerical insights into deep water waves and waves over a variable bottom, 2nd European Fluid Dynamics Conference (EFDC2), Aug. 26–29, 2025, Dublin, Ireland.
4. D. Kartofelev, M. M. Vuin, Pulse propagation in felt and its dependence on relaxation time, 2025 International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA 2025), Jun. 30–Jul. 4, 2025, Nanjing, China.
5. M. M. Vuin, D. Kartofelev, Numerical analysis of weakly nonlinear acoustic wave propagation in felted material, 2025 International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA 2025), Jun. 30–Jul. 4, 2025, Nanjing, China.
6. M. M. Vuin, D. Kartofelev, Model of nonlinear poro-viscoelastic felt material, 68th International Conference for Students of Physics and Natural Sciences (OPEN READINGS 2025), May 13–16, 2025, Vilnius, Lithuania.
7. A. Berezovski, Presentation "On the velocity of twin boundary" and panel discussion in mini-symposium "New horizons in continuum mechanics". 18th Joint European Thermodynamics Conference, 26–30 May, 2025, Belgrade, Serbia

Inglise keeles

1. Modelling of nerve impulse propagation.

We continued improvement of the model of nerve impulse propagation and to conduct corresponding numerical experiments. The model for action potential in myelinated axons was improved and the results were published in the top journal (Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, Q1). The work continues on the model for thermal effects in the myelinated axon in 2026.

2. Modelling of metamaterials and theory of internal variables.

Sound wave propagation and attenuation through diffraction gratings under various diffraction grating reconfiguration scenarios have been studied. A number of simulations were carried out in order to study how the reconfiguration velocity affected the propagation of plane harmonic sound waves through gratings.

It is demonstrated that total sound isolation can be accomplished in the idealized scenario by instantaneously altering the location of the grating elements. The sound isolation in this case is independent of frequency. However, the sound isolation only emerges with short periods of grating alteration.

3. Wave propagation in nonlinear viscoelastic materials.

Acoustic wave propagation in nonlinear porous felt using a one-dimensional model was studied numerically. The influence of dispersion, dissipation, band gaps, and negative group velocity is analyzed. Results show that when loading times are much longer than the material relaxation time, these effects have negligible impact on wave propagation, indicating that felt does not exhibit significant metamaterial behavior. However, understanding negative group velocity may still enable future applications in noise and vibration control. The corresponding article was published in the Journal Wave Motion.

4. Modelling of surface waves.

The evolution of waves propagating on the surface of deep water was studied. New Schrödinger-type model equation was derived, describing both, the motion of the wave packet envelope and the dynamics of the entire wave packet. An analysis of this equation was carried out. A manuscript for the corresponding article has been prepared.

5. Approbation of results.

1. K.Tamm, T.Peets, J.Engelbrecht. The modelling of the action potentials in myelinated nerve fibres. CNS 2025, 34th Annual Neuroscience Meeting, July 5-9, 2025, Florence.
2. T.Peets, K.Tamm, J.Engelbrecht. Modelling of ensemble of signal in single axons. CNS 2025, 34th Annual Neuroscience Meeting, July 5-9,

2025, Florence.

3. P. Simson, D. Kartofelev, A. Salupere, Analytical and numerical insights into deep water waves and waves over a variable bottom, 2nd European Fluid Dynamics Conference (EFDC2), Aug. 26–29, 2025, Dublin, Ireland.

4. D. Kartofelev, M. M. Vuin, Pulse propagation in felt and its dependence on relaxation time, 2025 International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA 2025), Jun. 30–Jul. 4, 2025, Nanjing, China.

5. M. M. Vuin, D. Kartofelev, Numerical analysis of weakly nonlinear acoustic wave propagation in felted material, 2025 International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA 2025), Jun. 30–Jul. 4, 2025, Nanjing, China.

6. M. M. Vuin, D. Kartofelev, Model of nonlinear poro-viscoelastic felt material, 68th International Conference for Students of Physics and Natural Sciences (OPEN READINGS 2025), May 13–16, 2025, Vilnius, Lithuania.

7. A. Berezovski, Presentation "On the velocity of twin boundary" and panel discussion in mini-symposium "New horizons in continuum mechanics". 18th Joint European Thermodynamics Conference, 26–30 May, 2025, Belgrade, Serbia.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Võimalikud rakendused.

Käesoleva projekti (PRG1227) tulemused loovad tugeva teoreetilise aluse mitmete praktiliste rakenduste väljatöötamiseks. Näiteks meditsiinidiagnostika seadmed, muusikariistade helikvaliteeti tõstmine, uute helisüntesaatorite väljatöötamine, metamaterjalide loomine müra vähendamiseks, soojusisolatsiooniks jne.

Inglise keeles

Potential applications.

The present project (PRG1227) results form a solid theoretical foundation for developing several practical applications, including medical diagnostics devices, enhancing musical instrument sound quality, working out new sound synthesizers, creating metamaterials for noise reduction, heat insulation, etc.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 5. Tervisetehnoloogiad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 1.1 Matemaatika
- 2.5 Materjalitehnika

CERCSi teaduserialad:

- P190 Matemaatiline ja üldine teoreetiline füüsika, klassikaline mehaanika, kvantmehaanika, relatiivsus, gravitatsioon, statistiline füüsika, termodünaamika
- P130 Funktsioonid, diferentsiaalvõrrandid
- T150 Materjalitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma kasutuses on piisavalt personaalarvuteid. Suuremahuliste arvutuste teostamiseks saame kasutada ülikooli HPC klastrit. Lisaks on meil olemas aparatuur, mida saab kasutada materjalide mittepurustavaks testimiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Andrus Salupere on Rahvusvahelise Teoreetilise ja Rakendusmehaanika Ühingu (IUTAM) peaassamblee liige.

Tanel Peets on Põhjamaade Arvutusmehaanika Assotsiatsiooni täitevkomitee liige

Jüri Engelbrecht on mitme välismaise akadeemia välisliige, vt.

<https://www.akadeemia.ee/member/engelbrecht/>

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Aalto University, Department of Signal Processing and Acoustics, School of Electrical Engineering, Finland, Prof. Vesa Välimäki
- Università dell'Aquila, Italy, International Research Center for Mathematics & Mechanics of Complex Systems, Prof. Francesco dell'Isola
- International Research Center for Mathematics ja Mechanics of Complex Systems, Università dell'Aquila, Italy

Eesti partnerid:

- Prof. Jüri Majak, Mehaanika ja tööstustehnika instituut, TalTech
- Dr. Madis Rataspepp, Ehituse ja arhitektuuri instituut, TalTech
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

1. J. Engelbrecht. Teadmistest globaalses maailmas. *Mente et manu*. 1(1902), 2025, 18-21.

2. Ü. Mander, J. Engelbrecht. Saateks. Kogumik "Teadusmõte Eestis (XI). Globaalprobleemid". Tallinn, Eesti Teaduste Akadeemia, 2025, 7-9.

3. T. Peets. "Elu modelleerimine", loeng TalTechi avatud uste päeval, 17 aprill 2026.

4. J. Engelbrecht. Komplekssüsteemid ja globaalsed probleemid. Kogumik "Teadusmõte Eestis (XI). Globaalprobleemid". Tallinn, Eesti Teaduste Akadeemia, 2025, 10-19.

5. J. Engelbrecht. Teerajaja ja innustaja. Väitlus: Taivo Liiva. Mälestuskilde Nikolai Alumäest ja tema kaasvõitlejaist ehk kui mu ees paotus uks teadusmaailma, *Akadeemia*, 2025, vol. 37, No 4, lk 641-659; No 5, lk 855-903. *Akadeemia*, 2025, vol. 37, no 9, 1697-1704.

6. J. Engelbrecht. Laual olev probleem on kõige huvitavam. *Mente et Manu*. Eriväljaanne, August, 2025, 18-19.

7. J. Engelbrecht. The power of words in the story of thoughts by H. Runnel. Conference "The Power of Words - the Half a Century since the Founding of the Baltic Union by Estophil Vladimir Macura. Prague, Jan., 9, 2025

8. J. Engelbrecht. Lõppsõna. Konverents " Vladimir Macura Praha ja Tallinna vahel", Tallinn 16. sept, 2025. Eesti Teaduste Akadeemia ja Tšehhi Teaduste Akadeemia (Tšehhi Vabariigi Suursaatkonna egiidi all)

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://solmech.ioc.ee>

Inglise keeles

<https://solmech.ioc.ee>

3 Lainetuse dünaamika

Uurimisrühma juht

Tarmo Soomere, täisprofessor tenuuris, tarmo.soomere@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Tarmo Soomere, Doktor, täisprofessor tenuuris
Kevin Ellis Parnell, Doktor, sihtrahastusega professor
Katri Viigand (Pindsoo), Doktor, teadur
Andrea Giudici, Doktor, teadur
Nicole Camille Delpeche-Ellman, Doktor, nooremprofessor
Rain Männikus, Doktor, vanemteadur
Maris Eelsalu, Doktor, vanemteadur
Margus Rätsep, Magister, doktorant
Mikolaj Jankowski, Magister, doktorant-nooremteadur
Larysa Parnell, Magister, teadustöö assistent
Maarius Utso, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

lainetuse dünaamika; kliimauuringud; rannikuprotsessid; rannikutehnika; lainetuse klimatoloogia; rannikute haldamine; kaugseire

Inglise keeles

wave dynamics; climate studies; coastal processes; coastal engineering; wave climatology; coastal management; remote sensing

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Labori teadustöö keskendub pinna- ja siselainete dünaamikale, lainetuse rollile rannikuprotsesside käigus ja rannikutehnika ülesannetes ning matemaatiliste meetodite rakendamisele neis valdkondades. Peamised töösuunad: • pinnalainete, lainekliima ja laevalainete uuringud • ekstreemsete üksiklainete (sh solitonide), lainekliima ja veetasemete problemaatika • lainetus rannikutehnikas (settetransport, laineaju, lainerünnak) • veemasside ja rannasetete Lagrange'i dünaamika • rannikute funktsioneerimise teooria, rannikupiirkonna haldamine • merelt lähtuvate ohtude kvantifitseerimine ja minimeerimine • rannas toimuvate muutuste, lainetuse omaduste, meretaseme jms kaugseire • mere avaosa veepinna asendi (meretaseme) määratlemine ja selle klimatoloogiliste muutuste analüüskaugseire meetoditega

Rühma ülevaade inglise keeles

The aim of the laboratory (wavelab.ioc.ee) is to promote and provide a structure for research in water waves and coastal engineering. The focus is on complex and nonlinear phenomena, and the applications of mathematical methods in wave dynamics, coastal engineering and related climate studies. The scope involves

wave theory and applications, including dynamics of solitons, surface wave modelling, wave climate, and wave-driven phenomena, with application to integrated coastal zone management and climate studies. Emerging foci are Lagrangian transport of substances, wave and water level extremes, preventive mitigation of marine-induced hazards, and remote sensing methods, quantification of offshore sea level and its climate change driven changes using remote sensing.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1129 Lainetuse dünaamika ja rannikutehnika Lagrange'i vaatekohast 2021 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/753a6d34-0e4f-48e7-b22c-348cd7b36b98>

EMP480 Läänemere idaranniku looduslike randade ja rannikuehitiste jätkusuutlik tulevik 2020 -

2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/35e8180f-c17d-4fbd-bea3-25e1dba25e19>

MOB3PRT25 Raamistik meretuugenite paigaldamiseks ja opereerimiseks hooajaliselt jääga kaetud

meredes 2025 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e072a6e4-7dbe-4a2c-a8de-aaf647b48d28>

GFLTME24 Grandifondi noorteadlase teadusgrant 2024 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/53440c22-d702-4e65-a19b-f9d848eaf29d>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Viigand, Katri; Eelsalu, Maris; Soomere, Tarmo (2025). Inherent non-stationarity in the GEV distribution for extreme sea levels: Implications for coastal vulnerability in the Baltic Sea. *Ocean Engineering*, 341, 4, ARTN 122681. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2025.122681.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f89ab5e5-d0f8-4a82-87dc-025fa779801c>

Jahanmard, Vahidreza; Löptien, Ulrike; Sandø, Anne Britt; Gierisch, Andrea M. U.; Dietze, Heiner; Lien, Vidar; Delpêche-Ellmann, Nicole; Hordoir, Robinson (2025). Barotropic Trends Through the Barents Sea Opening for the Period 1975–2021. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 130 (130, 1), 1–20. DOI: 10.1029/2024JC021663. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/47d67f8c-0ee3-4a8e-953a-21f973b4eb0a>

Giudici, Andrea; Mannikus, Rain; Soomere, Tarmo (2025). Variability and extremes of the Caspian Sea's modelled wave climate. *Ocean Engineering*, 342 (3), ARTN 123077. DOI:

10.1016/j.oceaneng.2025.123077. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d0dbcc55-6399-49f3-afe4-8f2f3e16321e>

Jahanmard, Vahidreza; Ellmann, Artu; Delpêche-Ellmann, Nicole (2025). Quantification of Baltic Sea Water Budget Components Using Dynamic Topography. *Ocean Science [ilmumas]*.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0ddcecd9-52f3-47c9-8f4f-ef324ada0f50>

Lorenz, Marvin; Viigand, Katri; Gräwe, Ulf (2025). Untangling the Waves: Decomposing Extreme Sea Levels in a non-tidal basin, the Baltic Sea. *Natural Hazards*. DOI: 10.5194/nhess-2024-198 [ilmumas].

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/bad6dec9-bc56-4783-8d72-f9a09e795acf>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Publitseeriti 10 andmebaasis Web of Science kajastatud tööd. Arvutati meretaseme barotroopsed trendid 1975–2021 Barentsi mere jaoks. Näidati, et Läänemere üsna väikesed lained põhjustavad ootamatult intensiivse liiva ümberpaiknemise pärast ranna täitmist. Lainete tekitatud põhjalähedaste kiiruste otsese mõõtmise kaudu demonstreeriti, et Liivi lahe üksiklainete kõrgused järgivad klassikalist eksponentjaotust (ja mitte oodatud Rayleigh jaotust). Läänemere rannikuprotsesside muutuste ruumiline muster seoti kliimamuutuse eri ilmingutega ning nende mõju erinevusega eri regioonides. Kvantifitseeriti lainetuse tekitatud pikiranda transport Liivi lahe lääne-, ida- ja lõunarannikul. Näidati, et piki läänerannikut võib liiv liikuda üle pikkade vahemaade, suure osa lõunarannikust moodustab akumulatsiooniala, kuid idarannik jaguneb paljudeks väikesteks isoleeritud setterakkudeks. Esitati Läänemere rannikute tundlikkuse analüüs ülikõrgete ja väga madalate veetasemete suhtes nn üldistatud ekstreemväärtuste jaotuse kujuparameetri ajalis-ruumilise muutlikkuse alusel. Kvantifitseeriti Läänemere vee hulga muutumine uudsel moel merepinna dünaamilise topograafia kaudu. Selgitati välja, kuidas veetaseme üksikud komponendid mõjutavad lõpliku veetaseme kujunemist. Tõestati, et Läänemere veetasemete ekstreemumite ajaline käik on kindlasti mittestatsionaarne. Arvutati välja Kaspia mere lainekliima peamised parameetrid ja ekstreemumite omadused mere eri osades. Näidati, et ka seal järgivad laine kõrgused sageli klassikalist eksponentjaotust.

Inglise keeles

We published 10 papers listed in the Web of Science. Barotropic trends for the Barents Sea were quantified for 1975–2021. It was shown that even fairly mild wave climate of the Baltic Sea may cause unexpectedly intense relocation of sand along and across non-equilibrium coastal profiles immediately after beach nourishment. Direct measurements of wave-driven near-bottom velocities show that the heights of single waves in the nearshore of south-eastern Gulf of Riga follow the classic exponential distribution instead of Rayleigh or Forristall distribution. Analysis of wave-driven transport of coastal sediment revealed that the western, southern and eastern shores of the Gulf of Riga have radically different structural properties. While long excursions of sediment grains are usual for the western and southern coasts, the eastern shore is split into numerous almost isolated sedimentary cells. The spatial pattern of observed alterations of coastal processes was attributed to climate change driven spatio-temporal variations in the main forcing factors. The changing properties of extremely high and low water levels were linked to the changes in the shape parameter of the generalised extreme value distribution for the entire Baltic Sea. A new way of quantification of the Baltic Sea water volume was proposed and tested based on properties of dynamic topography of sea surface. An ensemble of numerical simulations of the Baltic Sea dynamics was employed to decompose extreme water levels of the Baltic Sea into single components. It was shown that

the temporal course of extreme water levels on the Baltic Sea shores is inherently non-stationary. An updated description of the variability and extremes of the Caspian Sea's wave climate was developed.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Kliimamuutuse tähenduse ja sellega seonduvate ohtude analüüs ja selgitamine nii Läänemere kui terviku kui ka selle randade kontekstis.

Merelt lähtuvate ohtude (veetase, lainetus, jää, ranna erosioon) järjest adekvaatsem kirjeldus, erakordsete situatsioonide ja halvimate stsenaariumite analüüs – nt ekstreemsed lained ja veetase Läänemere idaosa (sh Eesti ranniku) eri piirkondades; ka erakordselt madala veetaseme mõju laevaliiklusele. Läänemere kontekstis välja töötatud ja testitud kontseptsioonide ja mudelite eksport ja rakendamine teistel merealadel (Barentsi meri, Kaspia meri; laineenergia kasutamise realistlike võimaluste analüüs maailma eri osades) kui võimalus teha Eesti suureks ja demonstreerida meie teaduse potentsiaali.

Kliimamuutusega kaasnevad mõjud Eesti ranniku surveteguritele – nt lainekõrguse kasv, jää kadumisest või laine levikusuuna muutumisest tulenevad muutused ranniku erosioonis või laevateede täiskandumises.

Lainetusest tingitud settetranspordi mõistmine, analüüs ja prognoos üksikutes rannaosades.

Sadamate ja teiste rannikupiirkonna ning mere-ehitiste projekteerimiseks vajalik informatsioon hüdrodünaamiliste tegurite tavaliste ja ekstreemsete omaduste ning setete edasikandumise kohta.

Uued võimalused merepinna asendi täpsustamiseks eri andmestike ja (geoidi) mudelite ühendamise kaudu, väljundiga nt Läänemere vee hulga uut tüüpi hinnangute näol.

Meretuulest saadava energia maksumuse analüüs seadmete kogu elukaare vältel. Ranna tundlikkuse indikaatorite kasutamine ja arvutamine.

Inglise keeles

Explanation of the phenomena of climate change and their meaning for nature, economy and society.

Adequate description and quantification of marine-induced hazards (flooding, waves, sea ice, erosion); analysis and projections of extreme situations and worst-case scenarios; e.g., extreme waves and water levels in various segments of Estonian shores, including extremely low water levels as a problem for ship

traffic in the Moonsund. Export and application of approaches and tools developed and tested in the Baltic Sea for solving problems in other water bodies (Barents Sea, Caspian Sea, wave energy studies in different parts of the World Ocean).

Analysis and projections of climate change driven changes to impact factors to Estonian shores; e.g., increase in wave energy flux owing to loss of sea ice, changes in coastal processes driven by changes in wind and wave directions that may lead to erosion or silting of fairways or harbours.

Understanding, analysis, explanation, and forecast of wave-driven sediment transport in single coastal segments, whenever possible on the level of structural properties.

New options for better specification of the water surface height (dynamic topography of the Baltic Sea) via merging new (geoid) models and various data sources; the use of these options to quantify variations in the water volume of the entire sea.

Methods for evaluation of the cost of marine wind energy; analysis of the properties and possibilities of exploitation of wave energy in different basins. Methods for evaluation of coastal vulnerability.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Pikaajaline koostöö: Saarte Liinid AS (Rain Männikus), 2021-2024, väikesadamate planeerimist, projekteerimist ja haldamist (lainetuse omadused, settetransport, laevatee täiskandumine jne) puudutavad aspektid; leping LLTEE21048.

Algav koostöö: lainetuse ekstreemumite statistika, ebamugavate (nt tuugenite hoolduseks mitte sobivate) lainetuse, tuule ja jää tingimuste analüüs CETP projekti FROST (MOB3PRT25, 2025-2028) raames.

Ekstreemsete tuulekiiruste ja veetasemete ning nende korduvusperioodide määratlemine Hundipea arenduse piirkonnas; lainetuse omaduste (nt ületipnemise) analüüs ja hinnang setete liikumisele kõnesolevas piirkonnas: Soomere, T., Viigand, K., Eelsalu, M., Männikus, R. 2023. Ekstreemsed tuuled, veetasemed ja lained Hundipea piirkonnas. Rakendusuringu „Kliimanetraalse piirkonna energiavarustuse ja ehituslahenduste kavandamise digitaalne tööriist“ tegevuse 7: „Üleujutused ja tuulekoormused“ aruanne. Tallinna tehnikaülikool, 86 lk. Jääkatte kadumise mõju rannikuprotsessidele Liivi lahes: Najafzadeh, F., Soomere, T. 2023. Impact of changes in sea ice cover on wave climate of semi-enclosed seasonally ice-covered water bodies on higher temperate latitudes.

Contribution to research report, Taltech project MNVA22037, 9 pp. Ekstreemsete

veetasemete, nende korduvusperioodide ja üleujutusosalade määratlemine Eesti, Läti ja Leedu rannavööndis: Soomere T., Eelsalu, M. 2021. Extreme water levels and their return periods on the shores of Latvia and Lithuania. Confidential research report to Swedbank P&C Insurance AS. Tallinn University of Technology, Department of Cybernetics, Wave Engineering Laboratory, 118 pp.

Laevalainete keskkonnamõju madalaveelistes suudmelahetedes: Soomere T., Parnell K.E. 2021. Vessel wakes in the Blackwater Estuary and approach waters associated with the proposed Bradwell B Power Station. Research report prepared for CEFAS. Tallinn, January 2021, 44 pp.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ekstreemsete tuulekiiruste ja veetasemete ning nende korduvusperioodide ja

üleujutusosalade määratlemine.

Lainekliima parameetrite hinnangud Eesti, Läti ja Leedu rannavetes.

Rannasetete liikumise hinnangud Eesti, Läti ja Leedu rannavetes.

Väikesadamate projekteerimine ja vastavad insenertehnilised lahendused.

Lainetuse omaduste, hoovuste mustrite, veetasemete kujunemise ja setete liikumise analüüs väikesadamate lähistel.

Lainetuse detailsete omaduste ja mõju (nt ületipnemise) analüüs insenertehniliste rajatiste jaoks.

Jääkatte kadumise mõju rannikuprotsessidele Eesti rannavetes, Soome ja Liivi lahes.

Laevade detekteerimine ja identifitseerimine ning nende asukoha, kiiruse ja

kursi määratlemine laevalainete alusel.

Laevalainete omaduste ja nende keskkonnamõju analüüs.

Ekstreemsete tuulekiiruste ja veetasemete ning nende korduvusperioodide ja üleujutusosalade määratlemine.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Kaasaegse analüüsi ja nõustamisteenuse pakkumine ranniku funktsioneerimise,

merelt lähtuvate ohtude kvantifitseerimise ja väikesadamate projekteerimise ning haldamise valdkondades.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

2.1 Ehitusteadused

CERCSi teaduserialad:

T220 Tsiiviilehitus, Hüdrotehnoloogia, avameretehnoloogia, pinnasemehhaanika

P500 Geofüüsika, füüsikaline okeanograafia, meteoroloogia

P510 Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Meil on oma väike server andmekogude haldamiseks, arvutusvõimsused lainearvutuste vajadusteks, valik instrumente hoovuste ja lainete omaduste mõõtmiseks, >10 triivpoid, väike paat ja treiler välitööde vajadusteks ning võimalused raskete instrumentide paigutamiseks kuni 3 m sügavusse vette (kaks ca 5 m kõrgust tripoodi). Seadmestik on 5–10 aastat vana ning vajab täiendamist ja uuendamist. Alustasime uuendamist Eesti teaduse teekaardi objekti MARTE kaudu.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
T. Soomere

Eesti Maaülikooli nõukogu esimees

Riikliku teadustaristu komisjoni esimees

Eesti esindaja NATO mereteaduse ja tehnoloogia eksperdikomitees (NATO STO MSTEC, Maritime Science and Technology Experts Committee)

Eesti esindaja Euroopa Merekomitees (European Marine Board)

Eesti esindaja EASAC (European Academies Scientific Advisory Council – Euroopa Teaduste Akadeemiate Nõuandev Kogu) keskkonnapaneeelis (Environment Steering Panel)

Tallinna tehnikaülikooli senati teaduskomisjoni liige

T. Soomere ja K. Parnell

Mitmete tehnikaülikooli atesteerimiskomisjonide liikmed

Initsiatiivi Baltic Earth teadusnõukoja (Science Steering Committee) liikmed, selle initsiatiivi 6. konverentsi (Heringsdorf, 2026) juhtkomitee liikmed; K. Parnell on selle konverentsi ühe sektsiooni korraldaja ja konviiner.

K. Viigand on küberneetika instituudi nõukogu liige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Department of Civil and Environmental Engineering
- Klaipeda University, Marine Research Institute
- Latvian Institute of Aquatic Ecology

Eesti partnerid:

- Saarte Liinid AS
- Eesti Kindlustusseltside Liit
- Swedbank P&C Insurance AS

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Populaarteaduslikud artiklid ja kommentaarid

1. Soomere, T. 2025. Teadlased lahendavad praktilisi probleeme. Postimees Nädal, 195(8443), 25.01.2025, 8. Veebis: TARMO SOOMERE } Kelle õlgadel seisavad need, kes praegu näevad teistest kaugemale?, <https://arvamus.postimees.ee/8178404/tarmo-soomere-kelle-olgadel-seisavad-need-kes-praegu-naevad-teistest-kaugemale>
2. Soomere, T. 2025. Fakt teadust päevas: kas Eestis kliima soojeneb? Õhtuleht, veebiväljaanne, 14.02.2025, 07:00, <https://www.ohtuleht.ee/1124467/fakt-teadust-paevas-kas-eestis-kliima-soojeneb>
3. Soomere, T., 2025. Fakt teadust päevas: kas inimkond on Maa kliimat mõjutanud? Õhtuleht, veebiversioon, 8.03.2025, 07:00. <https://www.ohtuleht.ee/1124624/fakt-teadust-paevas-kas-inimkond-on-maa-kliimat-mojutanud>
4. Viigand, K., 2025. Läänemere idarannik satub tulevikus sagedamini kõrgvete meeleva. ERR Novaator, 31.03.2025 13:27. <https://novaator.err.ee/1609649417/laanemere-idarannik-satub-tulevikus-sagedamini-korgvete-meeleva>
5. Soomere, T., 2025. Fakt teadust päevas: kas vahel võib kehtida, et $1 + 1 \neq 2$? Õhtuleht, veebiväljaanne, 11.07.2025, 07:00. <https://www.ohtuleht.ee/1134833/fakt-teadust-paevas-kas-vahel-voib-kehtida-et-1-1-2>
6. Soomere, T., 2025. Fakt teadust päevas: miks tiiburlaevad lainetega sõita ei saa? Õhtuleht, veebiväljaanne, 15.07.2025, 07:00. <https://www.ohtuleht.ee/1134970/fakt-teadust-paevas-miks-tiiburlaevad-lainetega-soita-ei-saa>
7. Soomere, T., Viigand, K., Eelsalu, M., 2025. Läänemere käitumine on aastakümnetega märgatavalt muutunud. ERR Novaator, 18.09.2025 kell 14:11. <https://novaator.err.ee/1609804575/laanemere-kaitumine-on-aastakumnetega-margatavalt-muutunud>
8. Soomere, T. 2025. Värske doktoritöö uurib Läänemere rannikute peidetud hingeelu. ERR Novaator, 03.10.2025 kell 15:22. <https://novaator.err.ee/1609819710/varske-dokoritoo-uurib-laanemere-rannikute-peidetud-hingeelu>
9. Soomere, T., 2025. Eesti on kui noateral. Kommentaar artiklile “Kliima soojenemisega kaasnev rohke magevesi lõhub mootorit”, Imeline Teadus, 11/2025, 30–37; kommentaar ise lk 35.

POPULAARTEADUSLIKUD ETTEKANDED, SEMINARID, LOENGUD, KOHTUMISED, VESTLUSED (T. SOOMERE)

1. Vestlus kliimast ja muust, Kaarli koguduse perekohvik, 18.01.2025.
2. Ettekanne „Regime shifts in the Baltic Sea region“, Special Baltic Earth Colloquium – achievements, thanks and future challenges (on the occasion of the retirement of Dr Marcus Reckermann, Head on the international Baltic Earth Secretariat, 04 February 2025, Maritime museum, Hamburg, Germany.
3. Loeng Suure mereriigi rannad: kliimateaduse tulipunkt loodusteaduskonna üliõpilaskogu SciTed konverentsiõhtule ürituse “Tunne oma teadust!” raames, 20.02.2025
4. Loeng Climate change driven pressure to coastal environment: examples from the Baltic Sea region, Indiana ülikool, Bloomington, USA, Inner Asian & Uralic National Resource Center, 25.02.2025
5. Loeng Linna kodu mere ääres, Tartu ülikooli Pärnu kolledž; väarikate

ülikool, Pärnu, Hestia hotel Strand, 05.03.2025

6. Kohtumine Kaarli kooli gümnaasiumiastme õpilastega ürituste seerias "Gümnaasiumil külas", 12.03.2025.
7. Ettekanne Addressing East-West gradient in the future security architecture of Europe (21.03), konverentsi peaettekande (Marina Kaljurand, Security architecture for the Baltic States and Europe: A view from Tallinn and Brussels) modereerimine (20.03) ning sessiooni „Possible future scenarios for security and peace in Europe“ panelist Hamburgi ja Baltimaade teaduste akadeemiade konverentsil „Current and future security architecture for the Baltic States and Europe“, Berliin, Hamburgi linna esindus, Jägerstrasse 1–3, 10117 Berliin, 20.–21.03.2025.
8. Ettekanne Energy dependence: Europe, Baltic States and Estonia Läänemereamaade ametiühingute liitude võrgustiku BASTUN kevadisel koosolekul, Riia, LABS (Free Trade Union Confederation of Latvia), 10.04.2025
9. Inseneriakadeemia, 10-min lühiettekanne ja osalemine diskussioonipaneelis, 29.04.2025.
10. Ettekanne Mere tervis palavikus maailmas, Läänemaa loodusfestival „Parasiidi aed“, 08.05.2025, Haapsalu kultuurikeskus.
11. Panelist avapaneelis Inimene ühiskondlike murrangute kurvis Eesti sotsiaalteaduste aastakonverentsil ESAK2.0 „Inimene tehnoloogiliste murrangute ajastul“ koos Marju Lauristini ja Laur Kangeriga, tehnikaülikool, 09.05.2025.
12. Panelist virtuaalsel seminaril "Teadus ilma piirideta: Eesti diaspora Ameerika Ühendriikides", 14.05.2025.
13. Osalemine vestlusringis talupoja- ja teadlastarkusega tarbimisest ja suhtumisest: Kas igavene kasv või igapäevane alalhoidlikkus? Taltech, Linnakupidu, NRG aatrium, 05.09.2025, 14-15. Vestlust juhtis Mari Öö Sarv.
14. Ekspertloeng Meri on keeruline, aga hea liitlane kliimaministeeriumile ja selle allasutustele, korraldaja keskkonnainvesteeringute keskus, veebis, 19.09.2025.
15. Loeng Mere tervis kliimamuutuste tõmbetuultes Rapla Rotary keskkonnakonverentsil, Rapla gümnaasium, 07.11.2025.
16. Paneeliettekanne „The changing road to discovery, or changing the road to discovery?“ ja osalemine diskussioonis sessioonil „Novel discoveries and meaning-making: risky and challenging, but with a transformative potential“ konverentsil „Bridging Science, Policy and Society in an Era of Transformation“, Cairo, Egypt, 8–11 December 2025 [IAP (InterAcademy Partnership) 2025 Triennial Conference and General Assembly raames]

Esinemised meedias

1. Vestlus Vikerraadio saates Huvitaja 2005. aasta jaanuaritormi teemal, 03.01.2025.
2. Pikem vestlus (1 tund) kliimamuutusest ja selle peatamise võimalustest, koos küsimustega kuulajatelt, venekeelne Radio4 saade „Podrobnosti“, 19.02.2025.
3. Vestlus kliimamuutusest Eestis Emajõe ülikõrge veetaseme kontekstis, venekeelne otsesaade Kofe+, 28.02.2025.
4. Kommentaar kliimamuutuste ilmingutest Läänemeres, Vikerraadio uudised, 16.03.2025, 18:00 (Sandra Saar portaalist Novaator); Sandra Saar,

- Läänemeres jääb jääd aasta-aastalt vähemaks. ERR Novaator, 10.03.2025, 14:30,
<https://novaator.err.ee/1609628513/laanemeres-jaab-jaad-aasta-aastalt-vahemaks>
5. Vestlus ETV+ venekeelses otsesaates Kofe+ rahvusvahelisest ookeanide päevast, mida tähistati 8. juunil; 09.06.2025.
<https://jupiterpluss.err.ee/1609717347/vchera-otmechalsja-vsemirnyj-den-okeanov>
6. Pikem vestlus venekeelse Raadio4 otsesaates "Podrobnosti" kuumalainest Euroopas, kliimamuutusest ja Eesti tulevikust kliimamuutuse kontekstis, 10.07.2025 kell 11:05–11:45.'
7. Vestlus Neeme Rauaga Kuku Raadio otsesaates suplusvee temperatuurist, maavärinatest ja tsunamidest Kamtšatka maavärina kontekstis, 06.08.2025, kell 14:15–14:30.
8. Raul Vinni, 2025. Hiiumaa populaarseim RMK puhkekoht on hävinemas. Kas mängus on inimese käsi? Sisaldab kommentaari: Professor Soomere: Tõrvanina kandis on pidev liiva defitsiit. Maaleht, 37(1979), 11.09.2025, 10–11.
<https://maaleht.delfi.ee/artikkel/120402170/hiiumaa-populaarseim-rmk-puhkekoht-on-havinemas-kas-mangus-on-inimese-kasi>
9. Kommentaar hoovuste kohta Läänemeres ja Soome lahes Kanal 2 hommikutelevisioonis, 30.09.2025
10. Vestlus rahvusvahelise teaduspäeva World Science Day for Peace and Development puhul venekeelses hommikutelevisioonis, otsesaade Kofe+, 10.11.2025
11. Kommentaar Kuku Raadio otsesaates Hommikuraadio Eesti teaduse teadusjõukusest: oleme normeeritud mõjukuselt jõudnud maailmas kolmandale kohale, 26.11.2025, kell 07:40

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal **Riiklikud:**

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

T. Soomere:

Arenguseire Keskuse nõukoja liige, esimees alates november 2024

Riikliku Geoloogiateenistuse nõukoja asendusliige,

Riigiõiguse sihtkapitali nõukoja liige

Pere Sihtkapitali nõukoja liige

Postimehe fondi nõukoja liige

Portaal Novaator, nõukoja liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://wavelab.ioc.ee/>

Inglise keeles

<https://wavelab.ioc.ee/>

4 Komposiitide reoloogia

Uurimisrühma juht

Heiko Jens Herrmann, vanemteadur, heiko.herrmann@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Heiko Jens Herrmann, Doktor, vanemteadur

Andres Braunbrück, Doktor, lektor

Oksana Goidyk, Doktor, insener

Mark Heinštein, , doktorant

Võtmesõnad

Eesti keeles

materjalimehaanika; pideva keskkonna mehaanika; kiudbetoon; kiudude orientatsioon; arvutuslik reoloogia; kujutiste analüüs; 3D visualiseerimine

Inglise keeles

mechanics of materials; continuum mechanics; fiber concrete; fiber orientations; computational rheology; image analysis; 3D visualization

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

The competences of the group have a broad range, from constitutive theory over numerical computer simulations and image analysis to virtual reality visualization of scientific data. The main research topic is concerned with the mechanical properties of composites containing short fibres. The core application is steel fibre reinforced concrete, a construction material, the use of which is gaining momentum in the building industry. The mechanical properties largely depend on the orientation of short fibres, which in turn are influenced by the production process of the structural parts made of fibre concrete. In particular, the flow of the fresh concrete mass, which is mixed with the fibres, determines the fibre orientations. Analysis of fibre orientations in experiment samples is done by x-ray computed tomography, fibre orientations are then extracted from the tomography. The group has developed its own software for this purpose. The production process of concrete parts, in particular the casting, is simulated using computational fluid dynamics (CFD) coupled to an orientation equation. Further, simulations of bending tests and split tests are performed with particle based discrete element simulations. On the theoretical side, the group has developed constitutive models for the influence of the fibre orientations distribution on the mechanical and thermal properties of fibre concrete. This involves the research on stereoscopic semi-immersive 3D visualization (virtual reality), which is conducted on the self-developed „Kyb3“ system. The main task of the system is the visualization of the computed tomography of fibre concrete and CFD simulations. It is used to visually inspect measurement and simulation results.

Rühma ülevaade inglise keeles

Uurimisgrupi kompetents on lai, ulatudes olekuvõrrandite teooriast arvutisimulatsioonide, kujutiste analüüsi ja andmestiku kujutamiseni virtuaalreaalsuses. Teadusteema põhisuund on lühikesekiuliste komposiitide mehaanikaliste omaduste uurimine. Tulemuste peamine rakendusvaldkond on teraskiuga armeeritud betoon – materjal, mis on kogumas populaarsust ehitussektoris. Sellise materjali mehaanikalised omadused sõltuvad suuresti lühikeste kiudude orientatsioonist, mis betoonelementide valmistamisel on omakorda mõjutatud betoonisegu valuprotsessist. Just betoonisegu voolamine ühes sissesegatud kiududega määrab kiudude orientatsiooni. Katsekehade kiudude orientatsioon määratakse röntgenkiirte arvutusliku tomograafiaga, millest saadud tulemuste töötlemise järel saadakse kiudude orientatsioon. Pilditöötlemiseks on uurimisgrupp välja arendanud oma tarkvara. Betoonelementide valuprotsessi arvutis simuleerimiseks kasutatakse arvutusliku vedelikumehaanika (CFD) tarkvara, mis on seotud kiudude orientatsiooni kirjeldava võrrandiga. Valmis katsekehade painde- ja lõhenemise katset simuleeritakse arvutis kasutades materiaalseid punkte simuleerivaid diskreetseid elemente. Teoreetilise poole pealt on uurimisgrupp tuletanud olekuvõrrandid, mis kirjeldavad kiudude orientatsiooni jaotuse mõju kiudbetooni mehaanikalistele ja termilistele omadustele. Ülalmainituga on seotud uurimistöö stereoskoopse pool-immersiivse 3D visualiseerimise (virtuaalne reaalsus) vallas, mida tehakse enda väljatöötatud süsteemil „Kyb3“. Süsteemi peamine ülesanne on visualiseerida kiudude arvutatud tomograafiat ja CFD simulatsioonide tulemusi. Süsteem võimaldab visuaalselt kontrollida ja võrrelda mõõtmiste ning simulatsioonide tulemusi.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Herrmann, Heiko (2021). A constitutive model for linear hyperelastic materials with orthotropic inclusions by use of quaternions. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 33 (4), 1375–1384. DOI: 10.1007/s00161-021-00979-4. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/1b2fa52a-2122-43fd-95b8-e9a0f5ecca2a>

Goidyk, O.; Heinštein, M.; Herrmann, H. (2023). CFD Comparison of the Influence of Casting of Samples on the Fiber Orientation Distribution. *Fibers*, 11 (1), 6. DOI: 10.3390/fib11010006. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/7bc9383c-00e7-4ea8-b6aa-9f1855d855e4>

Zaitseva-Pärnaste, Inga; Herrmann, Heiko (2024). Comparison of 3D model generation using Structure-from-Motion by open-source software and validation with LiDAR for revealing changes in eroding coastal cliffs. *Journal of Coastal Research*, 1054–1058. DOI: 10.2112/JCR-SI113-206.1. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f1d20e18-fdb8-4968-90f3-671836fe709d>

Goidyk, Oksana (2025). Influence of the flow of fresh fiber concrete on the fiber orientations. (Doktoritöö, Tallinn University of Technology, School of Science, Department of Cybernetics).

TalTech Press. DOI: 10.23658/taltech.12/2025.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b61e4081-782e-4ca0-bfcb-6f9e1a3a3ba9>

Goidyk, Oksana; Heinštein, Mark; Herrmann, Heiko (2022). Preparation of SFRC Testing Specimen Simulated by CFD. Proceedings of Cement Based Composites Congress: The First International Cement Based Composites Congress, 29-30 June 2022. Ed. Aydın, Abdulkadir Cüneyt. Erzurum, Turkey: ACA Publishing, 56–63. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/346aa44d-43c9-4abe-9f04-6ed1fa825457>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Tuginedes segude teooriale on välja pakutud lisanditega lineaarse hüperelastsematerjali teoreetiline mudel, kus lisanditel on ortotroopsed materjaliomadused. Paljudes kaasaegsetes komposiitmaterjalides on lisandeid, st need sisaldavad erimaterjalidest osakesi. Mõnedel juhtudel on need osakesed sfäärilise kujuga, agapaljudel juhtudel sirged kiud, mida iseloomustab pöördsummeetria ümber üheorientatsiooni peatelje (nö ristisuunas isotroopne). Mõnedel juhtudel on lisanditel kahemõõtmeline kuju või ellipsoidne kuju kolme orientatsiooniteljega, viimaseid võib käsitleda kui eri orientatsiooniga lisandeid, kus lisandimaterjalil endal on ortotroopsed omadused. Väljapakutud materjalimudel on rakendatav sellisele komposiitmaterjalile, mille maatriks sisaldab biakiaalseid osakesi või komposiitmaterjalile, mis sisaldab sirgeid kiude, millel omakorda on ortotroopsed omadused. Esimese näiteks sobib kiudbetoon, mille kiudude otsas on konksud ja teise materjali näiteks oleks komposiit, mis sisaldab plaatjaid ortotroopsete omadustega lisandeid, näiteks puidust laaste. Simuleeritud on kiudbetooni valu eri voolamisomaduste ja eri valumeetodite korral, tulemusi on kõrvutatud ja võrreldud. Katsekeha valu simuleeriti arvutusliku vedelikumehaanika vahenditega (CFD) mitmeti: valuvormi täitmisevastavalt katsestandardile EN 14651 kas ainult vormi keskelt täites või ainult vormi ühest otsast täites. Analüüsi kiudude orientatsioonilist jaotust erivalumeetoditega kombinatsioonis kiudbetooni nelja erineva reoloogiliste parameetrite hulga. Simulatsioonide tulemused näitavad, et isegi väikesed erinevused valuprotsessis mõjutavad märkimisväärselt valmismaterjali omadusi.

Inglise keeles

A theoretical model for linear hyperelastic materials with orthotropic inclusions is presented based on a mixture approach. Many modern composite materials have inclusions, meaning they contain particles of different materials. In some cases, these inclusions are spherical; in many cases, they are straight fibers representing transversely isotropic inclusions; and in some cases, the inclusions have a two-dimensional shape or are ellipsoids with three different axes. These can be considered as orthotropic inclusions with different orientations.

The proposed material model can be applicable to a composite made of a matrix material that contains biaxial particles or a material that is composed of particles of an orthotropic material. An example of the former could be fiber concrete with hooked-end fibers, and an example of the latter could be particle boards, as wood is an orthotropic material.

Simulations of different casting methods of the fiber concrete mixture with various flowabilities have been performed and compared. The casting of the testing specimen was simulated in different ways: filling of the formwork according to EN 14651, from the center only, and from one edge of the formwork using Computational Fluid Dynamics.

The influence of different casting methods, in combination with four specific sets of rheological parameters, on the final fiber orientation distribution was analyzed. The results of the simulations demonstrate that even a minor change in the casting procedure can significantly alter the obtained fiber orientations and bending strength.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Uurimistöo panustab oluliste keskkonna-alaste väljakutsete lahendamisse, näiteks kuidas vähendada CO2 emissioone, kasutada loodusvarasid säästvalt ja vähendada ehitussektori mõju keskkonnale: parem teadmine betoonkomposiitide omadustest viib tugevama ja sitkema betoonini, mis teeb võimalikuks kasutada ehitistes vähem betooni (õhemad seinad, talad). See omakorda teeb ehitised kergemaks ja võimaldab täiendavalt betooni koguse vähendamist, sest vähenenud on ehitise omakaal. Sitkem ja vastupidavam betoon pikendab konstruktsiooni eluiga ja sellega seoses väheneb ehitise maksumus ning keskkonnamõju. Konstruktsioonide eluea pikendamine, eriti nende, mis seotud teede, rannikuehituse ja tuule-energeetika tarinditega, vähendab maksumust laiemalt kogu ühiskonnale.

Inglise keeles

The research contributes to solving important environmental challenges, i.e. reducing CO2 emissions, preserving natural resources and reducing the impact of the building industry on the environment: better prediction of cementitious composite properties will lead to stronger and more ductile concrete, which

makes it possible to use less concrete in structures (thinner walls, slabs), which makes the structures lighter and in turn enables to use even less concrete due to the fact that less load needs to be carried. More ductile concrete and more resistant concrete can prolong the lifetime of structures and reduce costs and impact on environment even further. Increasing the lifetime of structures, especially of those related to road and coastal infrastructure, as well as wind energy will reduce costs for the society.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Computational Fluid Dynamics (CFD) using open-source software, especially OpenFOAM and SU2. Consulting for using open-source software for simulations. Creation of 3D model and point cloud from images (Structure From Motion). Scientific visualization of your volume data on our 3D semi-immersive virtual reality system. Consulting for visualization with ParaView.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Commercialization of the research group's expertise, increasing the volume of laboratory services

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 1.1 Matemaatika
- 2.1 Ehitusteadused

CERCSi teaduserialad:

- T152 Komposiitmaterjalid
- T220 Tsiviilehitus, Hüdrotehnoloogia, avameretehnoloogia, pinnasemehhaanika
- T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kolleksioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

The group uses experimental facilities of the Department for Civil Engineering and Architecture, which is generally in good shape, except that several of the more dust resistant old bending machines are out of order.

For the numerical simulations, the group uses TalTech's HPC Celtre's cluster, which is in good shape, but could be extended with more computers with bigger memory to accommodate big long running jobs. For big simulations, the LUMI supercomputer is used, but while LUMI allows for big jobs, the runtime is limited to 2 days, which is very short.

For data analysis and visualization, the group uses its own graphics servers and semi-immersive 3D visualization system, which is the only one of its kind in Estonia. The system is still in good shape considering its age (built in 2014), but could use modernisation and upgrades.

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

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

-
- Vilnius Gediminas Technical University (LT Lithuania), Laboratory of composite materials
-

Eesti partnerid:

- Binte OÜ
- Estonian University of Life Sciences, X-ray CT lab
- Tallinn University of Technology, Department of Civil Engineering and Architecture

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Created a short white-board animation video about the group's fiber concrete research and published it on YouTube: "Rheology of short fibre reinforced cementitious composites and influence on fracture behaviour"

<https://www.youtube.com/watch?v=dNRxypK5CRU>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/kuberneetika-uurimisruhmad>

Inglise keeles

5 Matemaatika rakendused telekommunikatsioonis

Uurimisrühma juht

Gert Tamberg, vanemlektor, gert.tamberg@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Gert Tamberg, Doktor, vanemlektor

Olga Graf, , doktorant

Alar Leibak, Doktor, vanemlektor

Piret Puusemp, Magister, lektor

Märt Umbleja, , doktorant

Peeter Puusemp, teaduste kandidaat, emeritprofessor

Võttesõnad

Eesti keeles

arvuteooria; ruutvormid; korpused; lähendusteooria; valimriidade teooria; Fourier' analüüs; signaalitöötlus; pilditöötlus; krüptograafia

Inglise keeles

number theory; quadratic forms; fields; approximation theory; Shannon sampling theory; Fourier' analysis; signal processing; image processing; cryptography

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teadustöö põhisuunad: • Uuritakse positiivselt määratud ruutvormide geomeetria, kui ruutvormi kordajad on mingist arvukorpusest. • Uuritakse positiivselt määratud ruutvormide geomeetria rakendusi krüptograafias. • Uuritakse üldistatud Shannoni valimoperaatoreid ning Kantorovichi-tüüpi valimoperaatoreid, nende lähendusomadusi ja võimalikke rakendusi. • Uuritakse koosinusoperaatorite abil defineeritud valimoperaatoreid, nende lähendusomadusi ja võimalikke rakendusi. • Uuritakse valimoperaatorite ja nende tuletiste rakendusi signaalitöötuses. • Uuritakse lähendusteooria tulemuste kasutamise võimalusi süvaõppes Uurimisrühma poolt saadud tulemused on rakendatavad krüptograafias, pilditöötuse tarkvara väljatöötamisel, signaalitöötuse ja IoT riist- ja tarkvara väljatöötamisel.

Rühma ülevaade inglise keeles

The main directions of research are as follows: • Studying geometry of positive definite quadratic forms over number fields. • Studying applications of geometry of quadratic forms in cryptography. • Studying the generalized Shannon sampling operators and Kantorovich-type sampling operators, their approximation properties and possible applications. • Studying sampling operators, defined using cosine operator framework, their approximation properties and possible applications. • Studying applications of the sampling operators and their derivatives in Signal Processing. • Studying possibilities of applying our approximation-theoretic results in deep learning.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1483 Innovatiivne impedantsspektroskoopia: lahendused ja rakendused 2022 - 2026
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/20b4b90e-32cc-4470-a45c-f0cacc3edcef>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Kivinukk, Andi; Tamberg, Gert (2024). A note on the cosine operator function for Mellin sampling series. *Sampling Theory Signal Processing and Data Analysis*, 22 (1), 7. DOI: 10.1007/s43670-023-00081-7. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/370e312e-7447-421f-a494-1a4cc7e371d7>

Lotamõis, Kristina; Uuetoa, Tiina; Krivošei, Andrei; Annus, Paul; Metshein, Margus; Rist, Marek; Margus, Sulev; Min, Mart; Tamberg, Gert (2025). An Analysis of Arterial Pulse Wave Time Features and Pulse Wave Velocity Calculations Based on Radial Electrical Bioimpedance Waveforms in Patients Scheduled for Coronary Catheterization. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 12 (7), #237. DOI: 10.3390/jcdd12070237.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/319f6526-14fb-4d10-b934-0977fcee5d>

Kivinukk, Andi; Tamberg, Gert (2023). On generalized Shannon sampling operators in the cosine operator function framework. In: Stephen D. Casey, M. Maurice Dodson, Paulo J. S. G. Ferreira, Ahmed Zayed (Ed.). *Sampling, Approximation, and Signal Analysis: Harmonic Analysis in the Spirit of J. Rowland Higgins*. (39–68). Birkhäuser Cham. (Applied and Numerical Harmonic Analysis). DOI: 10.1007/978-3-031-41130-4_3. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/856fa15f-f0a0-44b3-abec-9b3c77db4cdf>

Porter, Christian; Leibak, Alar (2025). On Pisot units and the fundamental domain of Galois extensions of \mathbb{Q} . *Journal of Algebra*, 662, 288–306. DOI: 10.1016/j.jalgebra.2024.07.041.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0e00f71a-b41b-4d74-84d5-d84654c5d09a>

Leibak, A. (2023). On the number of factorizations of $t \bmod N$ and the probability distribution of Diffie-Hellman secret keys for many users. *Advances in Mathematics of Communications*, 17 (4), 920–927. DOI: 10.3934/amc.2021029. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/081c32bb-c4f6-466c-b4a3-845ae7983189>

Leibak, Alar; Porter, Christian; Ling, Cong (2023). Unit Reducible Fields and Perfect Unary Forms. *Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux*, 35 (3), 867–895. DOI: 10.5802/jtnb.1267.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/db5335ab-2153-4620-a474-2d3ac376ee95>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

On uuritud valimoperaatorite rakendusi meditsiinitehnikas. Vastavasisuline uurimistööst jätkub. Uuriti Kantorovichi-tüüpi valimoperaatorite rakendamist tuletiste esitamisel. Uurisime Mellini-tüüpi valimoperaatoreid. On alustatud valimoperaatorite rakendusvõimaluste uurimist õpialalüütikas. Erialgsed tulemused on esitatud konverentsil INTED2025.

Inglise keeles

We studied some applications of sampling operators in Medical Technologies. We study the use of Kantorovich sampling operators for representation of derivatives. We study Mellin sampling operators. We started studies of possible applications of sampling operators in Learning Analytics. The preliminary results were presented on conference INTED2024.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Rühma TA tulemusi võib kasutada efektiivsemate sidemeetodite väljatöötamisel, signaaltöötuse optimeerimisel jne. Võimalikud on rakendused näiteks meditsiinitehnikas.

Inglise keeles

The results can be applied for introducing more effective communication methods, more optimal signal processing algorithms etc. Possible applications are also in medical signal processing.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

-

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Signaali- ja pilditöötlus. Krüptograafia.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Eelkõige signaalitöötuse algoritmide loomine erinevate praktiliste rakenduste jaoks.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 1.1 Matemaatika
- 1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCSi teaduserialad:

- P140 Jadad, Fourier analüüs, funktsionaalanalüüs
- P120 Arvuteooria, väljateooria, algebraline geomeetria, algebra, rühmateooria

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

-

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

Gert Tamberg:

IEEE SP/CAS/SSC liit-chapter'i juht Eesti seksioonis;

SIAMi pildinduse tegevusgrupi liige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Aalto University, Department of Mathematics and Systems Analysis
- Research Italian network on Approximation (RITA) võrgustik, Itaalia
- Imperial College London, Electrical and Electronic Engineering Department; Department of Mathematics and Computer Science, University of Perugia, Itaalia

Eesti partnerid:

- Tallinna Ülikool, Digitehnoloogiate instituut.
- TalTech, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut.
- TTK, Kõrgkoolididaktika töörühm

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Rühma liikmed on rühma tulemusi tutvustanud Eesti Matemaatika Päevadel ning Eesti IEEE seksiooni üritustel.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

-

Rahvusvahelised:

-

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

-

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/kuberneetika-uurimisruhmad>

Inglise keeles

6 Pöördülesanded ja stohhastilised meetodid

Uurimisrühma juht

Jaan Janno, täisprofessor tenuuris, jaan.janno@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jaan Janno, Teaduste kandidaat, täisprofessor tenuuris

Lassi Juhani Päivärinta, Doktor, juhtivteadur

Margus Pihlak, Doktor, dotsent

Emilia Blåsten, Doktor, teadur

Nataliia Kinash, Doktor, insener

Hany Hilal Yewakiem Gerges, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

pöördülesanded; murruline difusioon ja lainelevi; hajuvus- ja pöördhajuvus; mitteparameetriline statistika

Inglise keeles

inverse problems; fractional diffusion and wave motion; direct and inverse scattering; nonparametric statistics

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Peamised uurimissuunad: • Pöördülesanded murrulisi tuletisi sisaldavatele võrranditele. Uuritakse pöördülesandeid lineaarsetele ja mittelineaarsetele murruliste tuletistega diferentsiaalvõrranditele. Ülesannetes on otsitavateks suurusteks koefitsiendid, allikafunktsioonid ja üldistatud murrulistes tuletistes sisaduvad tuumad. Taolised ülesanded tekivad difusiooni ja mehaaniliste protsesside modelleerimisel poorsetes, fraktaalsetes ja bioloogilistes keskkondades. Käsitletakse nii teoreetilisi aspekte kui ka lahendusmeetodeid. • Hajumise otsesed ja pöördülesanded singulaarsetes ja mittlokaalsetes keskkondades. Teostatakse uuringuid elektromagnetilise ja akustilise hajumise ja pöördhajumise alal singulaarsusi ja mittlokaalsusi sisaldavates keskkondades. Arendatakse multipoolsete antennide matemaatilist teooriat. Seda suunda täiendavad uuringud signaalitötluse alal, mis baseeruvad modernsetel numbrilistel meetoditel suureskaalaliste pöördülesannete jaoks. Uuritakse pöördülesandeid mittlokaalsete omadustega keskkondades sisalduvate mittehomogeensuste määramiseks rajapindadel mõõdetud hajunud lainete baasil. • Mitteparameetriliste statistiliste meetodite väljatöötamine. Arendatakse mitteparameetriliste statistiliste meetodite aluseks olevat matemaatilist aparatuuri ja rakendatakse neid meetodeid keskkonna- ja ehitustehnikas.

Rühma ülevaade inglise keeles

The main directions of research are: • Inverse problems for equations containing fractional derivatives. Inverse problems for linear and nonlinear fractional differential equations are studied. The unknowns to be determined are coefficients, source terms and kernels of generalized fractional time derivatives. Such problems occur in modelling of diffusion and mechanical processes in porous, fractal and biological media. The research is focused on both theoretical aspects and elaboration of numerical methods. • Direct and inverse scattering in singular and nonlocal media. Electromagnetic and acoustic direct and inverse scattering in media with singularities or non-local features is studied. Mathematical theory of tripole and more general multipole antennas is developed. This branch is complemented by a development of new signal processing on state-of-the-art computational methods for large-scale inverse problems. Inverse problems to reconstruct inhomogeneities of media with non-local properties by means of measurements of scattered acoustic waves at boundaries are investigated. • Elaboration of nonparametric statistical methods. The theory of nonparametric statistical methods is developed and these methods are applied in environmental and building engineering.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Gerges, Hany; Janno, Jaan (2025). Inverse problem to determine simultaneously several scalar parameters and a time-dependent source term in a superdiffusion equation involving a multiterm fractional Laplacian. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 28, 2395–2420. DOI: 10.1007/s13540-025-00437-x. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d871c8a0-2410-47ae-9152-5eed1d42fa1b>

Janno, J. (2025). Inverse Problems for Simultaneous Determination of Source Terms and Several Scalar Parameters of Fractional Diffusion Equations. In: *Inverse Problems: Modelling and Simulation: Extended Abstracts of the IPMS Conference 2024*. (167–173). Birkhäuser. (Trends in Mathematics; 11). DOI: 10.1007/978-3-031-87213-6_21. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/45d4de88-3714-43be-b80f-39bf74585e33>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

On tõestatud parameetrite ja ajast sõltuvate allikafunktsioonide määramise pöördülesannete lahendite ühesus murrulistes superdiffusioonivõrrandites (murrulistes lainevõrrandites) juhul, kui võrrandid sisaldavad jaotatud murrulist Laplace'i operaatorit. Esimesel juhul toimuvad mõõtmised ajavahemikus, mis langeb kokku tundmatu allikafunktsiooni kandjaga. Sel juhul sisaldab parameetrite hulk mitme-liikmelist murrulist Laplace'i operaatorit. Teisel juhul järgneb mõõtmise intervall allikafunktsiooni kandjale teatava vahega. Siis sisaldab parameetrite hulk üldist jaotatud murrulist Laplace'i operaatorit üle Stiltjesi mõõdu.

On rakendatud Bayesi meetodit fluorestsentsi mõõtmise tulemuste analüüsimisel

(koostöös Süsteemibioloogia uurimisrühmaga).

Inglise keeles

Uniqueness for inverse problems to determine simultaneously parameters and time-dependent factors of source terms in fractional superdiffusion equations (fractional wave equations) containing distributed fractional Laplacians was proved in two cases. In the first case, the measurement time interval and support of the unknown source coincide. Then the set of unknown parameters include a multiterm fractional Laplacian. In the second case, the measurement interval follows the support of the unknown source after a lap. Then the set of parameters include a more general distributed fractional Laplacian over a Stiltjes measure.

Bayesian approach was developed to analyze fluorescence data in biology (in cooperation with Systems Biology group).

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Luuakse matemaatilist teooriat, mida saab kasutada antennide ja antennisüsteemide erendamisel ja anomaalsete difusiooniprotsesside modelleerimisel bioloogias, inseneriteadustes jm. Arendatakse statistika meetodeid, mida saab rakendada nt keskkonnatehnoloogias, ehituses ja meditsiinis ja bioloogias.

Inglise keeles

Mathematical theory that can be used for development of antennas and antenna systems and modelling of anomalous diffusion processes in biology, engineering sciences etc. is developed. Statistical methods that can be used e.g. in environmental and civil engineering, medicine and biology is developed.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.1 Matemaatika

CERCSi teaduserialad:

P130 Funktsioonid, diferentsiaalvõrrandid

P160 Statistika, operatsioonanalüüs, programmeerimine, finants- ja kindlustusmatemaatika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Jaan Janno on ECMI (European Consortium for Mathematics in Industry) nõukogu liige.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Aix-Marseille' Ülikool, Yavar Kian
- Helsingi Ülikool, Petri Ola
-

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Populaarteaduslik artikkel ECMI kodulehel:

<https://ecmiindmath.org/2023/10/18/new-results-in-inverse-scattering-from-planar-screens/>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/kuberneetika-uurimisruhmad>

Inglise keeles

7 Süsteemibioloogia

Uurimisrühma juht

Marko Vendelin, täisprofessor tenuuris, marko.vendelin@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Marko Vendelin, Doktor, täisprofessor tenuuris
Rikke Birkedal Nielsen, Doktor, vanemteadur
Mari Kalda-Kroon, Doktor, teadur
Martin Laasmaa, Doktor, nooremprofessor
Jelena Branovets, Doktor, teadur
Romain Jacques Elie Bernasconi, Magister, doktorant-nooremteadur
Hamed Karimi, Magister, doktorant-nooremteadur
Irina Česnokova, Magister, doktorant-nooremteadur
Lucia Jaska, Magister, doktorant-nooremteadur
Divya Shikha, Magister, doktorant-nooremteadur
Otto Gustavson, Magister, doktorant-nooremteadur
Maike Mona Širinov, Magister, doktorant-nooremteadur
Kärol Soodla, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

süda; biofüüsika; bioenergeetika; elektrofüsioloogia; biomehaanika; rakusisene difusioon; fluorestsentsmikroskoopia; fluorestsentsi korrelatsioonispektroskoopia

Inglise keeles

heart; biophysics; bioenergetics; electrophysiology; biomechanics; intracellular diffusion; fluorescence microscopy; fluorescence correlation spectroscopy

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Süsteemibioloogia laboratoorium tegutseb biofüüsika ning bioenergeetika vallas, keskendudes südamerakus toimuvate protsesside uurimisele. Kasutades nii eksperimentaaltööd kui matemaatilist modelleerimist uuritakse rakusisest kompartmentatsiooni ning difusioonitakistusi ning nende mõju rakuenergeetikale; mitokondrite funktsionaalse struktuuri mõju rakuhingamisele; energia ülekande mehhanisme rakkudes ning südameraku mehaanika ning energeetika omavaheline seost. Südamelihaskrakus on kirjeldatud kaht tüüpi difusioonitakistusi, mis arvatavalt mängivad suurt rolli energia ülekandes, signaliseerimises, apoptootiliste faktorite ja reaktiivsete hapniku radikaalide jaotuses. Oma uuringutes keskendume nende difusioonitakistuste rolli määramisele nii terves südames kui ka patoloogilistes tingimustes. Selleks on kasutusel muundatud rakuenergeetika süsteemiga geenmuundatud hiireliin, mis võimaldab meil hinnata erinevate ioonide ja molekulide voogude mõju ja ka selle kaudu difusioonitakistuste rolli südamerakkudes. Kasutades eelpool mainitud hiiri, näitasime kuidas rakuenergeetikas olulise metaboliidi (kreatiini) puuduslikkus viib rakusiseste kohanemisteni nii energiaülekandesüsteemides kui ka kaltsiumi signaliseerimises. Antud uuringud on baasiks rühmagrandi projektile, mis

keskendub erinevate protsesside interaktsioonide uurimisele südamelihaskus. 2022. aastal keskendusime uute katseprotokollide väljatöötamisele. Uurimisrühma väljundiks on ka vabatarkvara arendamine rühmas väljatöötatud analüüsitehnikatele nagu näiteks bioloogiliste protsesside kineetika katseandme sisestus- ja töötlusplatform, dekonvolutsioon konfokaal mikroskoopia piltide parendamiseks, sarkomeeri pikkuse reaajas määramise algoritm. 2022. aastal arendasime tarkvara geelelektroforeesi tulemuste analüüsiks. Tarkvara on kavas avaldada 2023. aasta alguses.

Rühma ülevaade inglise keeles

In the Laboratory of Systems Biology, we use interdisciplinary approaches to tackle questions in cardiac physiology. Our team consists of researchers with backgrounds in biophysics, biology, and applied mathematics/physics. As a result, we are able to approach scientific questions on different scales, from organ to molecular level, using combinations of different experimental and theoretical techniques by focusing on quantitative analysis of the data. We study diffusion in cardiomyocytes by tracking the movement of fluorescent molecules using extended raster image correlation spectroscopy. Our results suggest that diffusion barriers are arranged in a 3D lattice with relatively small openings. Based on the analysis of autofluorescence response, we demonstrated that mitochondrial outer membrane and cytosolic diffusion barriers reduce the movement of molecules to a similar extent. We study effects of creatine deficiency to establish the role of creatine kinase shuttle in the heart. In the research papers published this year, we demonstrated how creatine deficiency leads to intracellular adaptations in terms of alternative energy transfer systems changes and an impact on calcium handling of cardiomyocytes. These studies form a basis for our current line of research on interactions between processes in cardiomyocytes. We have been active in the development of new techniques and distribute them as open-source tools: deconvolution software for enhancing confocal imaging, symbolic flux analysis for genome-scale metabolic networks, and real-time sarcomere length estimation techniques. In 2022, we developed a new software for analysis of gel electrophoresis images.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1127 Energia ülekande kompartmentaliseeritud südamelihase rakkudes: ümber kujunenud energia ülekande mõju mitokondritele, kontraktiilsusele, elektromehaanilisele sidestusele ja kogu südame jõudlusele 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0feba0bb-dc78-4a5f-9114-e53651f19927>

PSG832 Kaltsiumi signaaliülekande roll mitokondrite ja sarkoplasmaatilise retikulumi vahel sünnijärgse arengu ajal ja südamehaiguste korral 2023 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/7e415f84-1253-4cd9-88e1-f1729713dcaf>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Bernasconi, R.; Soodla, K.; Sirp, A.; Zovo, K.; Kuhtinskaja, M.; Lukk, T.; Vendelin, M.; Birkedal, R. (2025). Higher AMPK activation in mouse oxidative compared with glycolytic muscle does not correlate with LKB1 or CaMKKb expression. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 328, 1, E21–E33. DOI: 10.1152/ajpendo.00261.2024.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/c041619b-7015-44e7-ad2e-10d2025d0c1c>

Branovets, Jelena; Laasmaa, Martin; Stolova, Jekaterina; Shen, Xin; Ratsepso, Triinu; Bernasconi, Romain; Soodla, Karol; Balodis, Mihkel Jaan; Grahv, Carolin; Hendrikson, Eliise; Louch, William Edward; Birkedal, Rikke; Vendelin, Marko (2025). Lifelong creatine deficiency leads to augmented sarcoplasmic reticulum calcium release but not heart failure. *AJP Heart and Circulatory Physiology*, 329 (2), H471–H489. DOI: 10.1152/ajpheart.00106.2025.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d02483bc-153d-46bc-86bf-47eda5f45e2f>

Karimi, Hamed; Laasmaa, Martin; Pihlak, Margus; Vendelin, Marko (2025). Statistical Analysis of Fluorescence Intensity Transients with Bayesian Methods. *Science Advances* [ilmumas].

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a0e935fc-293f-4deb-8770-c8ae5a9d7b3b>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025. aastal uuris süsteemibioloogia laboratoorium südamelihasku energiavahetuse ja regulatsiooni kohanemismehhanisme ning rakusisese ruumilise organiseerituse rolli raku talitluses. Geenmuundatud kreatiini puudulike hiirte mudelil näidati, et pikaajaline kreatiini puudulikkus ei vii südamelihase puudulikkuseni, vaid kutsub esile ulatuslikud rakusised kohanemised, eeskätt kaltsiumi dünaamikas. Tulemused viitavad, et energiasüsteemi häired võivad mõjutada ka protsesse, mis ise otseselt energiat ei tarbi.

Lisaks töötati välja uus statistiliselt korrektne meetod molekulide liikumise kvantitatiivseks analüüsiks elusrakkudes, mis võimaldab senisest kiiremaid ja usaldusväärsemaid hinnanguid rakusisese difusiooni ja kompartmentatsiooni kohta. Meetod parandab oluliselt eksperimentaalsete andmete tõlgendatavust ning loob uusi võimalusi südamelihaskude ja teiste bioloogiliste süsteemide uurimiseks.

Samuti näidati, et raku metaboolse regulaatori AMPK aktiivsus sõltub lihase funktsioonist ning rakusisestest mikrodomäänidest, mitte üksnes ensüümi üldisest tasemest. See toob esile rakusisese ruumilise heterogeensuse keskse rolli ainevahetuse regulatsioonis ja loob aluse edasisteks uuringuteks metaboolsete haiguste kontekstis.

Inglise keeles

In 2025, the Laboratory of Systems Biology investigated adaptive mechanisms of energy metabolism and regulation in cardiomyocytes, with a particular focus on

the role of intracellular spatial organization in cellular function. Using a genetically modified mouse model with creatine deficiency, it was shown that lifelong creatine deficiency does not lead to heart failure but instead induces extensive intracellular adaptations, most notably in calcium dynamics. These results indicate that disturbances in cellular energy systems can significantly affect processes that do not directly consume energy.

In addition, a new statistically robust method was developed for the quantitative analysis of molecular motion in living cells, enabling faster and more reliable assessment of intracellular diffusion and compartmentation. This approach substantially improves the interpretability of experimental data and opens new possibilities for studying cardiomyocytes and other biological systems.

Furthermore, it was demonstrated that the activity of the metabolic regulator AMPK depends on muscle function and intracellular microdomains rather than solely on total enzyme abundance. This highlights the central role of intracellular spatial heterogeneity in the regulation of cellular metabolism and provides a basis for further studies in the context of metabolic diseases.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Südame- ja veresoonkonna haigused põhjustavad enam kui 40% kõigist surmajuhtumitest ELis, mistõttu on selle valdkonna teadusuuringud väga olulised. Meie avaldatud tööd on keskendunud südame füsioloogia aspektidele k.a. sooliste erinevustele. Tulemused mitte ainult ei süvenda arusaamist, vaid avavad ka paljutõotavaid võimalusi personaliseeritud, soospetsiifilisteks lähenemisviisideks südame ravimisel.

Lisaks oma teadusuuringutele arendame avatud lähtekoodiga teadustarkvara.

Inglise keeles

Cardiovascular disease causes more than 40% of all deaths in the EU, making research in this area vital. Our published work has focused on different aspects of cardiac physiology including sex differences. The results not only deepen understanding, but also open up promising avenues for personalized, sex-specific approaches to heart treatment.

In addition to our research, we develop open source scientific software.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

* Valgusmikroskoopia, eksperimentaalne töö ja andmete töötlus ning analüüs

* konfokaalmikroskoopia

* super-resolutsiooni mikroskoopia

* fluorestsentsmikroskoopia

* fluorestsentskorrelatsioonispektroskoopia

* Bioenergeetika alased mõõtmised

* Elektrofüsioloogia, patch clamp

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.6 Bioteadused

CERCSi teaduserialad:

B130 Füsioloogiline biofüüsika

B470 Füsioloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kolleksioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

* Fluorestsentskorrelatsioonispektroskoopiale optimeeritud konfokaalmikroskoop

* Kaks fluorestsentsmikroskoopi, mis võimaldavad reaalajas elusrakkude mõõtmisi ja manipuleerimist

* Super-resolutsiooni mikroskoopia

* Elektrofüsioloogia

* Respiromeetria

* Spektrofotomeer

* Isoleeritud töötava südame süsteem

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

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- University of Oslo, Norway, Institute for Experimental Medical Research, William Edward Louch
-
-

Eesti partnerid:

- TalTech, Department of Chemistry and Biotechnology, Aivar Lõokene
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Meie töö oli kajastatud ühes Novaatori artiklis (Kaasaaegne mikroskoopia paljastab südame soopõhised struktuurierisused) ja EurekAlert artiklis (Cutting-edge imaging unravels sex-specific structural variations in the heart).

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://sysbio.ioc.ee>

Inglise keeles

<https://sysbio.ioc.ee>

8 PERSPECTIVE MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Uurimisrühma juht

Svetlana Polivtseva, teadur, svetlana.polivtseva@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Svetlana Polivtseva, Doktor, teadur
Samuel Amankwaa, , Early stage Researcher
Mihhail Klopov, Teaduste kandidaat, dotsent

Võtmesõnad

Eesti keeles

Funktsionaalsed materjalid; metallkalkogeniidid; poorsed raamistikud

Inglise keeles

Functional materials; metal chalcogenides; porous frameworks

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Käesolev teadustöö keskendub nanomaterjalide sünteesile ja sünteesijärgsele modifitseerimisele, metallkalkogeniidmaatriksite ja orgaaniliste ning anorgaaniliste poorsete struktuuride seadmepõhise funktsionaalsuse arendamiseks.

Esimene suund: Kationsete või anioonsete alavõrede sünteesijärgne modifitseerimine võimaldab olulisel määral või isegi täielikult muuta metallkalkogeniidmaatriksite optoelektronilisi omadusi, andes neile murrangulise tähtsusega funktsionaalsuse, mille sarnast pole võimalik saavutada sünteesi käigus. Sõltuvalt arendatavate materjalide vormist on meil rakenduste leidmisel mänguruumi, näiteks õhukeste kilede või nanostruktuuride puhul. Modifitseeritud või täielikult muundatud õhukesi kihte saab integreerida sensoritesse, energiat säästvatesse akendesse või isegi nähtava valguse käes antibakteriaalselt toimivatesse katetesse.

Sobiva koostise ja ehitusega nanostruktuure saab kasutada haavade paranemist soodustavates plaastrites. Metallkalkogeniidmaatriksite optoelektronilised ja termoelektrilised omadused sõltuvad palju kristallstruktuurist, elementkoostisest ja defektide keemiast, mida saab mõjutada juhitud kompleksatsiooni ja lahuse teadliku füüsikaliste ja keemiliste tingimuste kontrollimisega reaktoris (anumas). Oleme arendanud oma lähenemise õhukeste kilede skaalal keemiliste maatriksite sünteesimiseks ja kiiresti läbiviidavaid protsesse nende täiesti uuteks materjalideks muutmiseks.

Teine suund: Orgaaniliste poorsete struktuuride sünteesijärgne modifitseerimine

läbi pehme oksüdeerimise ja anorgaaniliste kiudude pindmisele kihile kindlate funktsionaalsete rühmade konstrueerimine muudab nad biomeditsiini, keskkonna või ka tööstuse rakenduste jaoks sobivaks. Lõppeesmärgiks on luua nanofiltratsioonisüsteem, mis eemaldaks tõhusalt mitmekesise koostisega vesilahustest raske- ja väärismetalle.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research focuses on nanomaterials' synthetic/post-synthetic modification to develop device-orientated functionality in metal chalcogenide matrices and organic/inorganic porous structures.

Direction 1: Post-synthetic modifications introduced into either cation or anion sublattices can significantly adjust or completely change the optoelectronic properties of pristine metal chalcogenide matrices, providing them with groundbreaking functionality unavailable through direct synthetic approaches. We can play around the applicability direction depending on the form of developed materials, such as thin films or nanostructures. Modified or completely inverted thin films can be integrated into sensors, energy-saving windows, or even used to create effective antibacterial coatings under visible light illumination.

Nanosized structures with suitable structural and compositional characteristics can be used for wound-healing patches. Optoelectronic and thermoelectric properties of metal chalcogenide matrices heavily depend on crystal structure, elemental composition, and defect chemistry, which can be regulated using target complexation and solution rationalization in a chemical reactor (vessel). The group has developed its approach to synthesizing pristine matrices and transforming them into entirely new materials on the scale of thin films with a rapid processing rate.

Direction 2: Post-synthetic modification of organic porous structures via mild oxidation or inorganic fibers via engineering certain functional groups on the surface makes them compatible with biomedical, environmental, or industrial applications. Ultimately, we aim to create a nanofiltration system that efficiently extracts heavy and noble metal species from complex aqueous media.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PSG813 Filtermaterjalid uriini joogiveeks muutmiseks 2023 - 2027

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3d0b56fb-309d-4f84-a6ac-0a1aff00c5a5>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Amankwaa, Samuel; Prokofiev, Jaan; Belikov, Juri; Srivastava, Varsha; Ivask, Angela; Nefedova, Alexandra; Zhou, Bo; Liu, Mengxi; Polivtseva, Svetlana (2025). Smart Water, Smart Models: Algorithmic Assessment of Water Quality under Evolving Chemical and Industrial Stressors. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/9ec09ebe-5fd4-4d34-b9d1-9126106957e3>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025 aasta peamised saavutused

- Välja töötati kulutõhusad sünteesitehnoloogiad väärismetallidest nanostruktuuride jaoks, sealhulgas nanoosakesed ja metallraamid Cu, Ag, Au ja Pt baasil, kusjuures töö suurendamine tööstuslikule skaalale on praegu käimas.
- Loodi nanofiltratsioonimembraanid, mis sisaldavad poorseid orgaanilisi polümeere ja millel on kõrge efektiivsus orgaaniliste saasteainete ja lahustunud metalli liikide adsorptsioonil ja eraldamisel veetöötamise kontekstis.
- Tugevdati teadustaristut ja võrgustike võimekust, suurendades juurdepääsu eksperimentaalsetele seadmetele ja strateegilistele koostöödele, mis otseselt toetavad käimasolevaid ja tulevase uurimistegevusi.

Inglise keeles

2025 KEY ACHIEVEMENTS

- * DEVELOPED COST-EFFICIENT SYNTHETIC TECHNOLOGIES FOR NOBLE-METAL NANOSTRUCTURES, INCLUDING NANOPARTICLES AND METALLIC FRAMEWORKS BASED ON CU, AG, AU, AND PT, WITH UPSCALING ACTIVITIES CURRENTLY IN PROGRESS.
- * ESTABLISHED NANOFILTRATION MEMBRANES INCORPORATING POROUS ORGANIC POLYMERS THAT SHOW HIGH EFFICIENCY FOR ADSORPTION AND SEPARATION OF ORGANIC POLLUTANTS AND DISSOLVED METAL SPECIES IN WATER TREATMENT CONTEXTS.
- * STRENGTHENED RESEARCH INFRASTRUCTURE AND NETWORKING CAPACITY, EXPANDING ACCESS TO EXPERIMENTAL FACILITIES AND STRATEGIC COLLABORATIONS THAT DIRECTLY SUPPORT ONGOING AND FUTURE RESEARCH ACTIVITIES.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Uurimistöö aitab kaasa kohalike ressursside, nagu vesi ja mitmesugused jäätmed, väärtustamisele. Uuring on kooskõlas säästva arengu ja puhta vee kättesaadavusega. Samuti pakub see uudseid materjale ja loob tööstuslikke võimalusi tulevikuühiskonnale.

Inglise keeles

The research topics contribute to the valorization of local resources such as water and various waste materials. The research is in line with sustainable development and clean water availability. It also provides novel materials and creates industrial opportunities for the future society.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
-

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

1.4 Keemiateadused

CERCSi teaduserialad:

T150 Materjalitehnoloogia

T155 Pinded ja pinnatehnoloogia

T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Olemasolev infrastruktuur võimaldab sünteesida ülitõhusaid materjale ja integreerida need uuenduslikesse seadmed.

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

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Oulu Ülikool
- Utrecht University
-

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Loodus- ja täppisteaduste valdkond, molekulaar- ja rakubioloogia instituut
- Virumaa kolledž
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

[Uurimisrühma veebilehe aadress](#)

Eesti keeles

Inglise keeles

9 Spin Design teaduslabor

Uurimisrühma juht

Ago Samoson, juhtivteadur, ago.samoson@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Ago Samoson, Teaduste kandidaat, juhtivteadur

Meelis Rohtmäe, Keskeri, tehnik

Kalju Vanatalu, Doktor, teadur

Liisi Karlep, Magister, insener

Mai-Liis Org, Bakalaureus, insener

Ats Kaldma, Magister, spetsialist

Raiker Witter, Doktor, teadur

Neeme Danziger, Kõrgharidus, insener

Julia Kois, Doktor, peaspetsialist

Svetlana Polivtseva, Doktor, teadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

mikromehaanika; raadioelektronika; tehniline keraamika; CAD; metaboolika; alzheimer; NMR; MAS

Inglise keeles

micromechanics; radioengineering; technical ceramics; CAD; Alzheimer; NMR; MAS; metabolomics

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Töörühm on seotud mitmete tuumamagnetresonants (NMR) valdkonna probleempunktide lahendamise ja meditsiinis, ökoloogias kui ka uudsetes interdistsiplinaarsetes valdkondades, võtmeks on NMR tehnoloogia ja metaboolse diagnostika arendamine. Uurimisrühma poolt eelnevatel aastatel välja arendatud rotatsioonitehnoloogia on avanud tehniliselt uued struktuuranalüüsi võimalused tänu H-tuumade spektrijoonte laiuse drastilisele vähenemisele. Nende võimaluste tegelikuks realiseerimiseks on vaja vastavalt välja töötada ka impulssjärjestused ja polaristatsiooniülekanalid, sealhulgas lahutuse täiendav tõstmine suurte pöörlemiskiirustel. Oleme alustanud ka elektronresonantsi ja mitmeteljelise pöörlemise arendust. Tähtsamad tulemused: Koostöös partneritega Lätis, Taiwanil ja Poolas uurime optimaalseid mitmedimensionaalse lahutuse saamise meetodeid ni 15N-1H kui 1H-metüül-1H-amiid süsteemides.

Rühma ülevaade inglise keeles

NMR is a remarkably universal analytical method since essential spin interactions can be reliably calculated. The spectra allow in principle a 3D reproduction of the entire spin system and associated atoms/molecules, even a dynamics of it, given sufficient resolution and sensitivity. The group develops

NMR sensors-probeheads, notably to use the most sensitive nuclei-hydrogens, in locally viscous and solid environment. The most critical feature is rapid sample spinning. We were the first to reach rates beyond 120 kHz, getting presently over 150 kHz, which facilitates a practical inverse detection in solid state NMR. The immediate sensitivity increase is two orders of magnitude. The technology is applied in contemporary priority areas: biomedical research and development of F-ion batteries as a safer and more potent alternative for Li-based energy storage. The related key competences comprise CAD/CAM design, RF circuit modelling, technical ceramics processing and micro-machining. Most important results: Due to our development of MAS NMR technology we succeeded for the first time to record correlated dispersions of the chemical shifts of ^1H and ^{13}C in solids. This enabled resolution of crystalline and amorphous fractions of the wood cellulose.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1832 Vesiniku NMR tahkises ja komplementaarsed rakendused 2023 - 2027

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/469e54d5-0fa8-4213-a18e-ddceee475142>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Tegime suure hüppe NMR tehnoloogias: reaalsuseks sai proovi pöörlemiskiirus üle 250, isegi üle 300 kHz. Täpsemalt 320, mis ületab 10% helibarjääri.

Muudel teemadel- metaboloomika ja energiasalvestus, oli areng kvantitatiivne.

Publitseerida midagi ei jõudnud, küll aga organiseerisime Baltimaade esimeses magnetresonantsi konverentsi. 40 osavõtjat (ka Rootsist ja UK-st) tutvustasid oma teemasid, aparatuuri ja koostöövõimalusi.

Inglise keeles

We made a big leap in NMR technology: sample rotation speeds over 250, even over 300 kHz became a reality. More precisely, 320, which exceeds the sound barrier by 10%. In other topics - metabolomics and energy storage, the development was quantitative. We did not manage to publish anything, but we did organize the first magnetic resonance conference in the Baltics. 40 participants (also from Sweden and the UK) introduced their topics, equipment and cooperation opportunities.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Kuigi 320 kHz saavutati mõõttudelt väga väikse rootoriga, on see gigantne hüpe inimkonnale. NMR rakendatavus katab nüüd väga olulised vesiniku aatomite spinsüsteemid.

Inglise keeles

Although 320 kHz was achieved with a very small rotor, it is a giant leap for mankind. The applicability of NMR now covers the very important spin systems of hydrogen atoms.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 1.3 Füüsikateadused
- 2.3 Mehaanika / masinaehitus

CERCSi teaduserialad:

- P300 Analüütiline keemia
- B725 Diagnostika
- T110 Instrumentatsioonitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

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

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

-
-
-

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/kuberneetika-uurimisruhmad>

Inglise keeles