

Tartu Ülikool LT valdkonna doktoriprojektid 2017 — Teemad & Annotatsioonid

Tartu University Faculty of Science and Technology PhD projects 2017 — Topics & Abstracts

26. mai 2017. a.

Eeldame ca 84 uue doktoriprojekti avamist.

Siin esimese ja teise vastuvõtuperioodi projektid. Mitte päris kõik ei ole hetkel avatud kandideerimiseks riigi eelarvelisel kohal. Kandideerimiseks avatud projektid on lehel: www.ut.ee/sisseastumine/dok/oppekavad

We expect to open ca 84 new PhD positions.

Here are projects for the first and second admission period. Not all of the listed projects are opened under the state supported program. To apply for the state supported projects, please visit: www.ut.ee/en/admissions/doctoral-studies

Sisukord

1 Arvutiteaduse instituut / Institute of Computer Science	10
1.1 Vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursused Eestis. Massive open online courses in programming: the Case of Estonia.	10
1.2 Äriprotsesside privaatsusanalüüs. Business Process Privacy Analysis and Optimization.	11
1.3 Multi-Perspective Declarative Process Mining.	12
1.4 Privaatsust säilitavad paralleelarvutused. Parallel privacy preserving computations.	12
1.5 Praktilisemad protokollid kvantkrüptograafiliseks positsiooniverifitseerimiseks. Practical protocols for quantum position verification.	13
1.6 Sügavad neurovõrgud mikroskoopia andmete modelleerimiseks. Deep neural networks for microscopy images.	14

1.7	Turvalised e-valimised. Secure E-Voting.	15
1.8	Ansambel-õpe kontekstimuutuste korral. Ensemble learning under context changes.	16
1.9	Privaatsust säilitavad masinõppe algoritmid. Privacy-preserving machine learning algorithms.	17
1.10	Sügavate tehisnärvivõrkude energiamaastike iseloomustamine. Climbing out of holes: Characterizing energy landscapes of deep neural networks.	18
1.11	Rule-Based Process Model Repair.	19
1.12	Usaldusväarsuse ennustamine neuromasintõlkes. Quality Estimation in Neural Machine Translation.	20
1.13	Andmeteaduse lahendustest väärtuse loomiseni äris — meetodid jaepanganduses. From Data Science Solutions to Business Value Creation — Methods in Retail Banking.	21
1.14	Sügav innustusõpe mitme tehisagendiga ülesannetes. Deep reinforcement learning for multiagent tasks.	22
1.15	Sublineaarsed vrgalgoritmid mitteklassikalistes mudelites. Sublinear network algorithms beyond the classical models.	23
1.16	Privaatsusteadlik protsessikaeve. Privacy-aware Process Mining.	24
2	Füüsika instituut / Institute of Physics	25
2.1	Bigravitatsiooni ja tema laienduste fenomenoloogia ja geomeetrilised alused. Phenomenology and geometric foundations of bigravity and its extensions.	25
2.2	Biogeensed emissioonid ja uute aerosooliosakeste teke hemiboreaalse metsa atmosfääris. Biogenic emissions and atmospheric new particle formation in hemiboreal forest.	26
2.3	Kiirguriskide optimeerimine joogivee tarbimisel. Optimization of radiation protection in consumption of drinking water.	27
2.4	Joogiveetööstusest pärit NORM-jäätmete käitlemisega seotud kiirgusohutushinnangute meetodikate arendamine. Development of methodology for assessment of radiation safety for NORM disposal from drinking water industry.	27
2.5	Haruldaste muldmetallide lisandioonklastrite kvantolekute spektroskoopia fluoriidmaatriksites. Spectroscopy of quantum states of clusters of rare-earth impurity ions in fluoride hosts.	28
2.6	Magnetiliselt ja elektriliselt polariseeruvate õhukeste tahkiskihtide aatomkihtsadedus ning mikroskoopiline analüüs. Atomic layer deposition and microscopic analysis of magnetically and electrically polarizable thin solid films.	29

2.7	Lisandite mõju kiirgusdefektide tekkele ja lõõmutusele binaarsetes ning kompleksoksiidides. Impurity influence on the creation and thermal annealing of radiation defects in binary and complex oxides.	30
2.8	Fotoergastatud protsessid gaasfaasilistes ioonvedelikes ning ioonvedelik/substraat siirdekihtidel. Photoexcited processes in gaseous ionic liquids and in ionic liquid-substrate interfaces.	31
2.9	Skaleeruv süsteem satelliitide langetamiseks madalalt Maa orbiidilt. Scalable deorbiting system for satellites in LEO.	31
2.10	Esimest järku elektronõrgad kiirgusparandid polariseeritud W-bosoni hardonlagunemisele. First order electroweak radiative corrections to the hadronic decay of the W boson.	32
2.11	Kadunud barüonid ja Universumi suuremastaabiline struktuur. Missing Baryons and the Large Scale Structure of the Universe.	33
2.12	Haruldaste muldmetallide hüdriididel rajanevate nutimaterjalide esmaste printsiipide uuringud. First-principles studies on rare-earth metal-hydride-based smart materials.	34
2.13	Higgsi füüsika, inflatsioon ja tumeaine. Higgs physics, inflation and dark matter.	36
2.14	Attitude determination system for ESTCube-2 and interplanetary missions. Asendi määramise süsteem ESTCube-2 ja planeetidevaheliste missioonide jaoks.	37
2.15	Radarkaugseire rakendused põllumajanduses. Synthetic aperture radar for agricultural applications.	38
2.16	Uudse basaltkiulisanditega, ioniseeriva kiirguse varjestusomadustega betoonmaterjalide uuringud. Development of novel concrete with basalt fiber additives for shielding applications of ionizing sources.	39
3	Keemia instituut / Institute of Chemistry	40
3.1	ARC-inhibiitoritel põhinevad fotoluminescentsents-sondid proteiinkinaaside analüüsiks. ARC-based light-converting molecular devices for analysis of protein kinases.	40
3.2	Niiskusesisalduse mõõtmised teaduses ja tehnoloogias: referentsmaterjalid. Moisture measurement in science and technology: reference materials.	40
3.3	Elektrilise kaksikkihi ehitus ioonsete vedelike segudes ja energia salvestamise võimalused erinevatel elektroodidel. Electric double layer structure and energy storage characteristics of ionic liquid based systems.	41
3.4	Massiülekandeprotsesside kiiruse uurimine tahke elektrolüüdi, keemilise barjäärkihi ja elektroodi vahelistel piirpindadel. Rate of mass transfer at solid electrodes/ chemical barrier layer/ electrode interfaces.	41

3.5	Madala toksilisusega ioonsete vedelike segude karakteriseerimine arvutuskeemia meetodite abil ja süntees. Computational characterization and synthesis of low-toxicity ionic liquids mixtures.	42
3.6	Hapniku elektroredutseerumine erinevatel nanostruktuursetel metallkatalüsaatoritel. Electroreduction of oxygen on various nanostructured metal catalysts.	43
3.7	Biosensorsüsteemid patogeeni <i>Streptococcus uberis</i> määramiseks Biosensing systems for the detection of <i>Streptococcus uberis</i> bacteria	44
3.8	Hapniku elektrokatalüütiline redutseerumine mitteväärismetallkatalüsaatoritel. Electrocatalysis of oxygen reduction on non-precious metal catalysts.	45
3.9	Epigeneetiliste protsesside madalmolekulaarsed regulaatorid. Small-molecule regulators of epigenetic processes.	46
3.10	Värvi sideainete kvantitatiivne analüüs erinevate instrumentaalmeetoditega. Quantitative analysis of binding materials in paints with different instrumental techniques.	47
3.11	Molekulaarse lähenemine biokeemiliste interaktsioonide ja kõrvalmõjude modellemiseks ja uurimiseks bioloogilistes süsteemides. Molecular approach to biochemical interactions and side-effect modeling and investigation in biological systems.	49
3.12	Keemiainformaatiline lähenemine ioonsete vedelike omaduste analüüsiks ja modelleerimiseks. Chemoinformatics approach for analysing and modelling the properties of ionic liquids.	50
4	Eesti Mereinstituut / Estonian Marine Institute	51
4.1	Mitte-lineaarsed ja ajas muutuvad seosed Läänemere pelagiaalsetes ökosüsteemides. Non-linear and non-stationary relationships in the Baltic Sea pelagic ecosystems.	51
4.2	Suspensioonis olevate osakeste omaduste hindamine Pärnu jõe väljavoolu mõjualal in-situ ja satelliidi andmete põhjal. Study of suspended particles characteristics in Pärnu river ROFI, using in-situ and satellite data.	52
5	Molekulaar- ja rakubioloogia instituute / Institute of Cell and Molecular Biology	53
5.1	1. Toksiin-antitoksiin süsteemide mõju <i>Pseudomonas putida</i> kohasusele. Fitness effects of toxin-antitoxin systems in <i>Pseudomonas putida</i>	53
5.2	Variatsioonide detekteerimine inimese genoomist kasutades variandi-spetsiifilisi k-meere. Detecting variations from human genome using variant-specific k-mers.	54
5.3	Tsirkuleeriv DNA kasvajate diagnostilise ja prognostilise biomarkerina. Circulating DNA as a diagnostic and prognostic biomarker for cancer.	55

5.4	Toitumismustrid, nende geneetiline taust ja mõjud metaboolsele profiilile ning terviseriskidele TÜ Eesti Geenivaramu kohordis. Dietary patterns, their genetic and socio-demographic background, effects on metabolic profile and health indicators in the Estonian Biobank cohort.	56
5.5	Saastaineid lagundavate keskkonnabakterite evolutsioonimehhanismid. Evolution mechanisms of pollutants degrading environmental bacteria.	57
5.6	1. Ribosomi proteoomi muutused bakterirakkudes. Dynamics of ribosomal proteome in bacterial cells.	58
5.7	Irc3 valgu biokeemiliste parameetrite analüüs. Biochemical characterization of Irc3p.	58
5.8	Iidsete Lääne-Aasia mõjutuste iseloomustamine tänapäeva lõuna-aasialste geenoomides. Characterization of Ancient West Eurasian influences within the genomes of modern South Asians.	59
5.9	Genoomse konteksti spetsiifilised geneetilise diversiteedi mustrid inimesel. Investigating genomic context specific patterns of genetic diversity in human genomes.	60
6	Matemaatika ja statistika instituut / Institute of Mathematics and Statistics	61
6.1	Markovi väljade lähendamine Markovi ahelatega. Approximation of Markov random fields with Markov chains.	61
6.2	Nanotalade ja plaatide analüüs ning optimeerimine. Analysis and optimization of nano-beams and plates.	62
6.3	Kahe barjääriga ülesanded Lévy riskiprotsside korral. Two barrier problems in case of Lévy risk processes.	62
6.4	Gälbalgebrad Galbed algebras	63
6.5	3-Lie algebrad diferentsiaalgeomeetrias ja kalibratsiooniväljateooriates. 3-Lie algebras in differential geometry and gauge field theories.	64
6.6	Kvantaalide Morita ekvivalentsus. Morita equivalence of quantales.	65
7	Ökoloogia ja maateaduste instituut / Institute of Ecology and Earth Sciences	66
7.1	Maastikustruktuuri ning elurikkuse roll niitude ökosüsteemiteenuste pakkumisel Importance of landscape and biodiversity on the provision of ecosystem services in grassland ecosystems.	66
7.2	Soo- ja mageveesammaltaimede tumeda elurikkuse seosed keskkonnaga. The relations between mire and freshwater bryophytes' dark diversity with environment.	67
7.3	Seente klassi Dacrymycetes süstemaatika ja evolutsioon. Systematics and evolution of complexity in Dacrymycetes.	67

7.4	Globaalmuutused ja tume elurikkus: taksonoomiline ja funktsionaalne lähene- mine. Dark diversity dynamics linked to global change: taxonomic and functional pers- pective.	68
7.5	Taimekoosluste mükoriissete tunnuste variatsioon seoses looduslike tingimuste ja maakasutusega. Land use induced variation in mycorrhizal trait composition of plant communi- ties under different climatic and edaphic conditions.	69
7.6	Eestlaste ruumiline integratsioon Soomes Helsingi piirkonnas. Spatial integration of Estonian minority groups in Helsinki area.	70
7.7	Juurte toitumisstrateegiad keskkonnagradientidel. Foraging strategies of absorptive roots along environmental gradients.	71
7.8	Mõõdetud ja mudeldatud kasvuhoonegaaside vood erineva maakasutusega en- distelt turbakaevandusaladelt. Measured and modelled greenhouse gas fluxes from former peat extraction fields with different landuse.	72
7.9	Lisaenergia kasutamine mikroobsete puhastusprotsesside intensiivistamiseks te- hismärgalades. Microbial fuel cells for the enhancement of purification processes in treatment wetlands.	73
7.10	Komplekskraatrite seisiline uuring ja numbriline modelleerimine. Reflection seismic profiling and numerical modelling of transitional-sized comp- lex craters.	74
7.11	Haruldased muldmetallid settelistes fosfaatides: sidustumine ja diogeneetiline ümberjaotumine. Rare Earth Elements in sedimentary apatites: accumulation and diagenetic re- distribution.	74
7.12	Teadmiste kontseptualiseerimine ja otsuste tegemise oskuse kujundamine sotsiaal- teaduslike probleemide käsitlemisel kontekstipõhises õpikeskkonnas. Promoting student conceptualisation and decision-making based on socio -scientific issues in context based environments.	75
7.13	Elukäikude evolutsiooni teooria ennustuste kontrollimine antropomeetrilisel and- mestikul. Testing the predictions of life-history theory on anthropometric data.	76
7.14	Ohustatud niidulindude asurkondi mõjutavad rannaniidu tunnused ning raken- dused elupaikade taastamiseks ja majandamiseks. Coastal meadow characteristics affecting population trends of threatened waders and implications for habitat restoration and management.	77
7.15	Hundipopulatsioonide struktuur ja sidusus Euroopas. Structure and connectedness of wolf populations in Europe.	78

7.16	Päevaliblikate mitmekesisus: maastikuökoloogia fundamentaalprobleemidest looduskaitseliste rakendusteni. Patterns of butterfly diversity: from basic spatial ecology to conservation practices.	78
7.17	Kas head naabrid kompenseerivad halba kliimat? Naaberpuude evolutsioonilise suguluse roll vastupanuvõimes vaenlastele ja kliima muutusele. Do good neighbours compensate for bad climate? The effect of evolutionary neighbourhood of trees on their vulnerability to enemies and climatic stress. . .	79
7.18	Pariisi kokkuleppe järel. Kas looduslikest allikatest pärinevad kasvuhoonegaaside vood kiirendavad kliima soojenemist? Beyond the Paris agreement: Will natural sources of greenhouse gases accelerate global warming?	80
7.19	Eesti põlevkivitööstuse tahked jäätmed geopolümeeride ja beliit-sulfoaluminaat tsementide toormena. Development of low-energy cementitious binders based on oil-shale industry solid wastes: geopolymers, belite and sulfoaluminate cements.	81
7.20	Liitiumi isotoopide kasutamine Vara-Paleosoikumi paleokeskkonna uuringutes. Application of Li isotopes in early Palaeozoic palaeoenvironmental research. . .	82
7.21	Eesti Proterosoilise aluskorra metallipotentsiaal, maagiteke ja geoloogiline areng. Metal potential, ore genesis and evolution of the Estonian Precambrian basement.	83
7.22	Keskkonnahariduse avardamine säästva arengu hariduse konteksti nähtuste-põhise õppe kaudu gümnaasiumiastes. Promoting environmental education for sustainable development at secondary schools through phenomenon-based learning.	84
7.23	Põhikooli õpilaste kontekstuaalsed huvid, õpimotivatsioon ning õppemeetodite eelistused loodusteaduste õppimisel. Lower secondary school students' contextual interests, motivation and learning method preferences in science classes.	85
7.24	Õpilaste probleemilahendusprotsesside ning interaktiivsete modelleerimisvahendite kasutamise uurimine disainimisel põhineva loodusteaduste õppimise kontekstis. Exploring students' problem-solving processes and the use of interactive modelling tools in the context of design-based science learning approach.	86
7.25	Lageraiesüsteemide intensiivsuse mõju elurikkusele: mikroelupaikade põhine lähenemine. Impacts of the intensity of even-aged forestry on biodiversity: a microhabitat approach.	87
7.26	Sisemised piirangud energiakäitlusele: stressi, seedimise ja antimikroobse kaitse integratiivne uuring rohevintidel. Internal constraints on energy processing and their consequences: an integrative study of stress, digestion and antimicrobial defenses in greenfinches.	87

7.27	Teismeliste kasvu, sugulise küpsemise ja vaimse arengu vahelised interaktsioonid elukäikude evolutsiooni teooria perspektiivis. Interactions between somatic growth, pubertal maturation and cognitive development of adolescents from the life-history perspective.	88
7.28	Kasvu- ja kisklusstress kiire ja aeglase arengustrateegiaga putukail. Growth- and predation-borne stress in rapidly and slowly developing insects.	89
7.29	Geneetiliste polümorfismide funktsionaalsed mehhanismid seoses lindude käitumise ja kohasusega looduslikes populatsioonides. Understanding the functional mechanisms of genetic polymorphisms to avian behaviour and fitness in free-living populations.	90
7.30	Samblikke moodustavate seente mitmekesisuse seosed liigi ja geeni tasandil. Biodiversity relations of lichen-forming fungi on species and gene levels.	91
7.31	Dilämmastikoksiidi voogude analüüs isotopomeeride alusel tehismärgalades ja veekogude puhvertsoonides. Nitrous oxide (N ₂ O) isotopomer analysis of N ₂ O production-consumption mechanisms in artificial wetlands and riparian buffer zones.	92
7.32	Kaasajastatud vaade Vara-Paleosoikumi ostrakoodide funktsionaalsele morfoloogiale. Modern insights into functional morphology of early Palaeozoic Ostracoda.	92
8	Tehnoloogiainstituut / Institute of Technology	93
8.1	Veakindlate lineaarsete ja mittelineaarsete asendikontrollerite disain nanosatelliitidele. Fault Tolerant Linear and Non-linear attitude control design for nanosatellites.	93
8.2	Inimese papilloomiviiruse elutsükli mõjutavate rakuliste transkriptsioonifaktorite identifitseerimine. Identification of cellular transcription factors modulating human papillomavirus life cycle.	93
8.3	Fluorestseeruvad proovid üksikute bakterirakkude antibiootikumitundlikkuse uurimiseks. Fluorescent probes in study of persister formation.	94
8.4	Multivalentset metallikompleksid mikroobsete bioreaktorite elektroodide väärastamiseks. Multivalent metal complex enhanced electrodes for microbial bioreactors.	95
8.5	Mikroobide detekteerimine ja nende koosluste rekonstrueerimine pärast jää aegsel perioodil kasutades vanaDNA metagenoomikat. Ancient DNA based detection of microbial organisms and reconstruction of the past communities during the post glacial period by metagenomics.	96
8.6	Uudsed isosorbüüdil baseeruvad biopolümeerid. Novel isosorbide-based biopolymers.	96
8.7	CPP nanopartikli väliskihi disain ja modifitseerimine. Design and modification of the surface layer of CPP nanoparticle.	97

8.8	Nukleoidide dünaamika inimrakkude mitokondriaalses võrgustikus. The dynamics of human mitochondrial nucleoids within the mitochondrial network.	98
8.9	Vaakumkaarte tekkemehhanismid kõrgetes elektriväljades. Mechanisms of vacuum arcing in high electric field systems.	98
8.10	Ravimieraldussüsteemina rakendatavate bioühilduvate elektroaktiivsete polümeersete aktuaatorite väljaarendamine. Development of biocompatible electroactive polymer actuators for drug delivery systems.	99
8.11	Uudne interaktiivne virtuaalsus ja liitreaalsuse keskkond. Novel Interactive Virtual and Augmented Realty Environment.	99
8.12	Aju ebanormaalsuse tuvastamine individuaalsete struktuuriliste ühenduvuse võrgude ja EEG signaali statistilise analüüsi abil. Brain Abnormality Detection Using Statistical Analysis of Individual Structural Connectivity Networks and EEG Signals.	100

1 Arvutiteaduse instituut / Institute of Computer Science

1.1 Vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursused Eestis. Massive open online courses in programming: the Case of Estonia.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Reelika Suviste*

Doktoritöö projekti eesmärgiks on uurida programmeerimise vaba juurdepääsuga e-kursuste arengut ja mõju Eestis. Ühtlasi uuritakse erinevatel programmeerimise vaba juurdepääsuga e-kursustel osalejate motivatsiooni, edasijõudmise ning toetusmehhanismide vahelisi seoseid. Doktoritöö oodatavateks tulemusteks on teaduspõhine ülevaade vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursuste arendamisest Eestis; motivatsiooni uurimise instrumendi väljatöötamine ning valideerimine; hinnang, mil määral vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursustel osalejate edasijõudmine on seotud murelahendajate, forumite ning abiliini kasutamise ja kuidas see erineb kursuste vahel, kus on ja pole kasutatud abiliini; ülevaade vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursuste mõjust Eestis. Doktoritöö projekti tulemusi kasutatakse vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursuste efektiivsemaks arendamiseks ning uute e-kursuste loomiseks. Lisaks võimaldavad doktoritöö tulemused anda soovitusi, kuidas vaba juurdepääsuga programmeerimise e-kursuseid kasutada õppekavade arendamisel ja väljatöötamisel.

The aim of the this doctoral project is to investigate the development and impact of the programming MOOCs in Estonia and the associations between participants motivation, accomplishment and usage of support mechanisms in the courses. The main outcomes will be: (I) a research-based overview of the development of the programming MOOCs in Estonia; (II) developing the tool for analysing motivation in programming MOOCs; (III) the extent to which the accomplishment in the programming MOOCs is affected by the support mechanisms and differs in several courses using helpdesk; (IV) give an overview of the impact of the programming MOOCs in Estonia. After the study, it will be possible to give suggestions for educators and policy-makers how the use of programming MOOCs can be a considerable part in future curricular innovation.

1.2 Äriprotsesside privaatsusanalüüs.

Business Process Privacy Analysis and Optimization.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Raimundas Matulevičius*

Antud doktoriprojekti eesmärk on välja töötada ja hinnata äriprotsesside privaatsusanalüüsi tehnikaid. Projekti peamiseks tulemiks on tööriist, mis võtab sisendiks protsessimudelid koos metaandmetega privaatsuse kohta ning analüüsib neid, eesmärgiga (i) tuvastada isiklike andmete soovimatud avalikustamised ning (ii) teha kindlaks äriprotsesside väljundite kaudu lekkinud isiklike andmete maht. Tööriist soovitab ka võimalikke vastumeetmeid vähendamaks privaatsuslekked äriprotsessis.

Antud doktoriprojekti eesmärk on välja töötada ja hinnata äriprotsesside privaatsusanalüüsi tehnikaid. Projekti peamiseks tulemiks on tööriist, mis võtab sisendiks protsessimudelid koos metaandmetega privaatsuse kohta ning analüüsib neid, eesmärgiga (i) tuvastada isiklike andmete soovimatud avalikustamised ning (ii) teha kindlaks äriprotsesside väljundite kaudu lekkinud isiklike andmete maht. Tööriist soovitab ka võimalikke vastumeetmeid vähendamaks privaatsuslekked äriprotsessis.

The aim of this doctoral project is to develop and evaluate techniques for privacy analysis of business processes. The main outcome will be a tool that takes as input process models with privacy metadata, and analyses these process models in order to: (i) detect unintentional disclosures of private information; and (ii) quantify the amount of private information leaked by the outputs of the business process.

The tool will generate reports that explain to data owners the maximum extent of possible leakage of private data. The tool will also suggest possible counter-measures to reduce privacy leakages in a business process as well as the specific points in the business process where these counter-measures should be deployed.

1.3 Multi-Perspective Declarative Process Mining.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Fabrizio Maria Maggi*

The aim of this doctoral project is to develop and evaluate declarative process mining techniques for analysing business processes from multiple perspectives (e.g., data, time, resources). The first step will be the definition of a graphical language based on a formal semantics that allows for the definition of multi-perspective declarative rules. Starting from this language a tool will be implemented (possibly available on the cloud) that takes as input an event log and/or a set of multi-perspective business rules, and analyses these inputs in order to: (i) discover a set of rules from an event log to describe the behaviour of a business process as recorded in the log; and (ii) monitor at run-time streams of events against a set of existing multi-perspective declarative rules. The tool will generate reports that explain to data owners the behaviour of the underlying business process. The tool will also suggest possible actions to improve the performances of the business process as well as the specific points in the business process where these actions should be deployed.

1.4 Privaatsust säilitavad paralleelarvutused. Parallel privacy preserving computations.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Eero Vainikko, Peeter Laud, Benson Muite*

Arendatakse ja katsetatakse uusi privaatsust säilitavaid protokolle paralleelsete graafialgoritmide jaoks, mis võimaldavad kiiret privaatsust säilitavat andmeanalüüsi. Eesmärgiks on uurida paralleliseerimistehnikaid, mis privaatsust säilitaval moel kasutavad klassikalisi graafialgoritme ja lineaaralgebrat, et kiirendada vastavaid arvutusprotsesse. Lisaks uuritakse kommunikatsiooni peitmise ja vältimise protokolle eri saitidel võimaldamaks privaatsusnõuete täitmist.

Novel privacy-preserving protocols for parallel graph algorithms will be examined and implemented to allow for fast privacy preserving analysis of data. Parallelization techniques that bring together linear algebra algorithms and classical graph algorithms to give faster execution time while still maintaining privacy will be examined. In addition communication hiding and communication avoiding protocols will also be examined, to allow for privacy preserving techniques on data in computer systems at separate sites.

1.5 Praktilisemad protokollid kvantkrüptograafiliseks positsiooni-verifitseerimiseks.

Practical protocols for quantum position verification.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Dominique Unruh*

Kvantkrüptograafiline positsiooni verifitseerimine (QPV) viitab protokollide klassile, mis tegelevad mobiilse seadme positsioneerimisega ruumis, kasutades selleks seoseid nii kvantmehaanikast kui ka relativismist. QPV protokollis tagatakse, et antud seadme asukoht on korrektne isegi juhul kui seade ise on pahatahtlik. Seega kasutades QPV protokollid on võimalik kontrollida juurdepääsu mingile ressursile sõltuvalt üksnes asukohast (nt. kui juurdepääs on lubatud vaid ühe kindla hoone piires). Buhrmann ja teised tõestasid, et antud juurdepääsu kontroll ei ole võimalik ilma kvantmehaanikata. Välja on pakutud erinevaid QPV protokolle, uusim neist Unruh poolt. Nii Unruh protokoll kui ka kõik eelnevad on rajatud tugevatele tehnoloogilistele eeldustele (nt. ideaalne kvantkommunikatsioon). Lisaks toetub Unruh protokoll ka tugevatele krüptograafilistele eeldustele (nt. juhusliku oraakli olemasolu). Antud uurimuse eesmärgiks on viia QPV protokollid lähemale teostatavusele kavandades selleks paremaid protokolle ja arendades uusi analüüsimeetodeid. Põhirõhk lasub krüptograafiliste eeldustega QPV protokollidel (nt. eeldatakse, et ründaja arvutuslik ressurss on limiteeritud). Antud eeldus on vajalik, kuna Buhrmann ja teised näitasid, et positsiooni verifitseerimine on võimatu kui vastasel puuduvad piirangud.

Quantum position verification (QPV) refers to a class of protocols in which the position of a mobile device is determined in space through the use of both quantum mechanical and relativistic effects. A QPV protocol ensures that the determined location is correct even if the mobile device is malicious. Thus QPV protocols allow us to control the access to a resource using spacial location. (E.g., access to a resource is only permitted within a certain building.) It has been shown by Buhrmann et al. that controlling access in this way cannot be achieved without using quantum mechanics. A number of QPV protocols have been proposed, most recently by the Unruh. However, the protocol by Unruh, as well as all protocols before, rely on strong technological assumptions (such as perfect quantum communication). Furthermore, the protocol is also based on strong cryptographic assumptions (such as the existence of random oracles). The goal of this project is to bring QPV protocols closer to practical realizability by designing better protocols and developing new analysis techniques. The main focus is on QPV protocols that use cryptographic assumptions (i.e., we assume an attacker that is computationally limited). This is because Buhrmann et al. showed that the task is impossible without any limitations on the adversary.

1.6 Sügavad neurovõrgud mikroskoopia andmete modelleerimiseks. Deep neural networks for microscopy images.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Leopold Parts, Raul Vicente Zafra*

Sügavad neurovõrgud on paljulubav mudeliklass suurte mitmemõõtmeliste andmestike analüüsiks. Nende eeliseks on võime väga suurt treeningandmestikku ära kasutades õppida miljonite parameetritega võrgustikud, mis tabavad andmetes käesoleva probleemi jaoks sobiva struktuuri. See on eriti oluline keerukates kasutusvaldkondades, nt. mikroskoopia andmete töötles, kus andmeid on laialdaselt, aga nendes peituvat signaali ei ole võimalik kirjeldada lihtsa matemaatilise mudeliga harilikke statistilisi meetodeid kasutades.

Pakutud projekti eesmärgiks on sügavate neurovõrkude arendamine mikroskoopia andmetel. Kasulikud õpitud mudelid annavad andmete kirjelduse mitmel skaalal, nii pikslitasemel tunnustena (täpid, jooned), kui ka globaalsemate kvantitatiivsete kirjelduste kaudu, nt. signaali tase suuremates raku organellides. Töö käigus treenitakse mudelid rakkude ja nende alamosade leidmiseks, ning tervete piltide korruga kirjeldamiseks. Rakendused hõlmavad nii rakupopulatsioonide analüüsi koostöös teadus- ja tööstuspartneritega, et kiirendada teadus- ning arendusprotsesse, kui ka samade printsiipide rakendamist kliinilistele näidistele, et toetada diagnostikat.

Deep neural networks are an exciting class of models for high-dimensional large-scale data. Their promise is to leverage the very large scale of training information to learn networks with millions of parameters that capture the relevant structure for a particular task. This is especially important in complex application domains, such as image analysis of high throughput microscopy, where the data are abundant, but there is no simple mathematical model to describe the signal for common statistical approaches.

Here, we propose to develop deep neural networks for high throughput microscopy data. A good model will deliver a hierarchical feature representation of the cells in the image, from dots, edges, and puncta, to larger organelles. The models will be trained for segmenting cells and subcellular compartments on a per-pixel basis, as well as end-to-end to describe entire images. Clonal cell population images from basic biological assays will be modeled to accelerate scientific discovery in collaboration with academic and industrial partners, and same principles will be applied to histology images from clinical collaborators to improve diagnoses.

1.7 Turvalised e-valimised. Secure E-Voting.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Helger Lipmaa*

Eesti on rakendustega nagu e-valimine (ning muud e-riigiga seotud rakendused) maailmas esirinnas. Kõik e-rakendused peavad funktsioneerima korrektselt ka juhul, kui neid rünnatakse kas seest või väljastpoolt. Vältimatu osa korrektsusest on ka andmete privaatsus. Kõige esimene privaatsusega seotud küsimus on nn lokatsioonipivaatsus, mis garanteerib, et erinevate osapoolte poolt saadetud andmed (näiteks valijate hääled) oleksid eraldatud osapoolte identiteedist. Miksnetid (mixnets) or standardne krüptograafiline vahend lokatsioonipivaatsuse saavutamiseks. Lühidalt, miksnet võtab sisendiks krüptogrammid, ning väljastab (ilma salajast võtit teadmata) krüptogrammid permuteeritud ja randomiseeritud kujul. Sellise “*miksimize*” juurde lisatakse ka lühike nullteadmüstõestus (“*ZK shuffle argument*”), et miksimisprotsess toimus ausalt. Tartu Ülikool on osaline H2020 grandis PANORAMIX, mille eesmärgiks on Euroopa miksnettide infrastruktuuri väljatöötamine. Antud doktoritöö põhiliseks eesmärgiks on uurida e-valimissüsteemide turvalisust globaalsemast vaatepunktist, ning välja selgitada miksnettidel tegelikult nõutavaid turvatingimusi. Selle saavutamiseks peab tudeng uurima ka e-valimisüsteemide teisi komponente ning seda, kuidas suhtestuvad erinevate komponentide turvadeфинitsioonid.

Estonia is one of the leading countries in the world with applications like e-voting (and other applications related to e-government). All e-applications must continue correct functioning after inside or outside attacks. An unavoidable part of correct functioning is the privacy of the data. One of the questions related to privacy is the location privacy that guarantees that data sent by participants (e.g., e-voting ballots) cannot be linked to the data origin. Mix-net is a standard cryptographic tool to obtain location privacy. A mix-net takes as an input a tuple of ciphertexts and outputs another tuple of permuted and randomized ciphertexts. Such a mixing is accompanied by a zero-knowledge proof that it was done correctly. The University of Tartu participates in an H2020 grant PANORAMIX, the goal of which is to develop a mix-net infrastructure for Europe. The goal of this PhD thesis is to study the security of e-voting systems from a more global viewpoint to find out what are the actual security requirements for mix-nets, and how are security definitions of different components related to each other.

1.8 Ansambel-õppe kontekstimuutuste korral. Ensemble learning under context changes.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Meelis Kull*

Ansambel-õppe meetodid on osutunud üheks edukamaks suunaks masinõppes. Lihtne idee parendada ennustusi mitme mudeli väljundite kombineerimise teel on viinud paljude praeguse aja tipp-taseme algoritmideni. Hiljutised suure-mahulised empiirilised uurinud on näidanud, et 'random forest' ja 'boosting'-meetodid on parimate seas väikestel ja keskmise suurusega andmestikel. Ka paljudel suurtel andmestikel korraldatud masinõppe võistlustel on võitjaks osutunud mitme sügava närvivõrgu ansambel.

Enamikel võistlustel on treening- ja test-andmed sama päritolu. Kui aga masinõppega saadud mudelit rakendada tegelikus elus, siis esinevad tihti muutused rakenduskontekstis. See viib tavaliselt halvenenud ennustustulemusteni ning vajaduseni mudel uuesti treenida või kohendada. Võimalikke kontekstimuutusi on palju tüüpe, näiteks andmete jaotuse muutus või vigade hinna muutus. Doktoritöö eesmärk on uurida ja arendada konteksti-tundlikke tõenäosuslikke ansambel-õppe meetodeid, mis annavad paljudes kontekstides hästi töötavaid ansambel-mudeleid. Selliseid mudeleid on vaja sagedasti esinevatel juhtudel, kus andmeid või ajaressursse on liiga vähe, et treenida iga konteksti tarvis oma mudel.

Ensemble methods have turned out to be among the most successful approaches in machine learning. The simple idea of improving predictions by combining the outputs of several models has led to the development of many state-of-the-art methods. Recent large-scale empirical studies have showed that the ensemble methods 'random forest' and 'boosting' are among the best families of classifiers on small and medium-sized datasets. Furthermore, many machine learning competitions on big datasets have also been won by ensembles of multiple deep neural networks.

In most of the competitions the training and testing datasets have the same origin. However, when a machine learning model gets deployed into a real life application, it often faces changes in its operating context. This usually results in deteriorated performance and the model needs to be either retrained or adapted. There is a huge variety in types of possible changes, for example, in data distribution or costs of errors. The aim of the proposed project is to study and develop context-aware probabilistic ensemble methods, making ensembles that work well in multiple contexts. Such methods are required in frequent scenarios with insufficiency of data or time resources to retrain a new model for each context.

1.9 Privaatsust säilitavad masinõppe algoritmid. Privacy-preserving machine learning algorithms.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Sven Laur, Peeter Laud*

Antud doktoriprojekti eesmärk on välja töötada ja testida privaatsust säilitavaid masinõppe meetodeid ning teisi statistilisi meetodeid. Meetodite valikul püüame esmalt katta peamisi masinõppe meetodeid. Projekti peamiseks tulemiks on turvalise ühisarvutuse jaoks optimeeritud algoritmid, mis kasutavad ära ülikiireid SIMD operatsioone. Enamus neist algoritmidest implementeeritakse ja testitakse Sharemindi platvormil. Mõnigate algoritme kasutatakse ja valideeritakse praktilistes rakendustes.

The aim of this doctoral project is to develop and evaluate techniques for privacy-preserving machine learning and statistics in general. Methods are chosen to cover the essentials of machine learning toolbox. The main outcome will be a list of machine learning algorithms that are designed and optimised for the secure multi-party setting (computing environment with extremely fast SIMD operations). Most of these algorithms will be implemented and benchmarked on the Sharemind platform. Some algorithms will be deployed and validated in practical applications.

1.10 Sügavate tehisnärvivõrkude energiamaastike iseloomustamine.

Climbing out of holes: Characterizing energy landscapes of deep neural networks.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Dirk Oliver Theis, Raul Vicente Zafra*

Sügavad tehisnärvivõrgud on viimastel aastatel toonud kaasa tähelepanuväärseid edusamme tehisintellekti valdkonnas. Nende abil on saavutatud arvutite poolt inimese tasemel näiteks piltide analüüs ja kõnetuvastus.

Närvivõrke tuleb aga treenida ning selle parameetreid häälestada. Treenimine sisaldab endas keerulise kõrgedimensioonilise energiafunktsiooni minimeerist. Häälestamine nõuab tehisnärvivõrgu hüperparameetrite määramist. Mõlemad ülesanded muudab keeruliseks vajadus energiamaastikul navigeerida, millel on palju lokaalseid miinimume ja sadulapunkte.

Antud projekti eesmärk on teha edusamme energiamaastike paremaks mõistmiseks ja kasutada saadud teadmisi uute täiustatud meetodite välja töötamiseks tehisnärvivõrkude treenimiseks ja häälestamiseks.

In recent years, deep neural networks have given rise to spectacular improvements in artificial intelligence, yielding human-level performance in important image analysis, speech recognition, reinforcement learning and many other tasks.

However, neural networks need to be tuned and trained. Training involves minimizing a complex high dimensional energy function. Tuning asks to determine the hyperparameters of the neural network model. Both tasks are significantly complicated by the need to navigate the *energy landscape* of the neural network, which exhibits many local minima and saddle points.

Based on recent advances in understanding some of the difficulties in the optimization part, this project aims to make progress towards understanding energy landscapes, and turning that understanding into improved methods for both tuning and training neural networks.

1.11 Rule-Based Process Model Repair.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Fabrizio Maria Maggi*

The aim of this doctoral project is to develop and evaluate techniques for comparing business rules and procedural process models to identify where the model deviate from the rules and minimally repair them so that they become compliant with the rules again. In real world situations it often happens that (procedural) business process models have to be compliant to some constraints (e.g., laws, policies, standards). In these situations, whenever a change occurs in the rules, the process model has to be changed accordingly in order to guarantee that the compliance is preserved. It can happen, however, that business process models evolve over the time and could sometimes deviate from the existing rules. Also in this scenario, (minimal) changes in the process model is required to make it compliant with the rules. Purpose of this project is investigating how to propagate changes from the rules to the process models to preserve compliance. During the project, a tool will be implemented that takes as input a procedural process model and a set of business rules, and analyses these inputs in order to: (i) localize discrepancies between the process model and the rules; and (ii) provide repair actions to (minimally) modify the process model to make it compliant with the rules.

1.12 Usaldusväärse ennustamine neuromasintõlkes. Quality Estimation in Neural Machine Translation.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mark Fishel*

Kas oled kunagi kasutanud nt. Google Translate'i või masintolge.ut.ee'd ja imestanud, miks selle tõlked on nii naljakad ja vigased? Kas tahaksid parandada neid vigu töötades uuema ja parema tõlketehnoloogia kallal?

Käesoleva doktoritöö plaan on parendada tehisnärvivõrkudel põhineva masintõlke (neural machine translation, NMT) funktsionaalsust ja tagada selle praktilist efektiivsust. Uurimistöö plaan sisaldab tõlkevaliteedi meetrikate arendamist, usaldusväärse hindamise funktsionaalsuse integreerimist NMT töövoogu, ning nende mõlema kombineerimist kõrgema efektiivsuse saamiseks masintõlke väljundi praktilisel kasutamisel.

Meetodid, mida on plaanis kasutada on rekurrentsed tehisnärvivõrkud, konvolutsiooni- võrgud ning transfer-õppimine. Kandidaadilt eeldatakse eelnevat kogemust loomuliku keele töötusega ning masinõppe meetoditega.

Have you ever used e.g. Google Translate or masintolge.ut.ee and wondered, why the translations are so funny and erroneous? Would you like to fix these errors yourself by working on novel methodology for machine translation that learns to translate automatically from data?

The aim of this PhD proposal is to work on novel methods of neural machine translation and translation quality evaluation. The research plan includes development of automatically learned translation quality metrics, confidence estimation for neural machine translation output and integrating this functionality into the translation workflow in a joint learning approach, aiming at improving the practical usability of machine translation.

The following main methods will be used: recurrent neural networks, convolutional neural networks and transfer learning. The candidate is expected to have previous experience in natural language processing and methods of machine learning.

1.13 Andmeteaduse lahendustest väärtuse loomiseni äris — meetodid jaepanganduses.

From Data Science Solutions to Business Value Creation — Methods in Retail Banking.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Marlon Dumas, Fredrik Milani*

Existing analytical methods within banking are coarse grained considering the availability of raw data and the developments in machine learning, data and process analytics. This limitation restricts banks from exploiting the data they hold. Also, application of advanced method as such does not guarantee business value creation. The aim of this project is to develop a framework to identify what opportunities can be exploited by the data available and data science solutions to create business value. Similarly, the framework can be used to, given a problem, identify what data is required to solve it. Existing frameworks will be combined with data and process analytic techniques. One possibility is to develop and iteratively adapt the framework alongside application of existing and modified algorithms. A framework for navigating the ocean of data existing in banks for the purpose of enabling exploring opportunities hitherto untapped based on machine learning.

1.14 Sügav innustusõpe mitme tehisagendiga ülesannetes. Deep reinforcement learning for multiagent tasks.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Raul Vicente, Jaan Aru*

Mitme agendiga õppimissüsteemid võimaldavad uurida olukordi ja ülesandeid, mille lahendamiseks on tarvis mitmete üksteisest sõltumatute osapoolte koostööd (näiteks isesõitvate autode liikumise koordineerimine). Mitme agendiga süsteemidel on mitmeid positiivseid külgi, näiteks paralleelsus, skaleeritavus ja robustsus mõne osapoolte rikkimineku või eksituste suhtes.

Antud projektis arendame sügavaid närvivõrke, mis suudaksid õppida kognitiivseid ülesandeid nagu näiteks teise osapoolte vaatevinkli või teadmiste mõistmine. Üldisemalt arendame sügavatel närvivõrkudel põhinevaid tehisintellekti süsteeme, mis suudaksid omandada kognitiivseid vilumusi, mis on aluseks inimlikule suhtlusele ja käitumisele.

Käesoleva doktoritöö eesmärk on uurida, kuidas tehisagendid õpivad tegema koostööd ja omavahel võistleva etoloogiliselt olulistes ülesannetes. Täpsemalt on kavas uurida, kuidas tehisagendid õpivad järel dama seda, mida teised agendid teavad, usuvad ja kavatsesvad, ja kuidas need tehisagendid seda teadmist ära oskavad kasutada.

Multiagent learning systems provide a natural and decentralized model for investigating tasks that are to be realized by autonomous units (e.g. coordination of self-driving cars). Multiagent systems include many benefits such as inherent parallelism, scalability, and robustness to failure of some agents.

This project will develop deep neural networks to drive agents to learn cognitive tasks such as perspective taking, one of the fundamental aspects of human social behavior. More generally, we will develop deep reinforcement learning techniques to make AI agents learn cognitive skills that are essential for human communication and behavior.

The goal of the proposed thesis is to study how agents learn to coordinate or compete while solving ethologically relevant tasks. In particular, the project will target how agents learn to infer what information (beliefs, desires, knowledge and intentions) is available to other agents and how the agents exploit this information for reaching their goals.

1.15 Sublineaarsed vrgualgoritmid mitteklassikalistes mudelites. Sublinear network algorithms beyond the classical models.

Juhendaja(d) / Supervisor(s):

Suurte andmete revolutsioon esitab algoritmide kavandajatele üllatavaid väljakutseid: kuidas leiaks algoritm lähendi keerulisele parameetrile, mis tuleneb näiteks suurest sotsiaalvõrgustikust, kui võrk ei mahu arvuti mällu? Või kui ei ole piisavalt aega, et uurida rohkem kui pisikest osa sellest võrgust? See doktoriprojekt tegeleb selliste sublineaarsete algoritmidega nii selle osas mida on võimalik teha, ehk kuidas kavandada algoritmi, kui ka selle osas mida ei ole võimalik teha, ehk “alumiste tõkete” tõestamisega aja ja mälu vajaduse jaoks. Projekt keskendub olulistele kombinatoorse optimeerimise probleemidele võrkude jaoks.

Mis puutub algoritmide kavandamisse, siis projekt on suunatud “realistikumate” eelduste tegemisele võrkude kohta kui need eeldused, mida on siiani tehtud, võttes arvesse huvitavaid võrkude tüüpilisi omadusi. Kui algoritmid on kavandatud, on neid võimalik implementeerida ja kasutusele võtta.

Alumiste tõkete alane uurimist aga otsib ja tõestab arvutuste tegemise sisemisi piiranguid. Alumised tõkked aitavad algoritmide arendamist suunata suundadesse, mis võivad olla edukad, sest nii on paremini aru saada, mis võib olla võimalik.

The ongoing Big Data revolution brings confounding challenges for algorithm designers: How can an algorithm produce an estimate of a complex parameter of, say, a large social network, if the network does not fit into computer memory? Or if there is not sufficient time to explore more than a minuscule part of the network? This PhD project concerns itself with such sublinear algorithms, both in terms of what can be done (i.e., actually design algorithms) and what cannot be done (prove “lower bounds” on time and memory requirements). It focuses on important combinatorial optimization problems on networks. In terms of designing algorithms, the project is geared towards making more “realistic” assumptions on the underlying networks than the ones which have previously been proposed, taking into account the typical properties of the networks of interest.

Once developed, these algorithms could be implemented and deployed. Lower bound research, on the other hand, explores and exposes the unyielding limitations of computing. Lower bounds help to guide algorithmic development efforts into directions which have a chance of success.

1.16 Privaatsusteadlik protsessikaeve. Privacy-aware Process Mining.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Luciano García-Bañuelos, Peeter Laud*

Olemasolevad protsessikaevemeetodid ei arvesta privaatsusega, hoolimata sellest, et nad töötlevad klientide privaatseid andmeid. Seetõttu on nende meetodite praktiline rakendatavus piiratud juhuga, kus leidub üks osapool, kellel on lubatud kõigi modelleeritavate äritehingute osapoolte andmeid näha. Käesoleva projekti eesmärk on tõestatavate privaatsusgarantiidega protsessikaevemeetodite väljatöötamine. Projekti käigus kohendatakse olemasolevaid privaatsust säilitavaid andmetöötlusmeetodeid, et realiseerida levinud protsessikaeve operatsioone, nagu näiteks automaatne protsessiavastus, vastavuskontroll või logimuutuste analüüs. Projekti väljakutseks on selles kontekstis skaleerival viisil sobivate privaatsusgarantiide andmine, seejuures täpsuse (ja seega ka kasulikkuse) kadusid minimeerides, mille põhjustab väljundile müra lisamine.

Existing process mining methods are not privacy-aware, yet they deal with private customer data. This limits the practical applicability of these methods to cases where there exists a single entity that is able to access the data of all entities involved in the modeled business transactions. The aim of this project is to develop methods for process mining with provable privacy guarantees. The project will adapt existing privacy-preserving data processing methods in order to implement common process mining operations, such as automated process discovery, conformance checking and log delta analysis. The challenge will be how to provide suitable privacy guarantees in this context, in a scalable manner and while minimizing the loss of accuracy (and hence utility) due to noisification of output data.

2 Füüsika instituut / Institute of Physics

2.1 Bigravitatsiooni ja tema laienduste fenomenoloogia ja geomeetrilised alused.

Phenomenology and geometric foundations of bigravity and its extensions.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Manuel Hohmann*

Kaasaja kosmoloogia ees seisab mitu mõistatust, mida üldrelatiivsusteooria otseselt ei selgita: kosmilise taustkiirguse homogeensus, universumi kiirenev paisumine, struktuuri teke ja galaktikate ning galaktika parvede liikumine. Nende vaatluste selgituseks on mudelid, mida nimetatakse inflatsiooniks, tumeenergiaks ja tumeaineks, aga nende mudelite taga olevad füüsikalised mehhanismid ei ole seni selged. On tõsine võimalus, et need nähtused viitavad vajadusele laiendada aluseks olevat gravitatsiooniteooriat täiendavate vabadusastmetega.

Projekti eesmärk on uurida gravitatsiooniteooriaid, mille geomeetiline eeldus pole üks meetrika, vaid (vähemalt) kaks meetrikat. Mitu aastakümneid arvati, et kahe interageeruva meetrikaga teorias ilmub tingimatult vaimu vabadusaste ja seega ebastabiilsus. Alles viimastel aastatel leiti unikaalset teooriate klassi, milles vaim ei ilmu. Projekti eesmärk on uurida selle teooriate klassi liikmeid, mille ehitamise põhimõte on nende geomeetiline struktuur. Kõige lihtsam teooria selles klassis on bigravitatsioon, mille raames kirjeldavad gravitatsiooni ainult maks meetrikat. Võimalikud laiendused sisaldavad lisaks ka skalaarvälju või veel meetrikaid gravitatsiooni kirjeldamiseks. Sellised teooriad pakuvad võimalust selgitada mitte ainult inflatsiooni ja tumeenergiat modifitseeritud kosmoloogilise dünaamika abil, vaid sisaldavad ka osakesi, millest võib koosneda tumeaine.

Projekti fenomenoloogilise poole eesmärk on võrrelda bigravitatsiooni ja tema laiendusi vaatlustega erinevatel skaaladel. Päikesesüsteemis kasutame parametrizeeritud post-Newtoni parameetreid ja tuletame erinevatele mudelitele vaatluslikke piiranguid. Sama formalismi rakendame ka tumeaine, ja eriti tema poolt tekitatud valguse kõrvalekaldumise uurimiseks. Lisaks arvutame teooriate lahendeid kosmoloogias ja tuletame kosmoloogilisi vaatluslikke parameetreid standartsete formalismide abil. Projekti viiakse läbi koostöös teadustippkeskusega TK133 „Tume Universum”.

2.2 Biogeensed emissioonid ja uute aerosooliosakeste teke hemiboreaalse metsa atmosfääris.

Biogenic emissions and atmospheric new particle formation in hemiboreal forest.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Heikki Junninen*

Teaduslik arusaam atmosfääri aerosoolide füüsikalise-keemilistest protsessidest on otsustava tähtsusega mõistmaks biosfääri-atmosfääri-kliima koostoimet. Doktoriprojekti üheks eesmärgiks on osaleda mõõtmistes SMEAR Estonia jaamas Järveljal, selgitamiseks molekulaarsete klastrite ja nanoosakeste keemilist koostist hemiboreaalse metsade atmosfääris kasutades lennuaja mass-spektromeetrit. Doktorandile seatud ülesandeks on õppida tundma lennuaja mass-spektromeetrit ja selle tööprintsipi ning kasutama seda välimõõtmistel, töötada välja meetodid seadme kalibreerimiseks laboris ja välimõõtmiste korral. Doktorant peab samuti õppima tundma ja arendama andmetöötlusmeetodeid, mis on vajalikud seadme abil saadud komplekssete andmete analüüsimiseks, ja interpreteerima mõõtmisandmeid ja nende olulisust atmosfäärikeemia ja -füüsika kontekstist lähtudes.

Scientific understanding of the physics and chemistry of atmospheric aerosols are critical for understanding the biosphere - atmosphere - climate interactions. In the PhD project the goal is to participate in the starting phase of comprehensive time-of-flight mass spectrometer sampling at the SMEAR Estonia Station in Järvelja to determine the chemical composition of molecular clusters and nanoparticles produced over hemiboreal forests. Technical objectives for the PhD student are to learn the operation principles and the field deployment of time of flight mass spectrometer; to develop methods to calibrate the instrument in the lab and in the field. The student must also learn and develop data treatment methods required to analyze the complex data acquired with the instrument and interpret the relevance of measured signal in context of atmospheric chemistry and physics.

2.3 Kiirgusriskide optimeerimine joogivee tarbimisel. **Optimization of radiation protection in consumption of drinking water.**

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Madis Küsk*

Doktoritöö eesmärgiks on töötada välja meetodika, mille alusel hinnatakse kas viitetaset 0,1 mSv/a ületava joogivee korral on parandusmeetmete rakendamine põhjendatud või mitte. Meetodika rakendamine vajab veevõrkude kõikide kiirgusriskide hindamist, vee radioaktiivsuse vähendamiseks olemasolevate tehnoloogiliste lahenduste olemasolu ning eri tehnoloogiate maksumust.

Töö käigus karakteriseeritakse Kambrium-Vendi veehaaret kasutavate joogivee veetöötlusjaamade radioaktiivsete jäätmete teket, hinnatakse jaama töötajate kiirgusriske ning analüüsitakse, milliseid alternatiivseid veetöötluste tehnoloogiaid oleks võimalik rakendada joogivee radioaktiivsuse vähendamiseks.

2.4 Joogiveetööstusest pärit NORM-jäätmete käitlemisega seotud kiirgusohutushinnangute meetodikate arendamine. **Development of methodology for assessment of radiation safety for NORM disposal from drinking water industry.**

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Madis Küsk*

Doktoritöö peamiseks eesmärgiks on arendada NORM-jäätme käitlemisega seotud kiirgusohutushinnangute jaoks vajalikku meetodikat ning viia läbi ka kiirgusohutushinnangud. Tuginedes varsemale kogemusele, on üheks olulisimaks tulemust mõjutavaks parameetriks jäätmete ladestamise korral radionukliidide leostuvus. Kasutades selle parameetri geneerilisi väärtusi, võib hinnangute määramatus olla teatud juhtudele suurem kui 10 000%. Vajaliku määramistäpsuse saamiseks on möödapääsmatud leida leostuvusparameetrid eksperimentaalselt.

Käesolev doktoritöö keskendub joogiveetööstusest pärit NORM-jäätmetele, kuna sellega on käimas tihe koostöö. Samuti on loodud koostöö Tallinna jäätmete taaskasutuskeskusega, kellest saab eeldatavalt esimene NORM-jäätmete käitleja Eestis. Tihe koostöö aitab varustada doktoritöö läbiviimiseks vajalike ressurssidega ning suurendab võimalust saada lisafinantseerimist teistest T&A programmidest.

Kuigi käesolev töö piirdub vaid ühe tööstusektoriga, on põhjendatud eeldada, et väljatöötatud meetodikat saab laiendada või kohendada ka teistele NORM-jäätmetele. (nt. tsemenditööstus ja haruldaste metallide tootmine). Töö autorid loodavad, et töö tulemustel ja väljatöötatud meetodikal võiks baseeruda riikliku NORM-jäätmete strateegia uuendamine.

2.5 Haruldaste muldmetallide lisandioonklastrite kvantolekute spektroskoopia fluoriidmaatriksites.

Spectroscopy of quantum states of clusters of rare-earth impurity ions in fluoride hosts.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Valter Kiisk, Yury Orlovskiy, Viktor Peet*

Doktoriteema raames on kavandatud laserspektroskoopia meetodite rakendamine haruldaste muldmetallide lisandioonidest moodustunud klastrite kvantolekute mõõtmiseks teatud kristallilistes maatriksites (peamiselt fluoriidid ja keraamika, mahumaterjali või nanokristallide kujul), kus eeldatavalt avaldub ionide energiatasemete dünaamiline lõhenemine tingituna ionide omavahelisest koherentsest vastasmõjust klastris. Nimetatud dünaamilise lõhenemise suur määr ja pikk defaseerumisaeg (nt Nd^{3+} iooni ${}^4G_{5/2}$ seisundi jaoks CaF_2 kristallis) on viinud ideele nimetatudioonklastrite kasutamiseks kvantarvutites, sest nende ionide energiatasemete mõningaid koherentseid superpositsioone võib vaadelda kui kvantbittide põimseisundeid (nt Greenberger–Horne–Zeilinger olekuid). Meie eelnevad eksperimentaaluuringud (Prof. Yu. Orlovskiy) ja kirjanduse andmed ennustavad sellisteioonklastrite teket fluoriidkristallides. Vedela heeliumi temperatuuridel jäävad haruldaste muldmetallide optiliste tsentrite kvantolekud nõrga elektron-foonon interaktsiooni tõttu koherentseiks kümneteks nanosekunditeks, mis on piisav põhiliste kvantloogika operatsioonide (nt CNOT lülituse) realiseerimiseks. Kvantalgoritmi realiseerimiseks on tarvis töötada üksikute, koherentseult interakteeruvatestioonidest moodustunud klastritega. Me kavandameioonklastrite põimseisundite tekitamist kaheastmelise laserergastusega ja tekkinud seisundite analüüsimist mõõtes üleskonverteeritud 4f–4f ja 5d–4f fluorestsentsi konfokaalse mikroskoobi all. Samuti püütakse rakendada orbitaalse pöördimpulsiga keeriselist (*vortex*) laserkiirgust, et suurendada valguse neeldumist paarsuse järgi keelatud 4f–4f üleminekutes.

2.6 Magnetiliselt ja elektriliselt polariseeruvate õhukeste tahkiskihtide aatomkihtsadestus ning mikroskoopiline analüüs.

Atomic layer deposition and microscopic analysis of magnetically and electrically polarizable thin solid films.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Aile Tamm, Kaupo Kukli*

Doktorantuuri jooksul arendatakse Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi kiletehnoloogia laboris välja uusi magnetoelektriliselt ja optiliselt aktiivseid tahkiskihte ning analüüsitakse saadud objektide struktuurset korrastatust, homogeensust, keemilist puhtust ning funktsionaalsust, mõõtes kihtide polariseeritavust elektromagnetväljades ning optilist kostet. Aatomkihtsadestus põhineb alusel adsorbeerunud lähteainete monomolekulaarsete kihtide vahelistel järjestikustel pinnareaktsioonidel. Protsessi tulemusena on võimalik valmistada spintrooniliselt ning optiliselt funktsionaalseid katteid. Doktoriprojekt on suunatud metalloksiidide ja nende segu- või lamineeritud kihtide ($\text{TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-HfO}_2$, $\text{Er}_3\text{O}_4\text{-HfO}_2$, $\text{Er}_3\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{O}_3$) aatomkihtsadestamisele kõrgtehnoloogiliselt huvipakkuvatele aluspindadele (kõrglegeeritud räni, kvarts, titaannitriid, kolme-dimensionaalsed mikro- ja nanopoorseid alusstruktuurid) ja kasvatatud kihtide mikroskoopilisele analüüsile. Täiendavalt karakteriseeritakse kihte determineerides neis domineerivaid juhtivus- ning polarisatsioonimehhanisme, samuti hinnates struktuurset korrastatust ning keemilise koostise ühtlust.

2.7 Lisandite mõju kiirgusdefektide tekkele ja lõõmutusele binaarsetes ning kompleksoksiidides.

Impurity influence on the creation and thermal annealing of radiation defects in binary and complex oxides.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Aleksandr Luštšik, Anatolijs Popovs*

Ebapiisav kiirgustaluvus piirab oluliselt muudelt omadustelt sobilike laia keelupiluga materjalide kasutamist kiireis stsintillatsioonidetektoreis, meditsiini- ja turvasüsteemide selektiivseis dosimeetris, laser- ja optilistes materjalides, luminesentslampide ja kuvarite spektraaltransformaatoreis jne. See on eriti ilmne seoses Euroopa ambitsioonikate projektidega, mis on seotud selliste tuumasünteesil põhinevate reaktorite ehitamisega nagu ITER ja DEMO. Tuumasünteesil põhineva tööstusliku reaktori loomine, milles on oodata erakordselt võimsaid neutronite ja gammakiirguse voogusid, ei saa olla edukas ilma konstruktsiooni- ja funktsionaalmaterjalide (sh mitmete laia keelupiluga oksiidide, mida on plaanis kasutada tulevikureaktorite optilistes akendes, kaablites jne.) kiirgustaluvuse olulise parandamiseta. Projekt on keskendunud kristallvõre defektide tekke, migratsiooni, akumulatsiooni ja lõõmutuse uurimisele binaarsetes (Al_2O_3) ja kompleksoksiidides ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$). Tähtis on analüüsida kiirguskahjustuse efektiivsuse sõltuvust mitmetest parameetritest (kiirguse doos ja tüüp, materjali lisanditest, jne), et ennustada materjali käitumist sünteesireaktori seadmetes ja võimalikke kiirgustaluvuse tõstmise võimalusi. Erilist tähelepanu osutatakse lisandite rollile, andmed nende rollist neutron/ioonkiirituse poolt põhjustatud kahjustuses on väga harvad ja napid. Võrreldakse defektide evolutsiooni termokeemiliselt redutseeritud (TKR) oksiidides kiirete neutronite, prootonite ning suure energiaga raskete ionidega kiiritatud objektidega.

Kasutades spektroskoopilisi ja termoaktivatsioonilisi meetodeid ning teoreetilist modelleerimist on plaanis täita alljärgnevad peamised eesmärgid:

1. TKR ja kiirituse poolt tekitatud kristallvõre defektide spektroskoopiliste parameetrite määramine metallide oksiidides.
2. Defektide lõõmutamine kiiritatud ja TKR proovides. Kiirituse tüübi/doosi ja lisandite tüübi/kontsentratsiooni mõju.
3. F-tüüpi tsentrite konversioon ja vastava auktsentri tekke võrdlev uurimine kiiritatud ja TKR kristallides.
4. Teoreetilise mudeli loomine termostimuleeritud difusioon-kontrollitud F-tüüpi tsentrite annihilatsiooni ja agregatsiooni jaoks kiiritatud ja TKR kristallides, koos töös Läti teoreetikutega.

2.8 Fotoergastatud protsessid gaasfaasilistes ioonvedelikes ning ioonvedelik/substraat siirdekihtidel.

Photoexcited processes in gaseous ionic liquids and in ionic liquid-substrate interfaces.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Rainer Pärna, Ergo Nõmmiste, Vambola Kõsand*

Käesoleva doktoriprojekti eesmärk on uurida elektronstruktuuri ja fotoergastatud protsesse gaasilistes ioonvedelikes ning ioonvedelik/substraat siirdekihtidel. Kuna see valdkond on väga lai, siis kavatsame keskenduda ühele tüüpilisele ioonvedelike esindajale [EMIM][BF₄] (1-etüül-3-metüülimidasoolium tetrafluoroboraat). Doktoriprojekti peamised eksperimendid viiakse läbi uhiuuel FinEstBeaMS kiirekanalil Max IV sünkrotronil Lundis, Rootsis. Seejuures kasutatakse laia valikut sünkrotronspektroskoopia meetoditest: lennuaja massi-, röntgenneeldumis-, fotoelektronspektroskoopiat jt.

Mõistmaks paremini ioonvedelike elektronstruktuuri (näiteks küsimus, kuidas panustavad elektronstruktuuri formeerumisse katioonid ja anioonid) kavatsame esmalt uurida vabade molekulide omadusi. Gaasfaasi eksperimendid ioonvedelikega on suhteliselt komplitseeritud ioonvedelike madala aururõhu tõttu, kuid siiski võimalikud. Gaasfaasi eksperimentide tulemusi kavatsame muu hulgas kasutada ka eksperimentaalseks võrdlusmaterjaliks *ab initio* teoreetiliste arvutuste jaoks.

Praktiliste rakenduste jaoks on eriti olulised protsessid ioonvedelik/substraat siirdekihtidel. Käesolevas projektis kavatsame uurida üliõhukesi ioonse vedeliku kilesid substraadil ülikõrgvaakumi tingimustes. Siirdekihtidel avalduvate efektide analüüsil kavatsame kasutada erinevaid substraate ja erineva paksusega üliõhukesi ioonvedeliku kilesid alustades osaliselt kaetud monokihist. Meetoditest kavatsame siirdekihtide uurimisel kasutada fotoelektron-, fotoneeldumis- ja resonantset Auger spektroskoopiat.

2.9 Skaleeruv süsteem satelliitide langetamiseks madalalt Maa orbiidilt.

Scalable deorbiting system for satellites in LEO.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Andris Slavinskis, Mart Noorma*

Doktorantuurikoht annab võimaluse välja töötada plasmapiduri tehnoloogia, mis võimaldaks madalal Maa orbiidil tiirlevaid satelliite orbiidilt langetada. Uurimus on hõlmab nii turu-uuringut kui praktilist tööd ning toimub koostöös Tartu Ülikooli, Tartu Observatooriumi, Soome Meteoroloogia Instituudi ja teiste rahvusvaheliste partneritega. Uurimustöö eesmärgiks on partneritega koostöös arendada plasmapiduri moodul ESTCube-2 pardale ning uurida piduri potentsiaalseid rakendusi tulevaste missioonide jaoks. Uurimistöö tulemusena peaks plasmapidur jõudma tehnoloogia valmidustasemeni 5 ehk on valminud lennumudel, mida orbiidil karakteriseerida.

2.10 Esimest järku elektronõrgad kiirgusparandid polariseeritud W-bosoni hadronlagunemisele.

First order electroweak radiative corrections to the hadronic decay of the W boson.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Stefan Groot*

Suures Hadronipõrgutis (LHC) leitud sündmuste andmekogus leidub suurt hulka sündmusi, kus topkvark laguneb W-bosonile. Elektronõrga vasakkäelise $V - A$ seose pärast on W-boson polariseeritud, ja kuna on ebastabiilne osake, laguneb kas leptoniliselt, s.t. leptonisse ja neutriinosse, või hadroniliselt, s.t. kahte kvarki, mis on nähtavad detektorites kimbudena. Nende lagunemissuunade nurgajaotus sõltub W-bosoni polarisatsioonist. Võrreldes mõõdetud nurgasõltuvust elementaariosakeste standardmudeli poolt ennustatud tulemusega lubab katsetada standardmudeli ennustusvõimet, eristades efektid, mis lähevad standard mudelist kaugemale. Selleks, et ennustusvõimet parandada, arvutame doktoritöö raames esimest järku elektronõrke kiirgusparandeid W-bosoni hadronlagunemisele, arvesse võttes nii W-bosoni polarisatsiooni kui kvarkide masse.

In the data base of events taken at the Large Hadron Collider (LHC) there is found a large amount of events where a top quark decays into a W boson. Because of the left-handed $V - A$ coupling the W boson is polarised, and because it is an unstable particle, the W boson decays either leptonically, i.e. into a lepton and a neutrino, or hadronically, i.e. into two quarks which are seen in the detectors as two jets. The angular distribution of the decay depends on the polarisation of the W boson. By comparing the measured angular distribution with the result predicted by the standard model of elementary particle physics, one can test the prediction of the standard model and discriminate effects from beyond the standard model. In order to improve the prediction, in the framework of the doctoral thesis first order electroweak radiative corrections for the hadronic decay of the W boson will be calculated, taking into account the polarisation of the W boson and the masses of the quarks.

2.11 Kadunud barüonid ja Universumi suuremastaabiline struktuur.

Missing Baryons and the Large Scale Structure of the Universe.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Jukka Nevalainen*

Praeguste teadmiste kohaselt on Universumi energiatiheduse põhikomponendid tume energia, tume aine ja barüonid. Barüonaine peaks andma umbes 5% universumi tihedusest. Vaatlustest ei ole aga õnnestunud lokaalses Universumis umbes poolt sellest ennustatud barüonilisest ainest detekteerida. Seda nimetatakse “kadunud barüonide” probleemiks.

Universumi suuremastaabilise struktuuri hüdrodünaamiliste mudelitest tuleneb, et kosmilise struktuuri filamendid peaksid sisaldama ka väikese tihedusega hajusat gaasi. See gaas, nn WHIM (soekuum tähtedevaheline keskkond) koosneb kahest komponendist. Enamik barüonidest peaks olema kuuma ($\log T(\text{K}) = 67$) plasma kujul ja kiirgama röntgenvahemikus. Gaasi väikese tiheduse tõttu on seda gaasi aga raske avastada. Parem võimalus on avastada sooja ($\log T(\text{K}) = 56$) gaasi, mis kiirgab kauges UV piirkonnas ning mida on võimalik avastada kaugete objektide spektrites esinevate neeldumisjoonte abil, kui vastavad gaasipilved paiknevad samal vaejoonel uuritavate kaugete objektidega. Kui kuuma ja sooja gaasi jaotust lugeda sarnaseks, siis annaks see infot ka kuuma gaasi jaotuse kohta. Antud projekti raames uurib doktorant, kuid hästi on kosmoloogilistes arvutisimulatsioonides korreleeritud kuuma ja sooja gaasi ruumjaotused (st kauge UV ja röntgenkiirgus) galaktikate filamentides. Seda iseloomustab WHIMi temperatuuri ja tugevalt ioniseeritud hapniku aatomite jaotus. Neid tulemusi on võimalik kontrollida, otsides kaugete objektide spektrites vastavaid neeldumisjooni. Neeldumisjoonte alusel on võimalik arvutada gaasi temperatuuri jaotust ja termodünaamilist olekut. Töö raames, ühe võimaliku varu ja lisasuunana, on võimalik uurida kuuma gaasi termodünaamilist olekut galaktikate filamentides, liites kokku erinevate filamentide röntgenkiirguse andmeid ning tugevdades nii võimalikku avastatavat signaali.

Antud projekti tulemusena võib saada hinnanguid WHIMi kuuma komponendi tiheduse jaotusele universumi struktuurides ja jõuda lähemale kadunud barüonide probleemi lahendamisele.

2.12 Haruldaste muldmetallide hüdriididel rajanevate nutimaterjalide esmaste printsiipide uuringud. First-principles studies on rare-earth metal-hydride-based smart materials.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Aleksandr Pištšev, Smagul Zh. Karazhanov*

Käesoleval ajal umbes 40% energiast kulutatakse linnades paiknevate hoonete valgustamiseks, kütmiseks ja jahutamiseks. Energia säästmine on eriti aktuaalne probleem suuremates linnades, kuna linnahoonete välisseinad sisaldavad palju suuri klaasaknaid. Tekkinud kõrgeid energiakulusid saab vähendada, rakendades spetsiaalset muudetavate optiliste omadustega akna kattedkihti, mida saab valmistada, kasutades nii-nimetatud fotokroomseid materjale. Doktoritöö projekt on pühendatud haruldaste muldmetallide hüdriididel rajanevate nutimaterjalide süstemaatilistele teoreetilistele uuringutele. Uurimistöö põhiline tuleneb faktist, et kui haruldaste muldmetallide hüdriidid on osaliselt oksüdeeritud vormis, saavad neil avalduda ebatavalised fotokroomsed omadused. Näiteks, see huvitav omadus oli eksperimentaalselt tõestatud Y-H-O süsteemides. Seoses sellega skandiumi, ütriumi, lantaani ja gadoliiniumi oksühüdriidid on antud projekti fookuses. Peamiseks eesmärgiks on nende ainete põhiomaduste modelleerimine, seletamine ja ennustamine aatomi tasemel. Selleks planeeritakse kasutada teoreetilisi meetodeid ja kaasaegseid arvutusvõimalusi, et simuleerida nimetatud ühendites aine- ja elektronsüsteemi struktuuri, kristallvõre dünaamikat ning aatomite (ioonide) vahelisi keemilisi sidemeid. Saadud detailse informatsiooni erinevad aspektid omavad suurt rakenduslikku tähtsust fotokroomsete seadmete projekteerimiseks. Saadud tulemused lubavad ka mõista fotokroomse efekti mikroskoopilist päritolu, ning annavad uusi võimalusi erinevate fotokroomsete materjalide kirjeldamiseks ja ennustamiseks.

2.13 Higgsi füüsika, inflatsioon ja tumeaine. Higgs physics, inflation and dark matter.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Antonio Racioppi, Laur Järv*

Peale seda kui Higgsi bosoni avastamine kinnitas Standardmudelit, kõrge energia füüsika uurimusrühmade eesmärgiks sai avastada uut füüsikat väljaspool Standardmudelit. Mõõdetud Higgsi bosoni mass (~ 126 GeV) on alla Standardmudeli vaakumi stabiilsuse piiri. T-kvargi Yukawa sidestus kutsub esile kvantparandusi, mis omakorda tekitavad tõelist vaakumit Higgsi skalaari jaoks äärmiselt kõrgete energiatega juures ($\sim 10^{26}$ GeV). Selle probleemi realistlikuma lahendusena vastutaks Higgsi potentsiaali stabiliseerumise eest uus füüsika väljaspool Standardmudelit. Vaatamata hiljutiste avastuste puudumisele LHC'st, kosmoloogilised ja astrofüüsikalised vaatlused juba annavad vihjeid uue füüsika sisu kohta. 95% universumi massist ei ole seletatav Standardmudeliga ning koosneb tumeenergiast (69%) ja tumeainest (26%). Tõendid viimase olemasolu kohta on olnud siiani ainult kaudsed ja gravitatsioonilised. Inflatsiooni teooria on parim lahendus mitmele kosmoloogilisele probleemile nagu horisont, lamedus, jne. Inflatsiooni lihtsaim mudel nõuab skalaarosakese inflatoni olemasolu kvaasilameda potentsiaaliga. Viimased BICEP2/Keck Array Collaboration andmed välistavad enamuse lihtsamaid mudeleid, mis viitab suhteliselt eksootiliste tõenäoliste parameetrite ruumile. Mitmed uurimustööd näitasid, kuidas inflaton võib kutsuda esile kiirguslikku elektronõrka sümmeetriat, ning kuidas tumeaine ja Higgsi bosoni koosmõju võib tekitada õiget reliktihedust lahendades vaakumi stabiilsuse probleemi. Kuid elegantne ja täielik mudel, mis vaatleb koos inflatsiooni, tumeainet ja Higgsi füüsikat, siiani puudub. Antud doktoriprojekti käigus läbiviidavad teoreetilised uuringud hõlmavad selle olulise tühikü täitmiseks sobivate minimaalsete mudelite konstrueerimist ja analüüsi. Täpsemalt uuritakse projektis (1) erinevaid tumeaine mudeleid lähtudes tumeaine osakeste spinnist, (2) inflatoni, tumeaine ja Higgsi interaktsiooni skeeme, (3) inflatoni ja gravitatsiooni vastasmõju skeeme. Käesolevat doktoritöö projekti avaldab mõju kõrge energia füüsika teaduse tulevikus, andes ühiseid vastuseid Higgsi füüsika, inflatsiooni ja tumeaine tuliste teemade kohta.

After the Higgs boson discovery confirmed the Standard Model (SM), the aim of the High Energy Physics (HEP) research communities is to discover New Physics (NP) beyond the SM. The measured Higgs boson mass of ~ 126 GeV is below the SM vacuum stability bound. Quantum corrections from top Yukawa coupling will induce a true vacuum for the Higgs scalar at extremely high energies ($\sim 10^{26}$ GeV). The more realistic solution of the problem is that NP beyond the SM is responsible for the stabilization of the Higgs potential. Despite the lack of NP discoveries from LHC, cosmological and astrophysical observations suggest the content of the NP beyond the SM. The 95% of the mass of the universe is not explained by the SM and consists of dark energy (69%) and DM (26%), the evidence of the existence of the latter being so far only indirect and gravitational. The inflationary theory is the best solution for cosmological problems like horizon, flatness, etc. The simplest model of inflation requires the existence of the inflaton, a scalar particle with a quasi-flat potential. The recent BICEP2/Keck Array Collaboration data are excluding most of the simple models, suggesting a quite exotic most probable parameters space.

Several studies have demonstrated how the inflaton can induce radiative electroweak symmetry and how the interplay of DM with the Higgs boson can produce the correct relic density solving the vacuum stability problem. However an elegant and complete model which addresses at once the issues of inflation, DM and Higgs physics is still missing. Theoretical study to be carried out in this PhD project comprises the construction and investigation of the minimal models that might fill such an important gap. More specifically, the project will examine (1) various DM scenarios considering the spin of dark matter particles, (2) interaction scheme of inflaton, Higgs boson and DM, (3) interaction scheme of inflaton and gravity. The PhD project will have a relevant impact in the future of the HEP research, providing common answers on the hot topics of Higgs physics, inflation and DM.

2.14 Attitude determination system for ESTCube-2 and interplanetary missions.

Asendi määramise süsteem ESTCube-2 ja planeetidevaheliste missioonide jaoks.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Andris Slavinskis, Mart Noorma*

See doktorantuurikoht annab võimaluse töötada uudsete nanosatelliitide alamsüsteemide väljaarendamisel Tartu Ülikooli ja Tartu Observatooriumi koostöös. Eesmärgiks on arendada välja satelliidi orientatsiooni määramise süsteemid kasutamiseks maalähedasel orbiidil ning ka Maa magnetväljast eemal olevatel missioonidel. Uurimistöö eesmärgiks on välja arendada süsteem, mis on võimeline sellistes keskkondades töötama ning testida seda järgmise satelliidi, ESTCube-2, peal. Töö tulemusena luuakse ka uus algoritm, mille eesmärgiks on satelliidi asendi määramise täpsust suurendada. Lisaks on võimalik seda süsteemi komertisaliseerida ning sellele aitab kaasa selle võimekuse demonstreerimine kosmosemissiooni käigus.

2.15 Radarkaugseire rakendused põllumajanduses. Synthetic aperture radar for agricultural applications.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Karlis Zalite, Mart Noorma*

Doktoritöö keskendub radarkaugseire põllumajandusrakenduste arendamisele ning vastavatele rakendusuringutele. Rakenduste kasutajatena nähakse nii talunikke ja põllumajandusühistuid (täppispõllunduse tehnoloogia radarkaugseire komponentide edasi arendamine) kui ka riigiasutusi nagu Eesti Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet (põllumajandustoetuste maksmise järelevalve). Lähteandmetena on fookuses peamiselt Euroopa Copernicus programmi Sentinel-1 ja Saksa TanDEM-X satelliitide paari mõõtmised. Sentinel-1 on eriline andmete ajalise tiheduse poolest - kogu Maa kaetakse keskmiselt iga 1,5-3 päeva järel ning moodustuvad väga tihedad aegread, kust rakenduste arendamiseks tuleb õppida radarisignaalist täpselt eristama ilmastiku, fenoloogia ning põllumajandusliku tegevuse mõju. Sentinel-1 on unikaalne ka oma 6-päevase intervalliga interferomeetriliste mõõtmiste poolest, mis on seni veel väga vähe läbi uuritud. TanDEM-X pika baasiga bistaatilised interferomeetrilised mõõtmised sobivad teoreetiliselt väga hästi taimede kõrguse mõõtmiseks, kuid erinevalt metsa kõrguse mõõtmisest on põllukultuuride ja metsikute rohttaimede radarkaugseire põhiskõrguse mõõtmist veel väga vähe uuritud. Nii Sentinel-1 kui ka TanDEM-X mõõtmiste täpsustamiseks ja vihma mõju arvesse võtmiseks kavatakse kasutada ilmaradarite andmeid (Eesti Ilmateenistuse Sürgavere ja Harku radarid).

Doktoritöö uurimistöo osa viiakse läbi Tartu Observatooriumi radarkaugseire töörühmas ning see on 2014-2016 kaitstud Kaupo Voormansiku, Karlis Zalite ning Aire Oleski doktoritööde loogiliseks jätkuks ning ehitab nende raames kogutud teadmiste pagasit edasi.

2.16 Uudse basaltkiulisanditega, ioniseeriva kiirguse varjestusomadustega betoonmaterjalide uuringud.

Development of novel concrete with basalt fiber additives for shielding applications of ionizing sources.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Madis Kõisk, Volodymyr Gulik*

Käesolev doktoritöö eesmärgiks on töötada välja uudne basaltkiu lisandiga betoonmaterjal ioniseerivate kiirgusallikate (peamiselt neutronallikate) varjestusomaduste parandamiseks. Lisaks varjestusomadustele paranevad oodatavalt ka betooni mehaanilised omadused. Töös analüüsitakse betooni koostise mõju, basaltkiu keemilist koostist, basaltkiu erinevaid doseerimiskoguseid ja boorlisandiga betooni B-10 põlemiskiirust neutronkiirituse tagajärjel. Modelleerimiste abil hinnatakse optimaalseid koostisosade proportsioone arvestades kiirgusallika tüüpi ja oodatavad neutronkiirituse intensiivsust ja aega. Modelleerimiseks kasutatakse Monte Carlo arvutusel põhinevaid tarkvarasid Serpent, Geant4 toolkit ja WinXCom. Töö hõlmab lisaks ka betoonproovide mehaanilisi teste, testid viiakse läbi koostöös ettevõtetega Rudus AS, Laiers Grupp OÜ, Basaltest OÜ.

3 Keemia instituut / Institute of Chemistry

3.1 ARC-inhibiitoritel põhinevad fotoluminestsents-sondid proteiinkinaaside analüüsiks.

ARC-based light-converting molecular devices for analysis of protein kinases.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Asko Uri*

Doktoriprojekt on suunatud erinevate analüüsimeetodite väljatöötamisele proteiinkinaaside (PKde) määramiseks. Uurimisrühmas arendatud ARC-inhibiitorite baasil konstrueeritakse erinevate fotoluminestsentsomadustega kõrge afiinsusega sondid, mida on võimalik kasutada biomeditsiinilises uurimistöös. Ka konstrueeritakse süsiniku nanoosakeste katmisel ARC-Lum(Fluo) sondidega uudsete optiliste omadustega nanoseadmed, mida on võimalik kasutada valkude aktiivsuse kaardistamiseks rakkudes.

Doktoriprojekt on suunatud ka mitmikanalüüsimeetodi väljatöötamisele proteiinkinaaside kui haiguste biomarkerite määramiseks bioloogilistes proovides. Uuritakse võimalusi kolmikkomplekside ARC-PK-Ab moodustamiseks. Selliste komplekside saamine on vajalik tundlike PK-spetsiifiliste analüüsimeetodite väljatöötamiseks, seda tehnoloogiat on võimalik kasutada selliste raskete haiguste varajases diagnostikas nagu vähktõbi ja diabeet.

3.2 Niiskusesisalduse mõõtmised teaduses ja tehnoloogias: referentsmaterjalid.

Moisture measurement in science and technology: reference materials.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ivo Leito*

Töö põhieesmärgiks on luua ja valideerida usaldusväärne meetoodika madalate veesisalduste määramiseks keerukates maatriksites. See omakorda on aluseks madala niiskusesisaldusega sertifitseeritud referentsmaterjalide valmistamisele erinevates olulistest maatriksites (polümeerid, paber, puit jne). Olulisimate probleemide – raskused madalate niiskusesisalduste mõõtmisel, niiskusesisalduse muutumine ajas, pakendi mõningane niiskuse läbilaskvus – saavad ületatud meetoodika arenduse, modelleerimise, laboritevaheliste võrdlusmõõtmiste ja pikaajaliste stabiilsustestide abil. Töö baseerub üle-Euroopalise projekti METefnet algsetele tulemustele ja toimub koostöös Euroopa niiskuse mõõtmise alaste tippasjatundjatega. Töö tulemusena saab loodud korralik vundament niiskusesisalduse määramise sertifitseeritud referentsmaterjalide tootmiseks madala niiskusesisaldusega proovide jaoks.

3.3 Elektrilise kaksikkihi ehitus ioonsete vedelike segudes ja energia salvestamise võimalused erinevatel elektroodidel.

Electric double layer structure and energy storage characteristics of ionic liquid based systems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Enn Lust*

Uuetüübilisi elektrilise energia salvestamise ja muundamise seadmeid iseloomustavad ülikõrge võimsustihedus ja ülikõrge stabiilsus tsüklerimisel. Ioonsetel vedelikel ja nende segudel põhinevaid energiasalvestusseadmed on suure potentsiaaliga valkond ja nende laialdaseks komertsiaalseks levikuks on esmalt vaja aru saada elektroodide pinnal toimuvatest elektrokeemilistest protsessidest. Antud doktoritöö raames rakendatakse erinevaid moodsaid *in situ* ja *in operando* elektrokeemilise analüüsi tehnikaid ning samuti uusimaid tihedusfunktsionaalil põhinevaid kvantkeemia ja molekulaardünaamika arvutusmeetodeid, mõistmaks ioonsete vedelike ioonide ja elektroodi pinna vahelisi interaktsioone ning seega elektrilise kaksikkihi ehitust. Lisaks fundamentaalse elektrokeemia seisukohast oluliste parameetrite ja süsteemide uurimisele võimaldavad saadud tulemused optimaalsemalt valida antud elektroodidele sobivaimad elektrolüütide segud.

3.4 Massiülekandeprotsesside kiiruse uurimine tahke elektrolüüdi, keemilise barjäärkihi ja elektroodi vahelistel piirpindadel.

Rate of mass transfer at solid electrodes/ chemical barrier layer/ electrode interfaces.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Enn Lust*

Juurutatakse fokuseeritud ionkimp-lennuaja-sekundaarioonide massispektromeetria meetodikat (FIB-TOF-SIMS) tahkeoksiidsete kütuseelementide (SOFC) katoodis, anoodis, elektrolüüdis ja nende piirpindadel toimuvate pindkihtide moodustumise kineetiliseks analüüsiks. Uuritakse katoodi, anoodi ja rakupotentsiaali mõju anoodide, katoodide ja piirkihtide keemilisele koostisele. Selgitatakse välja ioonide, eriti Sr^{2+} , Cr^{x+} , Co^{3+} jt difusiooni kiirused erineva poorsusega elektrolüü- ja anoodikihtides ning analüüsitakse rakupotentsiaali mõju Sr^{2+} , Cr^{x+} , Co^{3+} ioonide massiülekandele. Teostatakse mõõtmised tsüklilise voltamperomeetria, impedants-spektroskoopia ja kronoamperomeetria meetodil ning arvutatakse ühikrakkude võimsustiheduse väärtused ja võrreldakse neid FIB-TOF-SIMS, FIB-SEM-EDX ja XRF meetoditel saadud andmetega. Uuritakse lisandeid (lämmastiku, fosfori, leelismetallide ja halogeenide ühendeid) sisaldavate kütuste ja õhu saastavat mõju anoodide, katoodide ja elektrolüütide pindkihtide koostisele.

3.5 Madala toksilisusega ioonsete vedelike segude karakteriseerimine arvutuskeemia meetodite abil ja süntees.

Computational characterization and synthesis of low-toxicity ionic liquids mixtures.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Vladislav Ivaništšev, Kaija Pöhako-Esko*

Ioonised vedelikud on soolad, mis on toatemperatuuril vedelas olekus. Viimastel aastakümnetel on ioonseid vedelikke laialdaselt uuritud, sest neil on palju potentsiaalseid rakendusalasid tänu nende unikaalsetele füüsikalistele ja keemilistele omadustele, mille hulka kuuluvad ülimald aururõhk, kõrge termiline ja keemiline stabiilsus, omapärased lahustavad omadused ning kõrge juhtivus. Ioonised vedelikud on juba leidnud kasutust näiteks elektrokeemilistes elementides, orgaanilises sünteesis, ainete eraldamisel, analüütilises keemias ning nanotehnoloogias. Kuna erinevaid potentsiaalseid ioonsete vedelike struktuure on väga palju, siis mängivad erinevad arvutuskeemia meetodid tähtsat rolli nii ioonsete vedelike fundamentaalsete omaduste uurimisel kui ka uute ioonsete vedelike disainil.

Kiiresti arenev suund uute ioonsete vedelike disainis on segude moodustamine. Ioonsete vedelike segamine teiste ioonsete vedelikega või orgaaniliste solventidega annab täiendava võimaluse optimeerida solvendifaasi omadusi erinevate praktiliste rakenduste tarbeks. Segude moodustamise abil saab näiteks madaldada ioonsetele vedelikele omast suhteliselt kõrget viskoossust või alandada solvendi sulamistemperatuuri, mis võimaldab kasutada selliste ioonide kombinatsioone, mis puhtas aines oleks toatemperatuuril tahkes olekus.

Ioonsete vedelike segude uurimine on aga komplitseeritud nii praktiliselt, sest peab uurima paljusid erinevaid ainete kompositsioone, kui ka arvutuskeemia meetodite jaoks, sest kasutatav metoodika peab olema piisavalt võimekas kirjeldama erinevate ioonide vahel olevaid keerukaid interaktsioone ning struktuurseid iseärasusi.

Antud projekti eesmärk on töötada välja arvutusmetoodika ioonsete vedelike ja nende segude füüsikaliste ning keemiliste omaduste hindamiseks. Järgnevalt kasutatakse seda arvutusmetoodikat ära, et leida uusi atraktiivsete omadustega ioonsete vedelike segusid, millest parimad ka järgnevalt sünteesitakse. Keskendutakse madalatoksilistele ja biolagunevatele ioonidele, mis leiaks rakendust superkondensaatorites, bioaktuaatorites ja -sensorites.

3.6 Hapniku elektroredutseerumine erinevatel nanostruktuursetel metallkatalüsaatoritel.

Electroreduction of oxygen on various nanostructured metal catalysts.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kaido Tammeveski, Heiki Erikson*

Dokoritöö raames on plaanis uurida erinevatel nanostruktuursetel pallaadiumit sisaldavatel katalüsaatoritel hapniku elektrokeemilist redutseerumist. Madalatemperatuursete kütuseelementide arendus kestab pidevalt ja viimastel aastatel on alusliste kütuseelementide vastu huvi kasvanud. Kuna hapniku redutseerumise reaktsioon katoodil on kütuselemendi efektiivsust limiteeriv ja hetkel kasutatakse seal katalüsaatoriks kallihinnalist plaatinat, kuid sarnaste omaduste tõttu on odavam pallaadium sobiv asendus, seda eelkõige leeliselises keskkonnas, kuna happelises keskkonnas on Pd vähem stabiilne. Doktoritöö raames on plaanis valmistada uusi nanostruktuurseid katalüsaatoreid ja uurida nende hapniku redutseerumise aktiivsust. Töö esimeses osas on uuritud hapniku redutseerumist suurepinnalisele süsinikule kantud erisuurustel Pd nanokuupidel leeliselises lahuses. Järgmise etapina on plaanis uurida hapniku elektrokeemilist redutseerumist erinevatele süsinik-kandjatele elektrosadestatud pallaadiumil, et leida sobivaim alusmaterjal palladiumkatalüsaatorile. Seejärel on plaanis uurida pallaadiumi sulameid erinevate siirdemetallidega, et suurendada katalüsaatori aktiivsust ja stabiilsust eelkõige happelises lahuses. Sulamid on plaanis valmistada elektrosadestamise teel nii planaarsele elektroodile kui ka erinevatele poorsetele süsinikkandjatele. Selleks, et vähendada väärismetalli hulka on plaanis kasutada galvaanilist vahetust, kus esmalt valmistatakse elektroodile õhuke siirdemetalli (Cu, Co, Ni, Fe jne.) kile vaakumaurustamise teel ja seejärel vahetatakse selle pindkiht Pd ioone sisaldavas lahuses galvaaniliselt ringi. Selliselt saadakse tuum-kest tüüpi osakesed, kus sisemuses odav metall ja sellel on kestaks õhuke kiht (sisuliselt monokiht) väärismetalli. Saadud katalüsaatoreid on plaanis testida ka kütuseelemendis ning saada-
vad teadmised võiks aidata ka tulevikus paremate katalüsaatorite sünteesil.

3.7 Biosensorsüsteemid patogeeni *Streptococcus uberis* määramiseks Biosensing systems for the detection of *Streptococcus uberis* bacteria

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Toonika Rinke*

Patogeenide kiireks identifitseerimiseks on välja töötatud mitmeid immunosensoreid, kus süsteemi keskseks komponendiks on antikehadel põhinev selektiivne äratundmissüsteem. Hetkel puudub aga vastav sensorsüsteem *Streptococcus uberis*'e, ühe olulisema keskkonna kaudu leviva piimalehmadel mastiiti põhjustava patogeeni, määramiseks.

Eelnevalt on uurimisrühmas disainitud ja toodetud spetsiifilised anti-*S. uberis*'e vastased antikehad. Sellest tulenevalt on doktoritöö eesmärk välja arendada immunosensor *S. uberis*'e kiireks määramiseks piimas, kasutades toodetuid antikehasid kahe erineva mõõteplatvormi võrdluses. Töö esimeseks etapiks on polükloonaalsete *S. uberis*'e antikehade spetsiifilisuse iseloomustamine ning vajadusel monokloonaalsete antikehade tootmine. Järgmiseks etapiks on sobivate antikehade kasutamine biosensorsüsteemi välja töötamisel, kus signaali ülekandmiseks kasutatakse kahte erinevat süsteemi: 1) mikrograanulite voogisestusanalüüsi koos optilise signaali detekteerimisega, 2) elektrilist bioimpedantsi mõõtmist. Töö jätkub mõõteplatvormide võrdlemise- ja edasise optimeerimisega, et leida sobivaim algoritm süsteemi kalibreerimiseks. Samuti iseloomustatakse töö käigus parameetreid, mis hõlmavad biosensori selektiivust, analüüsi aega, saadud tulemuste usaldusväärsust ning süsteemi eluiga. Viimase sammuna testitakse biosensori rakendatavust *S. uberis*'e määramiseks toorpiimas nii laboratoorsetes kui ka farmi tingimustes.

3.8 Hapniku elektrokatalüütiline redutseerumine mitteväärismetallkatalüsaatoritel.

Electrocatalysis of oxygen reduction on non-precious metal catalysts.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kaido Tammeveski, Ivar Kruusenberg*

Madalatemperatuuriliste kütuselementide laiemat kasutust piirab peamiselt kallihinnaline platinakatalüsaator, mis on kütuseelemendi katoodimaterjaliks. Platinat on parim katalüsaator hapniku elektrokeemilisele redutseerumisreaktsioonile, kuid selle kõrge hind ja piiratud kättesaadavus on põhilised tegurid, mis on viinud alternatiivsete katalüsaatorite otsingutele. Viimasel aastakümnel on suurimat perspektiivi nähtud eelkõige siirdemetallide ja lämmastikuga dopeeritud süsinikmaterjalide kasutamises kütuseelemendi katoodimaterjalina. Seetõttu uuritakse selles doktoritöös põhjalikult hapniku elektrokeemilist redutseerumist N-dopeeritud süsinikmaterjalidel (eelkõige süsiniknanotorud, grafeen jt) ning nendest valmistatud komposiitidel. Need materjalid näitavad kõrget elektrokatalüütilist aktiivsust leeliselises keskkonnas, aga happe lahustes on nende hapniku redutseerumise aktiivsus oluliselt madalam. Seetõttu on happelises keskkonnas kõrgema aktiivsuse saavutamiseks vajalik lisada N-dopeeritud süsinikmaterjalidele siirdemetall (Co, Fe, jt). Nende materjalide valmistamiseks kasutatakse odavaid lämmastikkusisaldavaid ühendeid ja metallisoola ning saadud segu pürolüüsitakse kõrgematel temperatuuridel. Seejärel viiakse läbi põhjalikud hapniku elektroredutseerumise uuringud pöörleva ketaselektroodi ja pöörleva rõngas-ketaselektroodi meetodil ning teostatakse sünteetisid materjalide pinna analüüs, kasutades mitmeid füüsikalisi uurimismeetodeid. Fenomenoloogilisel lähenemisel sõelutakse välja parima elektrokatalüütilise aktiivsusega materjalid ning seejärel testitakse neid kütuseelemendi tingimustes. Doktoritöö tulemusena loodetakse saada kõrge aktiivsuse ning stabiilsusega katalüsaatormaterjalid nii anioonvahetusmembraaniga kui ka prootonvahetusmembraaniga madalatemperatuuriliste kütuseelementide jaoks.

3.9 Epigeneetiliste protsesside madalmolekulaarsed regulaatorid. Small-molecule regulators of epigenetic processes.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mati Karelson*

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on leida esimesi RNA epigeneetilise metüleerimisega seotud ensüümide aktiivseid ligande, nii inhibiitoreid kui ka aktivaatoreid. Nimetatud ensüümid jagunevad kolme rühma, s.o. metüülrühma nukleiinhappesse sisestavad metüültransferaasid („kirjutajad“), metüülrühma eemaldavad demetülaasid („kustutajad“) ning metüülrühma olemasolu kindlakstegevad valgud („lugejad“). Töös keskendutakse enim levinud 6-metüüladenosiiniga (m6A) seotud ensüümidele. Töö esimeses faasis kasutatakse metüültransferaasi Mettl3/14 ligandide leidmiseks kaasaegseid arvutikeemia ning bioinformaatika meetodeid, sh. molekulaarsildamist, molekulaardünaamikat ning kvantmehaanika kombinatsiooni molekulaarmehaanikaga (QM/MM). Järgmiseks rakendatakse sama lähenemist teiste RNA m6A metüleerimisega seotud ensüümide FTO, AlkBH5, YTHDF1 ja YTFDC1 aktiivsete ligandide leidmiseks. Lõppeesmärgiks on välja arendada RNA m6A metüleerimist reguleerivate nn. väikeste molekulide kogum, mis võimaldaks juhtida rakkude proliferatsiooni ja diferentseerumist soovitavas suunas. Vastavad bioloogilised katsed viiakse läbi koostöös Helsingi Ülikooli uurimisgruppidega (E. Kankuri, M. Saarma). Töö käigus otsitakse uudseid võimalusi parendamiseks olemasolevaid teoreetilisi meetodeid suurte molekulaarsete süsteemide kirjeldamiseks (kvantrajektooride meetodil põhinev molekulaardünaamika, elektron-tuumade dünaamika).

3.10 Värvide sideainete kvantitatiivne analüüs erinevate instrumentaalmeetoditega.

Quantitative analysis of binding materials in paints with different instrumental techniques.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ivo Leito, Signe Vahur*

Maalikunstis kasutatavad värvid on väga keerulised mitmekomponendilised segud. Kui tegemist on vanade ja kultuuriväärtuste seisusse jõudnud teostega, siis on materjalide koostis tänu lagunemis- ja muundumisprotsessidele veelgi komplitseeritum. Materjalide keemilise koostise (eriti kvantitatiivse koostise) tuvastamine on materjaliteadlastele siia maani väljakutseks. Käesoleva doktoriprojekti põhieesmärgiks on metodoloogilise baasi väljatöötamine värvide sideainete (nii ühe, kui kahekomponendiliste süsteemide) kvantitatiivse koostise määramiseks, kasutades kombineeritult erinevaid instrumentaalmeetodeid (GC-MS, ATR-FT-IR, LC-MS, MALDI, ESI ja APCI ionisatsiooniallikatega FT-ICR-MS jt). Sellisel viisil ei ole kombineeritult erinevaid, samas üksteist täiendavaid, meetodeid värvide sideainete tuvastamiseks varem kasutatud. Doktoriprojekti jooksul välja töötatud meetodite komplekti saab lisaks kultuuriväärtuste proovidele edukalt kasutada ka materjaliteaduste valdkonnas, toiduainetehnoloogias, kriminalistikas jne erinevat tüüpi materjalide keemilise koostise analüüsimiseks.

3.11 Molekulaarse lähenemine biokeemiliste interaktsioonide ja kõrvalmõjude modellerimiseks ja uurimiseks bioloogilistes süsteemides.

Molecular approach to biochemical interactions and side-effect modeling and investigation in biological systems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Uko Maran, Alfonso T. Garcia-Sosa*

Arvutuslik keemiline genoomika ammutab informatsiooni bioloogilistest ja keemilistest andmebaasidest ning süstematiseerib selle keemilises bioloogias ja ravimiarenduses kasulikeks seosteks ja sellest tuletatavateks uuseteks keemilisteks ühenditeks. Käesolev doktoritöö analüüsib keemiliste ühendite bioaktiivsusi ja võimalikke toksilisi mõjusid, leides esmakordselt seoseid mittesoovitavaid kõrvalmõjusid põhjustavate anti-sihtmärkide (valkude) kollektsoonide ja nendega seonduda võivate ligandide vastastikuse mõju vahel. Sellist keemilise ühendi ohutuse arvestamist biokeemiliselt aktiivsete ühendite disaini varajases faasis ei ole veel süstemaatiliselt uuritud, kuid samas võib see viia tänaste tööstuses kasutatavate tehnoloogiate ümbervaatamiseni. Selgemad teadmised ligandide samaaegsetest interaktsioonidest mitme sihtmärgiga aitavad paremini mõista organismide vastupanu võime küsimusi näiteks juhtudel kui valgud muteeruvad. Käesoleva doktoritöö uurimuse raames, leitakse keemilistest ja toksilistest omadustest tuletatavaid teadmisi ja seaduspärasusi ligand valk interaktsioonides, kasutades üha rohkem kättesaadavaid post-genoomika ajastu keemilisi ja bioloogilisi andmeid. Biokeemiliselt aktiivsete ühendite, eriti ravimite, avastamist kimbutavad ühendid, mis on ebaefektiivsed ja/või ohtlikud, tänu toksilisusele ja erinevatele kõrvaltoimetele ning mis seetõttu lõpetavad arendusprojekte ja juba toimivaid ravilahendusi. Samas arendades molekulide varajase disaini etapis ühendite multi-interaktsioonide profile, sh. madal toksilisust, võttes arvesse soovitud interaktsioonid ja näidates ära mittesoovitavad efektid, aitab oluliselt vähendada ebaõnnestumistee määr ja kulutusi, ning võimaldab välja pakkuda uusi ühendeid, millel on suurem tõhusus ja ohutus. Nendest eeldustest lähtuv tegevus on seni andnud häid tulemusi madala toksilisusega HIV pöördtranskriptaasi ja integraasi inhibeeriivate molekulide leidmiseks. Käesolev doktoritöö arendab edasi senitehtut ja saab toimuma koostöös teiste instituutidega Eesti ja ka Euroopas eelpoolmainitud ja/või teiste viiruslike, parasitide, põllumajanduslike ja inimese süsteemide korral.

Computational Chemo-Genomics takes information from biological and chemical databases and transforms it into tools and compounds beneficial in chemical biology and drug design. This doctoral research will consider the bioactivity and toxicology of compounds and, for the first time, find links to collections of anti-targets and ligands. Incorporating compound safety early into the design process of biochemically active compounds is not yet performed in a systematic way, but can disrupt current technologies used in industry. Understanding multi-target interaction is also expected to reduce resistance problems that can emerge, for example, when a target mutates. Within the current doctoral research, knowledge and rules are expected to be developed about chemical and toxicological features using chemical and biological data that are becoming increasingly available in the post-genomic era. Biochemically active compounds (in drug discovery in particular) are plagued by compounds that are ineffective and/or unsafe, leading to problems with toxicity and side-effects, which terminate projects and solutions. A way to develop compounds' multi-interaction profile and low toxicity that early in the design process considers wanted interactions and avoids undesired effects, would reduce failure rates and costs, and provide new compounds with a higher chance of proving effectiveness and safety. Using multi-targets and anti-targets, as well as safe libraries has led to us developing new, low toxic compounds for HIV reverse-transcriptase and integrase. Work is carried out in ongoing collaborations with other institutes in Estonian and European partners for these and/or other viral, parasitic, agricultural, and human systems.†

3.12 Keemiainformaatiline lähenemine ioonsete vedelike omaduste analüüsiks ja modelleerimiseks.

Chemoinformatics approach for analysing and modelling the properties of ionic liquids.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Uko Maran, Sulev Sild*

Ioonsed vedelikud pakuvad suurt huvi tööstusele ja teadusele, asendades traditsioonilisi kergesti lenduvaid orgaanilisi solvente ohutumate või paremate alternatiividega, seda nii sünteesi ja katalüüsi, elektrokeemia, kemikaalide eraldamise ja ekstraheerimise, analüütilise keemias, bio- ning materjali-tehnoloogiaga seotud rakendustes. Plaanitava doktoritöö teemaks on ioonsete vedelike efektiivne analüüs, keskendudes mitmekomponendiliste süsteemide modelleerimisega seotud probleemidele. Töö eesmärgiks on aidata mõista füsikokeemiliste interaktsioonide mehhanisme kemikaalide sattumisel ioonsetesse vedelikesse, ning kuidas modelleerida selliseid mehhanisme ja prognoosida nendest tulenevaid omadusi. Selleks kasutatakse *in silico* lähenemist, sealhulgas keemia informaatika analüüsi ning kvalitatüüvset ja kvantitatiivset struktuur-omaduse või struktuur-aktiivsuse sõltuvusi (QSPR/QSAR). Sellised meetodid võimaldavad täita lünki kemikaalide kohta käivates teadmistes, kui vastavad ekserimendi andmed on puudulikud või need puuduvad üldse. QSPR/QSAR meetodikate uued väljakutsed tulenevad juba mõõdetud keemiliste ühendite struktuurse mitmekesisuse kasvust ning uute keemiliste ühendite omaduste prognoosimisest erinevates otsustusprotsessides. Samuti võimaldab meetodika ka peenhäälestada iooniliste vedelike omadusi konkreetsetele rakendustele, viies sisse modifikatsioone nende komponentide keemilises struktuuris. Kokkuvõttes hakkab see doktoritöö uurima kompleksseid seoseid iooniliste vedelike omaduste ja nende keemilisi struktuuri vahel, mis lõpptulemusena jõuab uudsete lähenemisteni, mis võimaldavad disainida uusi ioonilisi vedelike.

Ionic liquids have gained strong interest in chemical industry and research to replace traditional volatile organic solvents as safer or better alternatives in synthesis and catalysis, electro chemistry, separation and extraction chemistry, analytical chemistry, biological and material engineering applications. The proposed doctoral research is about effective modelling of ionic liquids in very diverse datasets with focus on multicomponent systems. Particularly it is dedicated on the modelling of ionic liquids with the aid in understanding physicochemical interaction mechanism when chemical enter into the ionic liquids and how to model and predict such interactions. For this *in silico* approaches, such as chemo-informatics analysis and qualitative and quantitative structure-property and structure-activity relationships, QSPR/QSARs, will be used. Such methods allow bridging the lack of knowledge about chemicals when little or no experimental data are available. The QSPR/QSAR methodology development faces new challenges that are related with the increasing diversity of chemical compounds measured and the new ones that need predictions for decision support. The methodology also allows fine tuning the properties of ionic liquids for specific applications by introducing small changes to the chemical structure of its components. In summary this doctoral thesis will investigate complex relationships between the properties of ionic liquids and their chemical structure, eventually leading to the development of novel approaches for designing new ionic liquids.

4 Eesti Mereinstituut / Estonian Marine Institute

4.1 Mitte-lineaarsed ja ajas muutuvad seosed Läänemere pelagiaalsetes ökosüsteemides.

Non-linear and non-stationary relationships in the Baltic Sea pelagic ecosystems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Riina Klais, Henn Ojaveer*

Ajas muutuvad, mitte-lineaarsed ja kompleksed seosed mereökosüsteemide eri komponentide vahel on uus ja hetkel väga aktuaalne teema mereteaduses, sest enamus traditsioonilisi, lineaarsetel seostel põhinevaid meetodeid, ei suuda kirjeldada ökoüsteemide toimimist adekvaatselt. Samas on järjest enam jõutud arusaamisele, et enamus protsesse looduslikes ökosüsteemides on oma olemuselt mitte-lineaarsed. Seetõttu on seni jäänud nõrgaks ka erimevate mudelite võime ennustada ökosüsteemide funktsioneerimist ja reaktsiooni tulevikus muutuvatele keskkonnateguritele ja inimõjule. Viimase aja temaatilisest teaduskirjandusest leiab mitmeid näiteid ja soovitusi meetoditest, mis võiks paremini sobida komplekssete, ajas muutuvate ja mitte-lineaarsete põhjuslike seoste tuvastamiseks. Käesoleva doktoriprojekti eesmärk on rakendada mitte-lineaarseid ja korrelatiivseid aegridade analüüsi meetodeid Pärnu ja Liivi lahe zooplanktoni ja kevad räime pikaajalise dünaamika (alatest 1950-ndaist) uurimiseks, ning selle dünaamika aluseks olevate seoste tuvastamiseks.

4.2 Suspensioonis olevate osakeste omaduste hindamine Pärnu jõe väljavoolu mõjualal in-situ ja satelliidi andmete põhjal.

Study of suspended particles characteristics in Pärnu river ROFI, using in-situ and satellite data.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Martin Ligi, Tiit Kutser*

Eesti rannikuveed on madalad, pehme aluspõhjaga ja oluliselt mõjutatud merre suubuvatest jõgedest. Seetõttu on vee optilised omadused tugevalt mõjutatud heljumist, mis on merre kantud kas jõgedega või tugeva tuulega põhjast üles kistud. Pärnu jõgi, mis suubub Pärnu lahte on Eesti suurim jõgi ning jõesuudmes olev heljum on selgelt nähtav satelliidipiltidel. Heljumi omadused ning päritolu Pärnu lahes on tugevalt varieeruvad ning neid on senini vähe uuritud. Setete dünaamika rannikualal võib tugevalt mõjutada sealseid ökosüsteeme ning lahe majandamist ning seetõttu on sellel alal teadmiste omandamine oluline.

Koostöös CEFREM laboriga (Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens), mis on CNRS ning Perpignani Ülikooli ühisüksus Lõuna-Prantsusmaal, organiseeritakse välitööd kevad- ning suveperioodidel, et uurida aastaegade sõltuvat heljumi omaduste muutumist erinevate väljavoolu tingimuste puhul (kevadine suurvesi ning suvine kuivem periood). Kasutame mõõtmistel Many et al., (2016; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.12.010>) poolt tutvustatud uudset lähenemist ja CEFREM'i instrumente in-situ osakeste tunnusjoonte mõõtmiseks. Eeskujuks võetakse välitööd Rhone'i jõe ROFI (Region of freshwater influence). Täiendava informatsiooni saamiseks kasutatatakse Tartu Observatooriumi ning Eesti Mere Instituudi olemasolevaid instrumente.

Analüüsime Pärnu jõe settepilve eripära ja hindame nii kliimatilist kui ka soolsuse mõju, võrreldakse kogutud teavet kahe Lähistroopikas paikneva Prantsuse jõega. Kärestikulise mägiõõ La Têt ROFIga, mis asub Lõuna-Prantsusmaal Hispaania piiri lähedal Vahemeres ning ühe Euroopa suurima jõe Le Rhône'i ROFIga, mis asub Prantsusmaa kaguosas Vahemeres. Nende jõgede magevee mõjualade heljumi ilmastikust ning aastaegade tulenevat varieeruvust on juba veidi uuritud. La Têt ROFI aga tuleks teha välitööd, et katsetada uut lähenemist, misjärel saab saadud tulemusi võrrelda. Peale välitööde andmete töötlemise ning interpreteerimise analüüsime ka satelliidipilte. Kasutatakse Sentinel-2 ning Landsat-8 andmeid, et eristada heljumit CDOM'st, mineraalset osa orgaanilisest ja katsetada meetodeid osakeste suuruse, geomeetria, kontsentratsiooni ning päritolu tuvastamiseks.

5 Molekulaar- ja rakubioloogia instituute / Institute of Cell and Molecular Biology

5.1 1. Toksiin-antitoksiin süsteemide mõju *Pseudomonas putida* kohasusele.

Fitness effects of toxin-antitoxin systems in *Pseudomonas putida*.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Rita Hõrak*

Bakterite kromosoomides on arvukalt toksiin-antitoksiin (TA) süsteeme, mis kodeerivad kasvu inhibeerivat või bakteri surma põhjustavat toksiini ja selle aktiivsust takistavat antitoksiini. Kui osad genoomsed TA süsteemid on ilmselt mobiilsete elementide inaktiivsed jäänukid, siis teisi seostatakse bakterite stressitaluvuse, muuhulgas antibiootikumitolerantsuse, suurendamisega. Samas pole genoomsete TA süsteemide tähtsus bakteri bioloogias sugugi selge ja teemat käsitsevates artiklites leidub palju vastuolulisi tulemusi. Käesolevas projektis kavatsen süstemaatiliselt analüüsida 15 bioinformaatiliselt ennustatud genoomse TA lookuse mõju *Pseudomonas putida* kohasusele. Kavatsen analüüsida antitoksiinidefektseid tüvesid, et hinnata toksiinide toksilisuse määra ja mõju bakteri kohasusele. Kõigi 15 TA süsteemi järjestikuse deleteerimisega selgitame TA süsteemide võimalikku summaarset efekti bakteri kohasusele erinevates stressitingimustes. Kirjeldame bakteri kohasust mõjutavate TA süsteemide molekulaarseid toimemehhanisme.

5.2 Variatsioonide detekteerimine inimese genoomist kasutades variandi-spetsiifilisi k-meere.

Detecting variations from human genome using variant-specific k-mers.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Maido Remm*

Paljud inimese genoomi variatsioonid on seostatud erinevate tunnuste ning haigustega. Nii nende kui uute variatsioonide tuvastamise võimekus on oluline erinevatel aladel nagu assotsiatsiooniuringud, personaalne meditsiin ning evolutsiooniuringud.

Teise generatsiooni sekveneerimise tehnoloogia on laialdaselt kasutatav inimese genoomi variatsioonide uurimisel. Variatsioone määratakse enamasti meetoditega, mis asetavad sekveneerimisandmetes olevad lühikesed DNA järjestused referentsgenoomile ning kasutavad seejärel statistilist analüüsi genotüüpide kindlakstegemisel. Nende meetodite ajakulu saab lugeda päevades ning vaja on kogenud eksperte, kes on kursis kasutatava tarkvara pakutavate võimalustega ning oskavad valida igale andmehulgale parimad parameetrite väärtused.

K-meere, lühikesi DNA järjestusi pikkusega k , saab kasutada suurte andmehulkade efektiivseks töötlemiseks arvutis. Selle omaduse tõttu on k-meere kasutatud erinevatel eesmärkidel ka genoomiuuringutes, kuid siiani mitte variatsioonide määramiseks. K-meeride abil saaks variatsioone inimese genoomist leida tunduvalt kiiremini, kui seda võimaldavad praegused meetodid, saavutades seejuures vähemalt praeguste meetoditega samaväärse või suurema tundlikkuse ja spetsiifilisuse.

Töö eesmärk on töötada välja metoodika ning luua tarkvara k-meeride abil variatsioonide määramiseks inimese genoomist. Selle töö raames kirjutatakse tarkvara ning pannakse kokku andmebaas sobivatest k-meeridest a) 30 miljoni dbSNP andmebaasis oleva SNV määramiseks, b) polümorfsete Alu kordusjärjestuste leidmiseks ning c) amülaasi geeni korduste arvu kindlaks tegemiseks sekveneerimisandmetest.

5.3 Tsirkuleeriv DNA kasvajate diagnostilise ja prognostilise biomarkerina.

Circulating DNA as a diagnostic and prognostic biomarker for cancer.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Neeme Tõnisson, Andres Metspalu*

Maaailma Terviseorganisatsiooni (WHO) andmetel on kopsuvähk enim surmasid põhjustav kasvaja. Kuna varajase staadiumi kasvajakad üldjuhul ei põhjusta sümptomeid, on diagnoosi hetkeks sageli tegemist kaugelearenenud kasvajatega. Kasvajamaterjali analüüs eeldab enamasti invasiivset proovivõttu, mis takistab selle kasutamist. Plasmast pärit rakuvaiba DNA molekulaardiagnostilise analüüsi eeliseks on vähene invasiivsus, võimalus saada terviklik pilt kasvaja erinevates kolletes esinevatest mutatsioonidest ja muutuste jälgimine erinevatel ajahetkedel.

Siirdemeditsiini-alase doktoritöö käigus plaanitakse määrata biomarkeritena kasvajaseoselisi geneetilisi ja epigeneetilisi muutusi kopsuvähi ja teiste paikmete kasvajatega uuritavate rakuvabast DNA-st. Esmalt alustame suunatud piirkondade analüüsist, aga plaanime lisaks ka ülegenoomseid uuringuid, mis võimaldavad ka hüpoteesivaba lähenemist. Kloonalse evolutsiooni määramiseks viiakse uuringuid võimalusel läbi erinevatel ajahetkedel kogutud materjalidel.

Doktoritöö innovaatilisus seisneb uudse kasvajaseoselise materjali tehniliselt keerukas analüüsis, millel samas on potentsiaalselt oluline tähtsus haigete ravimeetodite valikul.

5.4 Toitumismustrid, nende geneetiline taust ja mõjud metaboolsele profiilile ning terviseriskidele TÕ Eesti Geenivaramu kohordis.

Dietary patterns, their genetic and socio-demographic background, effects on metabolic profile and health indicators in the Estonian Biobank cohort.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Krista Fischer, Tõnu Esko, Andres Metspalu*

On teada, et inimese toitumismustrid mõjutavad potentsiaalselt mitmeid tervisega seotud aspekte, näiteks haigestumist koronaararterite haigusesse (CAD) või tüüp II diabeeti (T2D), metaboolset profiili ning suremust. Seejuures mõjutab inimese toitumist nii tema geneetiline kui sotsiaalne ja demograafiline taust, ning toitumisega on tihedalt seotud ka mitmed muud elustiili-faktorid. Mõistes paremini seda, kuidas täpselt on toitumine seotud inimese tervisenäitajatega ja kui suures osas need seosed on otseselt põhjuslikud (mitte ei peegelda teiste toitumisega seotud tegurite mõjusid), oleks võimalik välja töötada suunatud toitumisjuhiseid ning hariduslikku laadi sekkumisi, mis pikas perspektiivis aitaks vähendada kroonilistesse haigustesse haigestumist ning enneaegset surma. Uute seoste leidmine toitumismustrite ning metaboolse profiili vahel võib avardada teadmistebaasi tervisliku metaboolse profiili saavutamise ja hoidmise kohta.

Esitatud projekti eesmärgiks on esmalt töötada välja meetodid, mis võimaldaks efektiivselt kasutada lihtsa toitumisküsimustiku andmeid 52000 TÕ Eesti Geenivaramu geenidonoril, moodustades neist tunnuseid, mis kirjeldavad üldiseid toitumismustreid. Sellised tunnused võimaldavad järgnevalt avastada, kirjeldada ja mõista seoseid toitumismustrite ning geneetiliste ja fenotüüpiliste tunnuste vahel. Mõistmaks toitumise geneetilist tausta, viiakse läbi ülegenoomne assotsiatsiooniuuring. Samuti pakub huvi toitumismustrite prognostiline väärtus terviseriskide hindamisel ning seosed metaboolse profiiliga. Teine eesmärk on *Mendelian Randomization* meetodi abil hinnata leitud seoste põhjuslikkust, kasutades instrumentidena toitumisega seotud geneetilisi variante.

5.5 Saastaineid lagundavate keskkonnabakterite evolutsioonimehhanismid.

Evolution mechanisms of pollutants degrading environmental bacteria.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Maia Kivisaar*

Kavandatud doktoritöö eesmärgiks on selgitada saastaineid lagundavate keskkonnabakterite evolutsioneerumisega seotud mehhanisme. (1) Võrdleme stressivastuseid ja mutatsioonisagedust saastainete (näit. fenoolsed ühendid) juuresolekul bakterites, kus vastava saastaine lagundamisega seotud geenid on juba pikaajaliselt olemas ning kus bakter on need geenid alles omandanud. (2) Loodusest isoleeritud fenoolseid ühendeid lagundavad *Pseudomonas fluorescens* bakteritüved PC20 ja PC24 sisaldavad mitmeid koopiaid vigu tekitavate DNA polümeraaside Pol V ja DnaE2 (ImuC) geene. Selgitame nende DNA polümeraaside mõju bakterite stressitaluvusele ja evolutsioneerumise võimekusele (ingl. k. *evolvability*), viies läbi konkurents- ja mutageneesikatseid nende DNA polümeraaside olemasolul ja puudumisel. (3) Viime läbi laboratoorse evolutsioonikatse erinevaid kataboolseid plasmide sisaldavate bakterite segapopulatsioonis eesmärgiga selgitada uue katabolismiraja kujunemise mehhanisme tingimustes, kus lisaks genomisestele muutustele toimub ka geenide horisontaalne geeniülekanne (HGT). Seni on enamus laboratoorseid evolutsioonikatseid teostatud tingimustes, kus HGT-d ei toimu. Saadud tulemuste põhjal hangitud teadmised võiksid olla rakendatavad teadmispõhises biotehnoloogias, mis on suunatud keskkonnakaitsele. Samuti võiksid saadud tulemused lisada ka uut informatsiooni bakterite evolutsioneerumise mehhanismide kohta keskkonnastressi tingimustes.

5.6 1. Ribosomi proteoomi muutused bakterirakkudes. Dynamics of ribosomal proteome in bacterial cells.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Aivar Lii, Lauri Peil, Jaanus Remme*

Ribosoomid on makromolekulaarsed kompleksid, mis koosnevad kolmest, kuni neljast RNA molekulist ning paljudest väikestest valkudest. Ribosoomid viivad läbi valkude biosünteesi, mis on fundamentaalse tähtsusega kõikides elu domeenides. Ribosoomid interakteeruvad mitmete faktorite ja valkudega oma elutegevuse käigus – seda kogumiku võib lihtsustatult nimetada ribosomaalseks proteoomiks. Osad interaktsioonid ribosomaalses proteoomis on sagedased, teised jällegi väga spetsiifilised rakkude kasvu- ja/või stressitingimustele. Prokariootsed organismid veedavad enamuse oma elust muutuvates kasvu- ja stressitingimustes, mis tähendab, et ribosoomide efektiivseks funktsioneerimiseks on vajalik adapteerumine muutuvatele tingimustele. Ribosoomiga interakteeruvaid faktoreid ning valke on uuritud varasemaltki, aga vähe tähelepanu on keeratud terve ribosomaalse proteoomi iseloomustamisele. Käesoleva uurimisprojektiga üritame täiendada meie teadmisi sellest, kuidas mõjutavad kasvutingimused ribosoomi ning ribosomaalset proteoomi. Nende teadmiste põhjal on võimalik arendada uusi ning efektiivsemaid ravimeid bakteriaalsete infektsioonide vastu. Meie hüpotees on, et ribosomaalses proteoomis toimuvad muutused, mis on kooskõlas kasvutingimuste muutustega. Selle uurimiseks kasutame kaasajase proteoomika meetodeid. Töö toimub kahe labori oskusteabe rakendamise tulemusena.

5.7 Irc3 valgu biokeemiliste parameetrite analüüs. Biochemical characterization of Irc3p.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Juhan Sedman*

Doktoritöö projektis esitatavad küsimused on järgmised:

1. Mitokondriaalse DNA helikaasi Irc3 kompleksi moodustumise ja kaksikahelalise DNA peal translokatsiooni kineetiliste parameetrite analüüs. Nukleiinhappe koostise ning ahela pikkuse mõju kineetilistele parameetritele
2. Irc3 helikaasi aktiivsuse analüüs D- ja R- luup struktuuridel.
3. Irc3 helikaasi aktiivsus nukleiinhape-valk komplekside katkestamisel.
4. *C. albicansi* Irc3 mutandi analüüs.

5.8 Iidsete Lääne-Aasia mõjutuste iseloomustamine tänapäeva lõuna-aasialste genoomides.

Characterization of Ancient West Eurasian influences within the genomes of modern South Asians.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mait Metspalu, Luca Pagani, Toomas Kivisild*

Viimase 40 tuhande aasta jooksul on Indiasse saabunud erinevat päritolu inimgrupe, kelle geneetiline pärand on säilinud tänapäevani. Eristatud on kaks peamist geneetilist komponenti ANI ja ASI, vastavalt Põhja- ning Lõuna-India päritolule (1). ANI on lähim tänapäevastele Kaukaasia populatsioonidele (2,3), kuid vana DNA analüüsid näitavad Lääne-Euraasias kogu inimasustuse jooksul toimunud suuri gruppide liikumisi, mistõttu pole selge kust ANI komponent Indiasse kandus. Lisaks sellele on indiasisese ANI ja ASI segunemise vanus palju noorem (3) kui meie poolt hinnatud ANI sisseränne (2).

Siinse projekti tuum on arendada välja uudne meetod genoomi lõikude päritolu määramiseks, kaasates analüüsi raamistikku ka vana DNA andmeid. Esmalt tuvastatakse kaas-aegsete indialaste genoomis ANI päritolu piirkonnad, määratakse nende algpäritolu ning Indiasse saabumise aeg. Lõuna- ning Lääne-Aasia populatsioonides piiritletakse ANI komponendi tänapäevane levik, kusjuures vana DNA võimaldab jälgida komponendi liikumist Lõuna-Aasiasse üksteisele järgnevate ajastute geneetilise diversiteedi taustal. Peamised vajaminevad andmemahud on projekti jaoks olemas, kuhu liidetakse ka uusi Kaukaasia ja Lõuna-Aasia populatsioonide andmestikke.

5.9 Genoomse konteksti spetsiifilised geneetilise diversiteedi mustrid inimesel.

Investigating genomic context specific patterns of genetic diversity in human genomes.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mait Metspalu, Luca Pagani, Toomas Kivisild*

Heterosügootsuse tase inimese kromosoomide vahel on väga erinev, nähtus meie hiljutisest 150-st maailma eri populatsioonist pärit 400 inimese kõrgkatvusega sekveneeritud genoomi analüüsist (1). Kromosoomid 1,2,16, ja 21 heterosügootsus eristub oluliselt genoomi-ülesest keskmisest. Lisaks on kromosoomidel 16, 19 ja 21 ka suurem divergents šimpansi vastavatest kromosoomidest (2). Arvame, et genoomsed tunnused (CpG, distaalsed regioonid, Giemsa tumedad alad), mis on ilmselt inimese ja šimpansi kromosoomidevaheliste erinevuste (2) ning inimese mega-aluspaari tasemel esineva geneetilise diversiteedi muutlikuse põhjustajaks, on ka meie poolt nähtud heterosügootsuse mustrite tekitajaks. Hiljutised kontekstispetsiifilise mutatsioonikiiruse uuringud on näidanud mikrokonteksti rolli mutatsiooniprotsessides ning loodusliku valiku osa nende kujundamisel (4,5). Seni teadaolevalt ei ole inimese kromosoomides esinevat heterosügootsuse muutlikuse mustreid, diversiteeti jne põhjalikult populatsioonigeneetilisest perspektiivist uuritud. See projekt kasutab ära juba olemasoleva TU-EGV suure (N=2500) kõrgkatvusega täisgenoomide andmestiku, mis võimaldab uurida genoomse konteksti spetsiifilisi geneetilise diversiteedi mustreid enneolematu täpsusega ja ilma PCR-ist või raamatukogude ettevalmistusest tuleneva kallutatusega. Esmalt tuvastame kromosoomide tunnused ja genoomse konteksti elemendid, sh koopiaarvu liig või vähesus, mis kõige paremini ennustavad geneetilise varieeruvuse parameetreid kromosoomi piirkondades. Teises sammuna uurime protsesse, mille kaudu erinevad genoomsed elemendid kujundavad geneetilise diversiteedi mustreid kromosoomidel. Looduslik valik on ilmselge kohaliku genoomse konteksti diversiteedi vormija, seega on täpne positiivse ja negatiivse valiku ja nende mõjude – valiku luuatõmbe ja taustavaliku iseloomustamine projekti võtmekomponente.

6 Matemaatika ja statistika instituut / Institute of Mathematics and Statistics

6.1 Markovi väljade lähendamine Markovi ahelatega.

Approximation of Markov random fields with Markov chains.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kristi Kuljus*

Hidden Markov random field models (HMRFs) and hidden Markov chain models (HMCs) are both subclasses of latent variable models, where it is assumed that observed data exhibits unobserved patterns that can be described by latent variables. Whereas HMCs are suitable for modelling data that are ordered in time or space, HMRFs enable to account for spatial dependence in data more generally, because the Markov random field concept extends the Markov property from the basic chain structure to spatial structures. Probabilistic models based on Markov random fields are widely used for example in bioinformatics, image analysis, medical statistics and many other application fields.

A priori, HMRFs are better suited for working with spatially dependent data, but compared to the HMCs they are computationally much more expensive. It is more difficult to estimate the parameters of HMRFs and in general, it is not possible to calculate optimum estimates analytically. A clear advantage of HMCs is that dynamic programming algorithms can be used in computations, which facilitates parameter estimation and inference for the latent variables considerably. Therefore, an interesting alternative to HMRFs is to use HMCs by applying different space filling curves. A space filling curve converts spatial data to an observation chain, which can then be analysed by using HMCs. The main purpose of the project is to investigate when it is suitable to substitute a complex HMRF model with a simpler HMC model.

6.2 Nanotalade ja plaatide analüüs ning optimeerimine. Analysis and optimization of nano-beams and plates.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Jaan Lellep*

Uuritakse nano-materjalist valmistatud talade ja plaatide käitumist neile rakendatud väliskoormuse mõjul. Töö eesmärgiks on leida nano-talade ja plaatide optimaalsed parameetrid antud kitsenduste korral. Eeldatakse, et plaadid ja plaadi ribad on tükiti konstantse paksusega ning et paksuse hüppe kohtades asuvad praod ehk materjali defektid. Eristatakse juhtusid, kui on tegemist paindega ning stabiilsuse kaoga. Viimasel juhul mõjub koormus tala telje sihis. Prao mõju tala või plaadi käitumisele modelleeritakse nn. jaotatud väändvedru meetodil, mis võimaldab hinnata siirete ja deformatsioonide tundlikkust prao parameetrite suhtes.

Määratakse tala kriitiline koormus ning uuritakse tema sõltuvust prao parameetritest. Kasutatakse mittelokaaalse elastsusteooria põhivõrrandeid. Selle teooria kohaselt sõltub pingeseisund keha antud punktis deformatsiooniseisundist keha igas punktis. Seda kontseptsiooni võimaldavad realiseerida integraalvõrrandid sobivalt valitud tuuma korral. Antud tööde tsüklis kasutatakse Eringeni pakutud lihtsustatud variant, kus võrrandi tuum on esitatud Diraci deltafunktsiooni abil.

6.3 Kahe barjääriga ülesanded Lévy riskiprotsside korral. Two barrier problems in case of Lévy risk processes.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kalev Pärna*

Riskiteooria ja kindlustusmatemaatika üks tähtsamaid uurimisobjekte on riskiprotsess, mis modelleerib kindlustuskompaniiri rikkust ehk ajavahemikul $[0, t]$ laekunud kindlustuspreemiate summa ning samal perioodil tehtud väljamaksete summa erinevust. Keskne küsimus on siin järgmine: kui suur on tõenäosus, et riskiprotsess muutub mingil ajahetkel t negatiivseks ("laostub")? Klassikalised tulemused selles valdkonnas on pärit aastatest 1920-40 (Cramér, Lundberg). Pärna ja Lokk (2004) uurisid nn kahe barjääri probleemi ja leidsid tõenäosuse selleks, et algnivoolt u lähtudes protsess jõuab etteantud ülemisele nivoole v enne, kui ta laostub. Asmussen ja Albrecher (2010) on käsitlenud laostumis-tõenäosusi üldisemate protsesside korral. Antud doktoriprojekti eesmärgiks on saada uusi analüütilisi tulemusi kahe barjääri ülesandes järgmistel üldistel tingimustel: 1) preemiate laekumise protsess on Lévy protsess (näiteks triiviga Browni protsess ja/või hüppeprotsess), 2) väljamaksete vaheline juhuslik aeg on suvalise jaotusega.

6.4 Gälbalgebrad Galbed algebras

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mart Abel*

Eksponeentsiaalsetes gälbalgebratest ja gälbruumidest kirjutab esimesena Philippe Turpin 1970-ndatel. Seejärel saabus sellel teemal paus, mille katkestas Mati Abel, hakates 1990-ndatel kasutama eksponeentsiaalseid gälbalgebraid mõningate Gelfand-Mazuri algebratega seotud tulemuste tõestamisel. Aastatel 2001-2007 muutus gälbalgebrate teema aktuaalsemaks läbi Mart Abeli, Mati Abeli ja Veiko Lehto kirjutatud artiklite, kus uuriti gälbalgebrate struktuuri sügavamalt. Sellest ajast tänaseni pole aga seda teemat eriti edasi uuritud. Teisalt on märke, et gälbalgebrate ja nendega seotud tingimuste kasutamine võiks aidata võtta kasutusele jadade ja ridade teooriast tuntud meetodeid asendamaks poolnormide ja normidega seotud meetodeid topoloogiliste algebrate uurimisel. Samuti oleks vajadus ülevaatlikuma teose järele, mis võtaks kokku erinevates artiklites ja raamatutes avaldatud gälbalgebratega seotud mõisted ja tulemused, et luua baas gälbalgebratega edaspidi tõsisemalt tegelemiseks.

Töö üheks eesmärgiks oleks erinevate topoloogiliste algebrate klasside kirjeldamine gälbalgebratega seotud mõistete abil, misjärel saaks gälbalgebratega seotud uurimismeetodeid kasutada topoloogiliste algebrate struktuuri paremaks uurimiseks.

6.5 3-Lie algebrad diferentsiaalgeomeetrias ja kalibratsiooniväljateooriates.

3-Lie algebras in differential geometry and gauge field theories.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Viktor Abramov*

On kavas uurida Lie algebra ternaarset üldistust, mida nimetatakse 3-Lie algebraks, ja selle rakendused kaasaegse teoreetilise füüsika kõrgemat järku kalibratsiooniväljateooriates. 3-Lie algebra mõiste oli välja töötatud ja uuritud V.T. Filippovi töödes ja hiljem osutus väga tähtsaks struktuuriks klassikalise mehaanika üldistuses, mis oli välja töötatud Nobeli füüsikapreemia 2008 laureaadi Y. Nambu töödes. Viimastel aastatel oli leitud seos 3-Lie algebrate ja kõrgemat järku kalibratsiooniväljateooriate vahel, ja sellega seoses antud uurimisvaldkond hakkas kiiresti arenema. On kavas leida teatud tüüpi 3-Lie algebrate klassifikatsiooni ja leida uued lõpmatu-mõõtmelised 3-Lie algebrad kasutades kaasaegse diferentsiaalgeomeetria struktuure (vektorväljade Lie algebra ja diferentsiaalvormide algebra siledal muutkonnal). On plaanis uurida seostuse 1- vormi väärtustega 3-Lie algebras ja kasutada mainitud vormi kõrgemat järku kalibratsiooniväljateooria struktuuri uurimiseks. On teada, et Lie algebra mõistet on võimalik laiendada gradueeritud struktuuridele, ja vastavat laiendit nimetatakse Lie superalgebraks. Lie superalgebrad on väga tähtsad supersümmeetrilistes väljateooriates. Meil on leitud meetod 3-Lie superalgebrate tekitamiseks, kui on antud Lie superalgebra ja super jälg. On kavas uurida indutseeritud 3-Lie superalgebrate klassi (struktuur, klassifikatsioon, kohomoloogiad) ja rakendada vastavat klassi supersümmeetrilistes väljateooriates.

6.6 Kvantaalide Morita ekvivalentsus. Morita equivalence of quantales.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Valdis Laan*

Kvantaal on täielik võre, millel on defineeritud kahekohaline assotsiatiivne korrutamistehe, mis on kooskõlas ülemiste rajade võtmisega. Kvantaalid esinevad loomulikul viisil paljudes kohtades matemaatikas ja matemaatilises loogikas. Klassikaline Morita teooria loodi 1950-ndatel aastatel ühikelemendiga ringide jaoks. Kahte ühikelemendiga ringi nimetatakse Morita ekvivalentseteks, kui moodulite kategooriad üle nende ringide on ekvivalentsed. Morita teooriat võib pidada üheks olulisemaks tööriistaks ringide struktuuri uurimisel. Aastate jooksul on analoogilised teooriad välja arendatud paljude erinevate struktuuride jaoks: ühikelemendita ringid, monoidid, poolrühmad, kategooriad, operaa-toralgebrad jne. Kvantaalide Morita teooria arendamist on alustanud oma artiklites Jan Paseka, kuid siiski on veel palju küsimusi, mis on selles valdkonnas vastuseta. Me plaanime uurida järgmisi probleeme:

1. Kas kvantaalide puhul langevad Morita ekvivalentsus ja tugev Morita ekvivalentsus kokku? Tugeva Morita ekvivalentsuse defineerime Morita kontekstide abil.
2. Milliseid omadusi jagavad kõik Morita ekvivalentsed kvantaalid (selliseid omadusi nimetatakse Morita invariantideks)?
3. Kirjeldada kõik kvantaalid, mis on Morita ekvivalentsed teatud heade omadustega kvantaalidega.

7 Ökoloogia ja maateaduste instituut / Institute of Ecology and Earth Sciences

7.1 Maastikustruktuuri ning elurikkuse roll niitude ökosüsteemiteenuste pakkumisel Importance of landscape and biodiversity on the provision of ecosystem services in grassland ecosystems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Avaliina Helm*

Niidukoosluste elurikkus sõltub ajaloolisest ja tänasest maastikustruktuurist ning elupaiga ruumilisest omadustest. Sarnaselt elurikkusele võivad maastikustruktuuriga olla seotud ka ökosüsteemide poolt pakutavad looduse hüved (ökosüsteemiteenused). Maastiku rolli looduse hüvede pakkumisel on väga vähe uuritud ning on teadmata, kas ja mil määral võivad dünaamiliste maastike elurikkusele iseloomulikud ajalised viibed (nt. väljasuremisvõlg) mõjutada ökosüsteemiteenuste pakkumist. Projekti eesmärgiks on tuvastada ökosüsteemiteenuste pakkumise seosed tänase ja ajaloolise maastikustruktuuriga ning ennustada elupaikade taastamisel muutunud maastike mõju looduse hüvedele. Projekti tulemusena täienevad oluliselt teadmised ökosüsteemide toimimisest. Tulemustel on oluline rakenduslooduskaitstes ja elupaikade taastamises, võimaldades maksimeerida looduse hüvesid dünaamilistes maastikes.

7.2 Soo- ja mageveesammaltaimede tumeda elurikkuse seosed keskkonnaga.

The relations between mire and freshwater bryophytes' dark diversity with environment.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Nele Ingerpuu*

Sammaltaimede ökoloogiat ja mitmekesisust on tunduvalt vähem uuritud kui soontaimedel, seda eriti veekooslustes. Samas on sammaltaimed ühed tähtsamad taimekoosluste komponendid nii soodes kui mageveekogudes. Nad on peamised turbatekitajad, süsiniku sidujad ning mageveevarude loojad, vee puhtuse indikaatorid ning olulised elupaigad selgrootutele ning vetikatele. Sammaltaimede liigirikkus koosluses oleneb kohaliku liigifondi suurusel, koosluste fragmenteeritusest ja liikide tunnusrühmadest. Veekooslused on maismaakooslustega võrreldes rohkem ohustatud nii reostuse kui invasiivliikide poolt. Paigale omase liigifondi puuduvat osa nimetatakse tumedaks elurikkuseks. Tume elurikkus on hea vahend elupaikade seisundi hindamiseks.

Käesolevas doktorantuuri projektis ühendatakse Tartu Ülikoolis olemasolevad kompetentsid brüoloogia, looduskaitseteaduse ja tumeda elurikkuse teooria vallas.

Doktorantuuri projekti jooksul lahendatakse järgnevad probleemid: 1) mis määrab sammaltaimede tumeda elurikkuse suuruse mageveekogudes, 2) kuidas reageerivad erinevad liigirühmad elukeskkonna muutustele ja 3) mis on tähtsaimad tegurid sammaltaimede loodusliku mitmekesisuse säilitamiseks soo- ja veekooslustes. Probleemide lahendamiseks kogutakse andmeid nii andmebaasidest kui teaduskirjandusest, lisatakse varem olemasolevad publitseerimata andmekogumid ning täiendatakse neid ka välitööde käigus. Andmestike analüüsimise ning erinevate kooslusetüüpide võrdlemise tulemusel tehakse teoreetilised üldistused püstitatud probleemide lahendamiseks.

7.3 Seente klassi *Dacrymycetes* süstemaatika ja evolutsioon. Systematics and evolution of complexity in *Dacrymycetes*.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Urmas Kõljalg*

7.4 Globaalmuutused ja tume elurikkus: taksonoomiline ja funktsionaalne lähenemine.

Dark diversity dynamics linked to global change: taxonomic and functional perspective.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Meelis Pärtel*

Inimese poolt tekitatud globaalsed muutused kliimas ja maakasutuses muudavad ökosüsteemide liigilist koosseisu. Ökoloogia proovib prognoosida, millised liigid tulevikus võivad kaduda või oma arvukust suurendada. Selle eesmärgi juures saab kasutada kahte hiljuti välja pakutud kontseptsiooni: tumedat elurikkust (puuduolevad potentsiaalsed liigid) ja teisenenud elurikkust (mittekaraktersed olemasolevad liigid pärast uudset välismõju). Lisaks neile hõlmab see projekt veel funktsionaalsete tunnuste käsitlemist ja püstitab kaks eesmärki: (1) aru saada, millised taksonoomilised ja funktsionaalsed muutused toimuvad tumedas ja teisenenud elurikkuses globaalmuutuste käigus, (2) ennustada ökosüsteemi talitluse muutusi kasutades tumeda elurikkuse funktsionaalset profiili. Testitakse kolme hüpoteesi: (a) globaalmuutuste käigus muutub enam tumeda elurikkuse funktsionaalne profiil kui suurus; (b) maakasutuse muutused avaldavad tumeda elurikkuse dünaamikale enam mõju kui kliimamuutused; (c) praeguse tumeda elurikkuse funktsionaalse profiili analüüsi abil saab ennustada ökosüsteemi muutuseid. Töös kasutatakse Euroopa taimkatteanalüüside andmebaasi EVA (> 1 milj. taimkattekirjeldust), globaalseid kliima ja maakasutuse andmeid ning taimeliikide funktsionaalsete tunnuste andmebaase. Tumeda ja teisenenud elurikkuse käsitlemist ning funktsionaalsete tunnuste integreerimist annab võimsa tööriista ennustamiseks ökosüsteemide muutuseid. See aitab aru saada ökosüsteemide toimimisest, globaalmuutuste mõjust neile ning lõpptulemusena saame edukamalt kaitsta elurikkust keskkonda.

7.5 Taimekoosluste mükoriisete tunnuste variatsioon seoses looduslike tingimuste ja maakasutusega.

Land use induced variation in mycorrhizal trait composition of plant communities under different climatic and edaphic conditions.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Martin Zobel, Mari Moora, Guillermo Bueno*

Taimekoosluste mükoriisete tunnused iseloomustavad mükoriisa (seenjuure) tüüpi (näiteks ektomükoriisa, arbuskulaarne mükoriisa jpt) ning taimeliigi mükoriisete staatust (kas taim on obligatoorselt või fakultatiivselt mükoriisne, või mittemükoriisne). Mükoriisete tunnuste struktuur taimekoosluses ütleb palju valitsevate keskkonnatingimuste kohta. Samas sõltub mükoriisetest tunnustest taimekoosluste vastus inim mõjule. Selle kohta, kuidas tunnuste spekter keskkonnas muutub ning kuidas see mõjutab taimekoosluste dünaamikat, on informatsiooni ülivähe. Meie uurimisgrupp on selles valdkonnas teedrajav, M. Moora eestvõttel on loodud taimede mükoriisete tunnuste andmebaas ('Mycoflor'). Meie eesmärgiks on liikida selle innovaatilise teematikaga edasi ja välja selgitada, kuidas taimekoosluste reaktsioon maakasutusele sõltub mükoriisete tunnuste spektrist?

7.6 Eestlaste ruumiline integratsioon Soomes Helsingi piirkonnas. Spatial integration of Estonian minority groups in Helsinki area.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Anneli Kährik, Jussi Jauhiainen, Tiit Tammaru*

Doktoriprojekti eesmärk on välja selgitada eestlastest vähemuse ruumiline segregatsioon Helsingi piirkonnas aastatel 2000–2014, ning uurida, kuidas erinevad individuaalsed tegurid mõjutavad integratsiooniprotsessi Soome ühiskonda. Projekt uurib eestlaste ruumilisi trajektoore erinevates elusfäärides nagu elupaigad ja töökohad, ning nende vastastikust seost ja selle mõju integratsioonile. Täpsemad uurimisküsimused:

1. Millised on eestlaste elukohapõhise ruumilise paiknemise mustrid Helsingi piirkonnas ning muutused aastatel 2000–2014, kuidas need erinevad sotsiaal-majanduslike ja demograafiliste gruppide lõikes?
2. Millised on töökoha segregatsiooni mustrid Helsingi piirkonnas elavate/ töötavate eestlaste puhul, ning kuidas on need muutunud aastatel 2000–2014?
3. Mis tegurid selgitavad eestlastest vähemuse paremat ruumilist integratsiooni Helsingi piirkonnas? Kuidas on integratsioon seotud sotsiaalse mobiilsusega, ning teiste individuaalsete teguritega?
4. Mil moel tajuvad integratsiooni kulgemist erinevate elusfääride lõikes Soomes elavad/ töötavad eestlased ise? Mis on nende poolt tajutud riskitegurid, mis takistavad / võimaldavad integreerumist Soome ühiskonda?

Andmeallikateks on Soome kombineeritud registrite andmed (rahvastikuregister, töökohtade register jne), kus eestlaste gruppi analüüsitakse võrdluses teiste ethniste vähemustega. Kolmandale uurimisküsimusele vastamisel kasutatakse küsitlusandmeid ning kvalitatiivsel meetodil läbiviidud intervjuude andmeid. Andmete analüüsimeetoditeks on kirjeldav meetod (näiteks kasutatakse erinevaid indekseid), ning mudelitel põhinev uuriv meetod, viimase puhul kasutatakse longituudset lähenemist.

7.7 Juurte toitumisstrateegiad keskkonnagradientidel. Foraging strategies of absorptive roots along environmental gradients.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ivika Ostonen-Märtin*

Metsade maa-aluse osa ehk juurte tähtsus maismaaökosüsteemide ainerings ja süsinikubilansis tõusis teadusuuringute fookusesse, kui läinud sajandi 80-ndatel aastatel avastati, et põhjapoolsetes boreaalsetes metsades võib kuni 75% puistu aastasest netoproduktioonist minna puude peenjuurtesse. Tänapäevaks on selgunud, et metsade kohanemisel keskkonnamuutusega on võtmeroll juurestiku, sealhulgas ka sümbiontsete mükoriisaseente ja juurepinnal elavate mikroobikoosluste kohanemisel. Juurte kohanemist (kohastumist) hinnatakse mitmesuguste juureparameetrite abil. Antud doktoritöö eesmärgiks on analüüsida juurte toitumisstrateegiaid keskkonnagradientidel muutuvates tingimustes. Juurte kohanemist (kohastumist) hinnatakse mitmesuguste juureparameetrite abil. Eraldi eesmärk on analüüsida millised juureparameetrid kirjeldavad kõige paremini muutust ökosüsteemide maa-aluses süsinikuringes. Eesmärgi saavutamiseks mõõdetakse ja analüüsitakse väga laia spektrit juureparameetreid piki keskkonnagradiente, erinevatesse metsakasvukohatüüpidesse kuuluvates kuusikutes, männikutes ja kaasikutes.

Süsinikuvoogude hinnangud ökosüsteemide maa-aluses osas on endiselt ebatäpsed. Selle üks põhjustest on metodoloogiline - peenjuurte kasvudünaamikat ja produktsiooni mõõdetakse enamasti destruktiivselt. Minirisotronide meetodit on peetud vähem destruktiivseks, kuna see võimaldab jälgida juurte kasvu reaalselt. Siiski on samaaegne erinevate meetodite kasutamine ühes kasvukohas harv nähtus, kuna on väga töömahukas. Üks selle töö eesmärkidest on mõõta peenjuurte produktsiooni mitmes erinevas metsakasvukohatüübis samaaegselt mitme meetodiga ning analüüsida juureproduktsiooni hinnangute määramismeetodist tulenevat varieeruvust.

7.8 Mõõdetud ja mudeldatud kasvuhoonegaaside vood erineva maakasutusega endistelt turbakaevandusaladelt.

Measured and modelled greenhouse gas fluxes from former peat extraction fields with different landuse.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kaido Soosaar, Andis Lazdinš, Ülo Mander*

Kasvuhoonegaaside roll kliima soojenemises on ammu kindlalt tõestatud, kuid endiste turbakaevandusalade roll sõltuvalt maakasutustüübist gaaside emissioonile, eeskätt selle dünaamikale on veel suures osas selgitamata. Käesoleva projekti eesmärgiks on:

1. keskenduda mahajäetud turbakaevandusalade erinevatele kasutusvõimalustele;
2. mõõta ja analüüsida CO₂, CH₄ ja N₂O voogusid erinevalt majandatavatelt endistelt turbakaevandusaladelt;
3. hinnata kasvuhoonegaaside bilanssi kasutuses olevates endiste turbakaevandusaladel;
4. tuua välja võimalused, kuidas muuta kasutusest väljas olevad turbakaevandusalad süsinikku akumul eerivateks ökosüsteemideks võttes arvesse erinevaid keskkonnapareetreid;
5. välja töötada kasutuses olevatele turbakaevandusalade emissiooni faktorid sõltuvad maakasutustüübist ning järgides IPCC juhendmaterjali "Märgalad".

7.9 Lisaenergia kasutamise mikroobsete puhastusprotsesside intensiivistamiseks tehismärgalades.

Microbial fuel cells for the enhancement of purification processes in treatment wetlands.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ülo Mander, Kuno Kasak*

Constructed wetlands have shown their ability to treat various types of water (e.g. wastewater, agricultural diffuse pollution, contaminated groundwater e.g.). However, in very extreme conditions (e.g. groundwater) water treatment is often complicated and with great expenses. In many countries worldwide, groundwater is often contaminated by nitrate due to agricultural activities. When nitrate concentration in groundwater is above 50 mg/L it is unsuitable for humans to drink and needs treatment. Processes in constructed wetlands can be used for water treatment. For example, denitrification is an anaerobic nitrate removal via microbial reduction which ends with the emission of N_2 or N_2O . However, in addition to anaerobic conditions, denitrifying bacteria will need organic matter to complete denitrification processes. Adding organic matter to groundwater will lead to secondary contamination and therefore it is forbidden. In cases with lack of organic matter microbial fuel cell technology can be used for removal of nitrate with autotrophic denitrification. To carry out autotrophic denitrification a system with cathode, anode and electric current is in use. In terms of electric current, anode will act as electron acceptor and electrons are taken from water molecules. These electrons are lead to cathode where they divide water molecule into hydroxyl ion and molecular hydrogen. Hydrogen will be available for autotrophic denitrifying bacteria and they can use it as an alternative energy source to reduce nitrate into molecular nitrogen or nitrous oxide.

We plan to study the efficiency of electric current to denitrification intensity. For the analyses, water samples will be collected twice per month. Greenhouse gas (GHG) fluxes will be determined at the same time with water sampling, using static closed chamber method and GC-2014 system. Real-time GHG fluxes will be measured using automated chamber and Aerodyne quantum cascade laser system. In addition, diversity, structure, and activity of denitrifying bacteria will be measured with mass-sequencing and qPCR techniques. The abundance of denitrification regulation genes *nirS*, *nirK* and *nosZ* clades I & II will be analysed. Prototype for groundwater treatment will be constructed and its efficiency will be determined.

7.10 Komplekskraatrite seismiline uuring ja numbriline modelleerimine.

Reflection seismic profiling and numerical modelling of transitional-sized complex craters.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Argo Jõe*

Meteoriidikraatrite morfoloogia sõltub plahvatuse suurusest ja kivimite tugevusomadustest. Kraatrid, mis oma suuruselt on siirdevööndis ühest tüübist teise, annavad kivimite käitumise seisukohalt enim infot. Riesi kraater Saksamaal on hüpoteesi kohaselt üleminekuline kesk-kõrgendikuga ja kesk-ringiga komplekskraatrite vahel. Ülemineku vööndis lihtkraatritest keskkõrgendikuga kraatritele on Kärddla, Steinheim (Riesi sõsarkraater) ja Dobeles Lätis, mille kuju ja siseehitus on erinevad, kuna sihtmärgi kivimid on erineva tugevusega (vastavalt granitoididest liivakivideni). Projekti eesmärkideks on detailselt uurida peegeldunud seismiliste lainete meetodiga Riesi ja Steinheimi kraatrite siseehitust ning numbriliselt modelleerida nelja kraatri tekkeprotsesse.

7.11 Haruldased muldmetallid settelistes fosfaatides: sidustumine ja diogeneetiline ümberjaotumine.

Rare Earth Elements in sedimentary apatites: accumulation and diagenetic redistribution.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Aivo Lepland, Liisa Lang*

Apatiit, mis on tavaline settekeskkondades moodustuv Ca-fosfaatne mineraal võib oma struktuuri siduda mitmeid jälgelemente, sealhulgas haruldasi muldmetalle (REE - rare earth elements). Seetõttu on apatiidirikkad setendid (fosforiidid) käsitletavad alternatiivse toormena nende, kaasaegsetes tehnoloogilistes rakendustes laialdaselt kasutatavate metallide toormena. Peale selle saab REEde jaotumist apatiidis kasutada selle mineraali moodustumise ajal valitsenud keskkonnatingimuste ja/või merevee koostise tõlgendamiseks. Paraku ei ole REEde sidustumist ja ennekõike diogeneetilist ümberjaotumist kontrollivad protsessid ühemõtteliselt selged. Käesolev projekt uurib REEde sisaldusi ja jaotumist erivanuselistes settelistes fosforiidides, mis on moodustunud erineval ajal (kaasaegsed kuni Paleoproterozoilised) ja erinevates settebasseinides/settekeskkondades eesmärgiga selgitada REEde sidustumist ja hilisdiogeneetilist ümberjaotumist kontrollivad tegurid.

7.12 Teadmiste kontseptualiseerimine ja otsuste tegemise oskuse kujundamine sotsiaal-teaduslike probleemide käsitlemisel kontekstipõhises õpikeskkonnas.

Promoting student conceptualisation and decision-making based on socio -scientific issues in context based environments.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Miia Rannikmäe, Jack Holbrook*

21 sajandil vajalike kompetentsuste kujundamine eeldab uusi strateegiaid ja õpitulemuste hindamiseks uusi rahvusvaheliselt valideeritud hindamisvahendeid. Käesolev uurimisprojekt rõhutab sotsiaal -teaduslike probleemide olulisust ühiskonnas ja nende käsitlemise vajadust hariduses kuna viimased sisaldavad loodusteaduslike dimensioonide kõrval ka eetilisi, moraalseid, sotsiaalseid aspekte. Õpilastele relevantsete sotsiaal- teaduslike probleemide kaudu on võimalik kujundada loodusteaduslikku kirjaoskust, mis eeldab teaduslike raamideede (ingl. big ideas) mõistmist ja rakendamist nii teadusliku kui sotsiaal teadusliku ostuste tegemise ja põhjendamise protsessides. Doktoriprojekt baseerub kolme eesmärgi täitmisel:

1. Laiapõhjaline teaduskirjanduse metaanalüüs suurte ideede määratlusest ja rakendamisest hariduses ning loodusteadusliku kirjaoskuse ja 21 sajandi oskuste hindamise instrumentidest.
2. Teaduslikult põhjendatud kontseptsiooni ja õpetamisstrateegia väljatöötamine 21 sajandi oskuste kujundamiseks sotsiaal teaduslikke probleme käsitlevates kontekstipõhistes õpikeskkondades.
3. Hindamisvahendite väljatöötamine, rahvusvaheline valideerimine. Uurimisobjekt moodustub kolmel tasandil: a) gümnaasiumi vanuseastme õpilased Eestist ja Bangladeshist b) loodusainete õpetajate koostöörühmad nii Eestist kui Bangladeshist c) kuni 10 välisriigist eksperthindajate (õpetajatest) valim.

Doktoriprojekti tulemuseks on rahvusvaheliselt valideeritud hindamise instrumentide süsteem ja suurte ideede käsitlemise järjestuskaardid (*consequence map*), mis annavad uudsuse sotsiaal-teaduslike probleemide ja suurte ideede kooskäsitlemise kaudu.

7.13 Elukäikude evolutsiooni teooria ennustuste kontrollimine antropomeetrilisel andmestikul.

Testing the predictions of life-history theory on anthropometric data.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Peeter Hõrak*

Elukäikude evolutsiooni teooria kohaselt ei evolutsioneeru peamised elukäiguomadused – järglaste arv ja kvaliteet, sigimiskordade arv, suguküpsuse saavutamise, sigima hakkamise ja kasvu lõpetamise iga, kasvukiirus ja eluiga – üksteisest sõltumatult, vaid moodustavad eri keskkondades hakkama saamiseks sobivaid komplekte. Töö eesmärgiks on kontrollida, kas kiire vs aeglase elutempoga kaasnevad tunnuste komplektid ja nendevahelised lõivsuhted on tuvastatavad 20. saj. keskpaigas prof. J. Auli poolt kogutud detailses antropomeetrilises andmestikus ning kas need lõivsuhted realiseeruvad erinevalt soodsate ja ebasoodsate kasvutingimuste korral. Testitakse ka “adaptiivse plastilisuse” hüpoteesi mille kohaselt keskkonnast lähtuvate ebasoodsa v ebakindla tuleviku signaalidele reageeritakse sugulise küpsemise ja sigimise kiirendamisega ning kas sellised võimalikud plastilised vastused on somaatilisel kulukad.

7.14 Ohustatud niidulindude asurkondi mõjutavad rannaniidu tunnused ning rakendused elupaikade taastamiseks ja majandamiseks.

Coastal meadow characteristics affecting population trends of threatened waders and implications for habitat restoration and management.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Riinu Rannap*

Märjad rohumaad (sealhulgas rannaniidud) on liigirikkad elupaigad, mis pakuvad lisaks mitmeid olulisi ökosüsteemi teenuseid. 20. sajandi jooksul on Euroopas vähemalt 80% neist kooslustest hävinud. Läänemere rannaniidud kuuluvad mitmekesise elupaigana (taimedele, lindudele, kahepaiksetele jm) Euroopa Liidu loodusdirektiivi I lisasse. Siin pesitsevad mitmed ohustatud niidulinnud, nagu EL linnudirektiivi I lisasse kantud niidurüdi ja tutkas ning Birdlife Internationali Euroopa 2. kaitsekategooriasse arvatud mustsaba-vigle, punajalg-tilder ja kiivitaja. Eestis on viimase 50 aasta jooksul rannaniitude pindala vähenenud 70%, seda nii põllumajanduse intensiivistumise kui hilisema majandamise hääbumise tulemusena. Rannaniitude majandamist on Eestis riiklikult toetatud alates 2001. aastast, kuid niidulindude arvukused ei ole sellest hoolimata taastunud. Doktoritöö eesmärgiks on välja selgitada, millele toetudes saaks rannaniite majandada nii, et niidulindude populatsioonid pöörduksid taas kasvule. Eesmärkide saavutamiseks uuritakse:

1. uudset ja senisest tõhusamat satelliidiandmestikul põhinevat majandamise järelevalve võimalust;
2. ohustatud niidulindude elupaiganõudlust ning liikidevaheliste interaktsioonide mõju pesitsemisedukusele;
3. rannaniitude taastamise potentsiaali, kasutades rannaniitude ajaloolise leviku ja sibususe andmeid ning võrreldes meie rannaniitude seisundit ja majandamisvõtteid Taani rannaniitude ning seal edukaks osutunud taastamismeetoditega.

7.15 Hundipopulatsioonide struktuur ja sidusus Euroopas. Structure and connectedness of wolf populations in Europe.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Urmas Saarma*

Hundipopulatsioone, sh. nende struktuuri ja migratsioone, on Euroopas seni analüüsitud vaid lokaalselt ja terviklik Euroopa hundipopulatsioone hõlmav käsitlus puudub. Planeeritav analüüs kaasab huntide proove üle Euroopa ning kasutades juba klassikalisi populatsioonigeneetika meetodeid, aga ka meie tööühma poolt hiljuti välja töötatud ruumigeneetilisi meetodeid, on plaanis analüüsida hundipopulatsioonide struktuuri, geneetilisi mitmekesisust ja muid populatsioonigeneetilisel olulisi parameetreid ning tuvastada olulisemad huntide liikumiskoridorid ja –barjäärid Euroopas. Sedalaadi uudne lähenemine on vajalik kogu imetajate ökoloogia ja kaitse teadussuunale mitte ainult Euroopa hundipopulatsioonides toimuvate protsesside terviklikuks mõistmiseks, vaid seda on edaspidi võimalik rakendada mistahes loomapopulatsioonide globaalsetes süva- ja rakendusüraeringutes. Rakendusliku poole pealt saavad doktoritöö tulemused otseselt mõjutama edaspidiseid otsuseid Euroopa hundipopulatsioonide kaitseks ja ohjamiseks.

7.16 Päevaliblikate mitmekesisus: maastikuökoloogia fundamentaalprobleemidest looduskaitseliste rakendusteni. Patterns of butterfly diversity: from basic spatial ecology to conservation practices.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Toomas Tammaru, Tiit Teder, Anu Tütsaar, Jaanus Remm*

Taotletav doktorantuuriprojekt põhineb Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) poolt rahastatava projekti "Eesti päevaliblikate leviku kaardistamine" (1.01.2016–15.12.2017) käigus kogutavate andmete analüüsil. Analüüsitud andmekogum on unikaalne oma mahu ja andmekogumise süstemaatilisuse poolest, kindla kava kohaselt saab inventeeritud 1200 punkti üle Eestimaa. Analüüsi käigus koostatakse geopositioneeritud regressioonimudelid seletamaks päevaliblikate liigirikkust mitmesuguste maastikumuutujate väärtuste abil. Erilise tähelepanu all on raiesmike parameetrid: eesmärgiks on analüüsida raiesmike kui niiduliblikate alternatiivsete elupaikade sobivust. Looduskaitsest ja/või teaduslikust aspektist huvi pakkuvate päevaliblikate jaoks koostatakse elupaigamudelid iga liigi kohta eraldi. Projekti tulemused on väärtuslikud maastikuökoloogia alusuuringute kontekstis ning neil on ka ilmne rakendus looduskaitsest.

7.17 Kas head naabrid kompenseerivad halba kliimat? Naaberpuude evolutsioonilise suguluse roll vastupanuvõimes vaenlastele ja kliima muutusele.

Do good neighbours compensate for bad climate? The effect of evolutionary neighbourhood of trees on their vulnerability to enemies and climatic stress.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Pille Gerhols, Andreas Prinzing*

7.18 Pariisi kokkuleppe järel. Kas looduslikest allikatest pärinevad kasvuhoonegaaside vood kiirendavad kliima soojenemist? Beyond the Paris agreement: Will natural sources of greenhouse gases accelerate global warming?

Juhendaja(d) / Supervisor(s): Ülo Mander, Jaan Pärn

Tuleviku kasvuhoonegaasiemissioone mõjutab lisaks otsesele inimtegevusele juba atmosfääri lendunud kasvuhoonegaasidest tulenevad tagasisidemed. Nende mõju ulatuse hindamise mudelite koostamiseks on vaja luua tagasisidemeid arvestav kasvuhoonegaasiemissioonide GIS mudel. Selle sisendiks omakorda on vaja asjakohaseid ruumiandmeid. Näiteks sood on maismaaökosüsteemidest suurimad süsiniku talletajad, kuid ühtlasi suurimad kasvuhoonegaasi metaani (CH₄) emiteerijad. Soode kuivendamine võib küll mõnevõrra CH₄ lendumist kahandada, kuid suurendab ökosüsteemi hingamist (CO₂ emissiooni) ja naerugaasi (N₂O) lendumist. Teine tagasisidemetest tugevasti mõjutatav ökosüsteem on igikeltsal paiknev tundra. Käesoleva projekti peamiseks eesmärgiks on analüüsida nii regionaalsete kui ka globaalsete kasvuhoonegaaside looduslike allikate sh soode rolli kliima soojenemises pärast Pariisi kliimakokkuleppe realiseerumist, kasutades nii varasemaid välitööde andmeid looduslike ja põllumajanduslike ökosüsteemide uuringutest, erinevate andmepankade andmeid ning kirjandusallikaid. Mudelite ja stsenaariumide alusel saadud tulemused panustavad süsiniku-neutraalse majanduse, samuti jätkusuutliku majanduse arengusse nii Eestis kui ka laiemalt.

The increase in the emissions of greenhouse gases (GHG) CO₂, CH₄, and N₂O is the most important factor causing the global warming. Natural sources make up about 96%, 46%, and 64% of total emissions, respectively. Relatively small man-made CO₂ fluxes, together with CH₄ and N₂O (with a radiative force of 34 and 298 times higher than CO₂, respectively) upset the natural balance of the carbon (C) cycle and create an artificial forcing of global temperatures which is warming the planet. However, even after stopping all anthropogenic CO₂ emissions (Davenport, 2015), the warming-induced GHG from natural sources will cause an on-going temperature increase and resulting environmental problems. Based on literature, we analyse the potential change in GHG emissions from the main natural and agricultural sources which are influenced by the effects of global warming. Since there are many uncertainties in the estimations of terrestrial- atmosphere and ocean-atmosphere CO₂ exchange, this most important factor remains un-predicted and needs significantly more investigation of the ability of oceans and terrestrial ecosystems to absorb CO₂. Both CH₄ and N₂O emissions may continue to increase. The thawing of CH₄ hydrates in the ocean shelf and permafrost regions is the largest long-term threat for global warming, but even now rising temperature will enhance emissions from wetlands, lakes, vegetation and even upland soils (due to an increasing threat of wildfires and droughts). Changes in soil nitrogen and soil hydrological regime are the main driving forces for N₂O emissions.

7.19 Eesti põlevkivitööstuse tahked jäätmed geopolümeeride ja beliit-sulfoaluminaat tsementide toormena.

Development of low-energy cementitious binders based on oil-shale industry solid wastes: geopolymers, belite and sulfoaluminate cements.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Martin Läära*

Muutused Eesti põlevkivitööstuse (põletus-)tehnoloogiatetes ning õlitööstuse osakaalu kasv koos otsepõletuse osakaalu kahanemisega, toob kaasa põlevkivitööstuse jäätmete omaduste muutumise. Uute tuhade sidainelised omadused on tänu madalamatele põletus temperatuuridele halvemad ning nende kasutusvõimalused teisese toormena jäävad üha piiratumaks ning probleemseks muutuvad ka senised ladustehnoloogiad. Käesolev projekt uurib põlevkivitööstuse uute tuhade omadusi keskendudes nende ise-tsementeerumisvõimele ning otsib uusi võimalusi tekkivate tuhade aktiveerimiseks ning taaskasutuse laiendamiseks, kas jäätmete leeliselisel aktivatsioonil tekkivate geopolümeersete sideainetena või tuhade re-aktivatsioonil beliit ja/või sulfoaluminaat tsementidena. Need uued kasutusviisid võiksid olla potentsiaalseteks rakendusteks põlevkivitööstuse jäätmetele, mis vastasel juhul leiaksid tee ainult jäätmehooldlatesse.

7.20 Liitiumi isotoopide kasutamine Vara-Paleosoikumi paleokeskkonna uuringutes.

Application of Li isotopes in early Palaeozoic palaeoenvironmental research.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Tõnu Meidla, Liisa Lang*

Töö eesmärgiks on metoodika väljatöötamine Li isotoopsuhte uurimiseks paleosoiliste ostrakoodide biokaltsiidis, eesmärgiga kasutada saadud informatsiooni paleokeskkonna uuringutes. Li isotoopide fraksioneerumine murenemisprotsesside käigus annab võimaluse Li isotoopsuhte muutuste alusel selgitada muutusi silikaatsete mineraalide murenemise intensiivsuses. Sobivaks uurimisintervalliks on Ordoviitsiumi lõpu jäätumissündmuse ning sellest tingitud glatsioeustaatilise ookeanitaseme alanemise intervall (Hirnantide lade), milles pilootuuringud on juba näidanud erosiooniprotsesside muutust kajastava signaali olemasolu. Projekti tulemusteks on:

1. ostrakoodide kojamaterjalis Li isotoopide analüüsimise metoodika väljatöötamine;
2. täiendavate aspektide lisamine Ordoviitsiumi lõpu jäätumissündmusega seotud keskkonnasündmuste kronoloogiasse;
3. Li isotoopkõveratel põhineva stratigraafilise korrelatsiooni võimaluste väljaselgitamine.

7.21 Eesti Proterosoilise aluskorra metallipotentsiaal, maagiteke ja geoloogiline areng.

Metal potential, ore genesis and evolution of the Estonian Precambrian basement.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Alvar Soesoo*

The aim of this doctoral project is to establish spatial and temporal distribution of metals, their genesis and sources within the Estonian Precambrian basement. There is a great lack of geological information since during the last 30 years, virtually no research has been conducted on the petrology, metallogeny and geochronology of the Estonian Precambrian rocks. Hence we are confronting the situation where Estonian researchers are not able to assess the geological evolution of rock formations or metal potential of our basement rocks. As the Estonian government has defined the research on national raw materials (RITA scheme) as one of the most important strategic targets, the PhD research has planned accordingly. The planned project will produce new, novel, state-of-art information about the Estonian Precambrian formations, focusing on defining metallogenic regions and establishing origin, source and evolutionary peculiarities of metal ores; creating modern geochronology of the Estonian basement zones; compiling Fennoscandian – Baltica scale geological correlation and providing anomalies' interpretations, quantification, comparison with Bergslagen and other sulfide-rich ore regions. The results can be used in both fundamental research as well as in applied, ore-related activities.

**7.22 Keskkonnahariduse avardamine säästva arengu hariduse konteksti nähtuste-põhise õppe kaudu gümnaasiumiastes.
Promoting environmental education for sustainable development at secondary schools through phenomenon-based learning.**

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Anne Laius*

Selleks, et viia keskkonnaharidus gümnaasiumiastmes tänapäeva säästva arengu hariduse konteksti, on vaja avardada õpilaste arusaamasid keskkonna erinevatest komponentidest, mille hulka kuuluvad lisaks looduskeskkonnale veel majanduslik, sotsiaalne ja kultuuriline komponent. Eesti õpilaste keskkonnateadlikkus on PISA 2015 andmeil üks Euroopa kõrgeimaid, kuid keskkonna-alane käitumine üks madalamaid, mistõttu on käesoleva projekti eesmärgiks tõsta keskkonnahariduse efektiivsust nähtuste-põhiste õppematerjalide väljatöötamise ja kasutusele võtmisega kõikide gümnaasiumiastme loodusainetes ning viia õpilaste arusaamad säästva arengu hariduse laiemasse konteksti ning saavutada õpitulemusena lisaks säästva arengu alasele teadlikkusele ka kompetensuste areng (probleemide lahendamine, otsuste tegemine ja põhjendamine, kommunikatsiooni- ja loostööoskused) ning keskkonnasäästlike hoiakute ülekasvamine säästvateks käitumisharjumusteks. Säästva arengu hariduse komponentide hindamiseks töötatakse välja hindamiskriteeriumid ja neile vastavad hindamisinstrumendid.

7.23 Põhikooli õpilaste kontekstuaalsed huvid, õpimotivatsioon ning õppemeetodite eelistused loodusteaduste õppimisel.

Lower secondary school students' contextual interests, motivation and learning method preferences in science classes.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Miia Rannikmäe, Regina Soobard*

Viimaste aastate uuringute tulemused näitavad, et õpilased hindavad üha enam loodusainete õppimise vajalikkust, kuid endiselt on teemavaldkondi, mille õppimise vastu nad huvi ei tunne, kuna need on vähe seotud nende igapäevaelu või sotsiaalse keskkonnaga. Vähe on aga uuritud seda, kuidas loodusteaduslike õppeainete sisu esitamine eri kontekstis mõjutab õpilaste huvi õppekavaga kindlaks määratud teemade õppimise vastu. Igapäevaeluga seotud (sh personaalseid) kontekste on kasutatud mitmes suuremahulises projektis (PROFILES, ESTABLISH, ChiK). Samas puuduvad uuringud selle kohta, millised kontekstid on õpilaste jaoks huvitavamad, lähtudes kooli õppekava loodusteaduslikest teemadest kõigi nelja loodusaine võrdluses. Käesoleva uurimistöo põhieesmärgiks ja väljundiks on luua teoreetiliselt põhjendatud ning empiiriliste andmete tuginedes mudel, mis ennustab põhikooli õpilaste kontekstuaalseid huvisid lähtudes õpilaste õpimotivatsioonist ja õppemeetodite eelistustest.

7.24 Õpilaste probleemilahendusprotsesside ning interaktiivsete modelleerimisvahendite kasutamise uurimine disainimisel põhineva loodusteaduste õppimise kontekstis.

Exploring students' problem-solving processes and the use of interactive modelling tools in the context of design-based science learning approach.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Katrin Vaino*

Antud projektis uuritakse põhikooli III astme õpilaste probleemilahendusprotsesse disainimisel põhineva loodusteaduste õppimise kontekstis. Antud meetodi puhul oodatatakse, et õpilased arendavad välja tehnoloogilise lahenduse püstitatud probleemile kasutades loodusteaduslikke teadmisi ning olemasolevaid vahendeid. Seega ühendab antud meetod tehnoloogilise disaini loodusteadusliku uurimusega. Samas pole õpilasdisaini protsessi ning selle üksikuid etappe algideest kuni lõpplahenduse (sh artefakti) väljatöötamiseni, antud kontekstis piisavalt uuritud. Mõned uurimused on välja toonud, et õpilastel esineb sageli raskusi loodusteaduslike teadmiste ning mõtestatud rühmaarutelu rakendamise ja disaini väljatöötamisel, mis viib enamasti mittetoimivate lahenduseneni. Uurimusele püstitatakse kolm põhilist eesmärki:

1. Uurida disainimise protsessi disainimisel põhineva loodusteaduste õppimise raames ning selgitada välja peamised raskused, mis õpilastel disainimise käigus tekivad;
2. Selgitada välja, kuidas õpilased kasutavad oma loodusteaduslikke teadmisi artefaktide disainimisel;
3. Leida viise, kuidas nutitehnoloogiat ja interaktiivset modelleerimist saaks integreerida disainipõhise õppega selleks, et parandada õpilaste probleemilahendusoskusi (sh soodustada rühmaarutelu ning loodusteaduslike teadmiste ülekannet) disainiülesannete lahendamise kontekstis.

Eesmärkide elluviimiseks kavandatakse 3 sekkumist koolides kasutades kombineeritud uuringudisaini meetodit. Andmeid kogutakse klassiruumi videosalvestatud vaatluste, õpetajate ja fookusgrupi õpilastega läbiviidavates intervjuude ning projekti käigus väljatöötatud probleemilahendustesti (eel-järel) rakendamise abil. Kavandatud uurimus aitaks seega parandada meie arusaamist õpilasdisaini protsessist ning pakuks praktilisi lahendusi disainiprotsessi hõlbustamiseks ja õpilaste probleemilahendusoskuste parandamiseks disainimisel põhineva loodusteaduste õppimise rakendamisel.

7.25 Lageraiesüsteemide intensiivsuse mõju elurikkusele: mikroelupaikade põhine lähenemine.

Impacts of the intensity of even-aged forestry on biodiversity: a microhabitat approach.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Asko Lõhmus, Liina Remm*

Projektis uuritakse lageraiesüsteemide ökoloogilist jätkusuutlikkust, põhirõhuga elurikkusele avalduva mõju kirjeldamisele ja hindamisele, olenevalt kasvukohatingimustest ja säilikpuude hulgast. Töötatakse välja uudne meetod elurikkusele avalduva mõju arvutamiseks mikroelupaikade “koosluse” põhjal, mida mõõdetakse välitöödel esindusliku puudevalimi alusel. Puu vanuse mõju modifikaatoritena käsitletakse looduslikke faktoreid, metsamajanduse intensiivsust ja puu seisundit. Mikroelupaikade hulk seotakse neid asustavate liikide kooslustega. Mõõdetud sisendid võimaldavad optimeerida raievanuse, majandamisintensiivsuse ja säilikpuude hulga kombinatsioone ning vastata küsimusele, kas ja mil määral tuleks lageraiesüsteeme asendada ökoloogiliselt säästlikumate metsakasutusviisidega.

7.26 Sisemised piirangud energiakäitlusele: stressi, seedimise ja antimikroobse kaitse integratiivne uuring rohevintidel.

Internal constraints on energy processing and their consequences: an integrative study of stress, digestion and antimicrobial defenses in greenfinches.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Peeter Hõrak*

Töö eesmärgiks on eksperimentaalselt analüüsida stressitaseme, seedimiseefektiivsuse ja antimikroobsete kaitsemehhanismide koos- ja vastasmõjusid ning nende tagajärgi vangistuses peetavatel rohevintidel. Selgitatakse kas ja kuidas peegeldab metsikus looduses ja vangistuses kasvanud sulgede kortikosterooni sisaldus lindude eksponeeritust erinevatele stressoritele ning kas sulgede kortikosterooni tase ennustab käitumuslikke stressivastuseid ning toidu omastamise ning sulepigmentide deponeerimise efektiivsust. Testitakse soolestiku mikrobiomi manipuleerimise mõju seedimiseefektiivsusele ning pigmentide deponeerimisel sulestikku ning nende protsesside interaktsioone stressitasemega.

7.27 Teismeliste kasvu, sugulise küpsemise ja vaimse arengu vahelised interaktsioonid elukäikude evolutsiooni teooria perspektiivis.

Interactions between somatic growth, pubertal maturation and cognitive development of adolescents from the life-history perspective.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Peeter Hõrak, Gudrun Veldre*

Kasvavad organismid peavad jaotama piiratud ressursse somaatilise kasvu ning sugulise ja vaimse arengu vahel, mistõttu võiks ennustada, et ülalnimetatud kolme kuluka protsessi vahel esinevad lõivsuhted. Küsimus sellest, mismoodi need lõivsuhted realiseeruvad erineva ressursitaseme korral on ebaselge. Seoses Eesti kiire üleminekuga turumajandusele tekkis 1990-ndate alguses ulatuslik sotsiaalne kihistumine, millega kaasnes kasvavate laste käsutuses olevate ressursside kõrge varieeruvus. Töö eesmärgiks on selgitada kuidas avalduvad laste kasvu ja arenguga seonduvad lõivsuhted pere sotsiaalmajandusliku positsiooni kontekstis. Töö baseerub G. Veldre poolt 1997-1999 822 keskmiselt 13 aastase koolilapse kohta kogutud massiivsel antropomeetrilisel andmestikul (79 antropomeetrilist mõõdet), mida täiendavad detailsed ankeetandmed (>100 küsimuse) nimetatud laste kasvutingimuste kohta.

7.28 Kasvu- ja kisklusstress kiire ja aeglase arengustrateegiaga putukail.

Growth- and predation-borne stress in rapidly and slowly developing insects.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Indrikis Krans*

Organismide arengust ja kisklusohust tulenev stress võivad avaldada mõju nende kasvukiirusele, kehasuurusele, käitumisele ja keha koostisele ning selle läbi toitainete kandumisele läbi ökosüsteemi. Nimetatud stressiliigid võivad toimida nii iseseisvalt kui ka koostoimes. Käesoleva doktoriteema raames uuritakse arengukiiruse rolli nii ühe putukaliigi piires kui ka võrdlevalt liikide vahel, kes kasvavad ja saavutavad suguküpsuse kas kiiresti või aeglaselt. Varasemad uuringud aeglaselt kasvava herbivoorse putukaga leidsid koos kiskjaga kasvanud isenditel olevat kõrgema metabolismitaseme, keha süsinikusisalduse ja C:N suhte kui kontrollgrupi isenditel. Samas andis kiirekasvulise putukaliigiga tehtud uurimus vastupidise tulemuse, viidates arengukiirusest ja looduslike vaenlaste olemasolust tuleneva stressivastuse komplitseeritud olemusele. Teema raames testitakse ideed, mille kohaselt aeglane ja kiire areng viivad erinevatele sisemise stressi tasemetele, kusjuures kiskjate juuresolek võib osutada täiendavaks stressi allikaks, muutes putukate ainevahetust ja keha keemilist koostist ning mõjutades serotoniini- ja insuliini signaalradu, mis kokkuvõttes avaldub erinevustes kehasuuruses, käitumuslikes vastustes ja stressitaluvuses.

7.29 Geneetiliste polümorfismide funktsionaalsed mehhanismid seoses lindude käitumise ja kohasusega looduslikes populatsioonides.

Understanding the functional mechanisms of genetic polymorphisms to avian behaviour and fitness in free-living populations.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Vallo Tilgar*

Selgroogsete loomade käitumine on tihedalt seotud erinevate virgatsainete mõjuga neuro-nitevahelisele sidepidamisele. Polümorfismid serotoniini transporteri (SERT) geenis mõjutavad hirmukäitumise erinevaid aspekte nii inimesel kui ka teistel loomaliikidel. SERT geen kodeerib valku, mille funktsiooniks on neurotransmitteri - serotoniini – tagasihaare rakuvälisest maatriksist. Ajus olev SERT valk reguleerib neuroloogilist aktiivsust. Sama valk esineb suures koguses ka teistes organites ja kudedes, näiteks soolestikus ja veres. Hiljutised uuringud näitavad, et SERT valgu aktiivsus vereplasmas (vereliistakutes) peegeldab SERT valgu aktiivsust kesknärvisüsteemis. Doktoriprojekti peamiseks eesmärgiks on seostada SERT geeni polümorfisme selle geeni poolt toodetava valgu kontsentratsiooniga vereplasmas ja isendivaheliste erinevustega mudelliigi – vabaltelava rasvatihase – käitumistunnustes. Projekti tulemused võimaldavad paremini mõista mehhanisme, kuidas mutatsioonid virgatsaine transpordiga seotud geenid viivad isenditevaheliste erinevusteni käitumisotsustes ja kohasuses. Projekti eksperimentaalses osas selgitatakse geneetiliste erinevuste ja kasvukeskkonna muutlikkuse osatähtsust stressikäitumise kujunemisele kasvuaegajärglastel. Selleks määratakse samadel isenditel SERT geeni genotüüp, mõõdetakse selle geenivariandi poolt kodeeritud valgu aktiivsust ja manipuleeritakse serotoniini kontsentratsiooni embrüonaalselt või inhibeeritakse SERT valgu aktiivsust pesapoegadel. Käitumise varieeruvuse geneetiliste ja epigeneetiliste mehhanismide mõistmine võimaldab paremini välja töötada ohustatud loomaliikide kaitse ja rehabilitatsiooniga seotud meetodeid.

7.30 Samblikke moodustavate seente mitmekesisuse seosed liigi ja geeni tasandil.

Biodiversity relations of lichen-forming fungi on species and gene levels.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Tiina Randlane*

Elurikkus ehk biodiversiteet hõlmab looduslikku mitmekesisust mitmel tasandil, sh ökosüsteemide ja liigi tasandi kõrval ka geeni tasandil. Liikide geneetiline mitmekesisus, kuigi seni vähem uuritud kui liigirikkus, on ometi ülimalt oluline, kuna võimaldab evolutsioonilisi muutusi ja liikide kohastumist muutuv keskkonnas. Samblikud on tuntud indikaatororganismid, neid on kasutatud nii õhu saastatuse määramiseks kui ka väärtuslike või liigirikaste koosluste väljaselgitamiseks. Selle projekti raames kavatsame uurida vars-habesambliku (*Usnea subfloridana*) populatsioonide geneetilist struktuuri Euraasia okasmetsades. Hindame tavalise ja laialt levinud liigi, vars- habesambliku populatsioonide geneetilist mitmekesisust Eesti, Skandinaavia ja Venemaa eri kvaliteediga okasmetsades ning otsime võimalikke seoseid ühe liigi populatsioonide geneetilise ning koosluse, kus see liik kasvab, liigilise mitmekesisuse vahel. Vars-habesambliku populatsioonide geneetilist struktuuri hindame mikrosatelliitide, kõrgeima polümorfismi tasemega markerite abil. Meetodi laialdast kasutuselevõttu takistab liigispetsiifiliste praimerite vähesus, kuid nimetatud samblikku moodustavale seenele on 2014. a sobivad praimerid disainitud. Populatsioonigeneetiliste uuringute kõrval kavatsame ka testida, kas nimetatud praimerid on kasutatavad veel teistegi, fülogeneetiliselt lähedaste *Usnea* liikide puhul. Kui geneetilise ja liigilise mitmekesisuse vahel on selge positiivne seos, siis saaks uuritava, laialt levinud liigi geneetilist mitmekesisust kasutada ühe lisavõimalusena kõrgema liigirikkusega ja suurema looduskaitse väärtusega metsaalade indikatsioonis.

7.31 Dilämmastikoksiidi voogude analüüs isotopomeeride alusel tehismärgalades ja veekogude puhvertsoonides.

Nitrous oxide (N₂O) isotopomer analysis of N₂O production-consumption mechanisms in artificial wetlands and riparian buffer zones.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ülo Mander, Jaak Truu, Kalle Kirsimäe*

Nitrous oxide or laughing gas (N₂O) is a dangerous greenhouse gas (GHG; 298 times more powerful than CO₂) and the main agent depleting ozone layer. Identification its sources is of crucial importance being a base for working out measures to mitigate this GHG from hotspot ecosystems such as treatment wetlands and riparian buffer zones. Unfortunately, this gas is formed during several pathways of nitrogen cycling, mainly during the denitrification and nitrification. Using the N₂O isotopomere and isotopologue signatures in combination with the functional gene abundances of various N cycle sectors it is possible to distinguish between various N₂O sources. The Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu possesses necessary knowledge and research equipment to target this problem.

7.32 Kaasajastatud vaade Vara-Paleosoikumi ostrakoodide funktsionaalsele morfoloogiale.

Modern insights into functional morphology of early Palaeozoic Ostracoda.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Tõnu Meidla*

Töö eesmärgiks on uuendatud vaate kujundamine varapaleosoiliste ostrakoodide funktsionaalsele morfoloogiale, eesmärgiga luua võimalused nende senisest efektiivsemaks kasutamiseks paleokeskkonna interpreteerimisel. Varapaleosoiliste ostrakoodide domineerinud rühmad on tänaseks välja surnud ning nende morfoloogia erines oluliselt retsentse rühma esindajate omast. Töö käigus kvantifitseeritakse põhiliste morfotüüpide seosed paleokeskkonna olulisemate parameetritega ning antakse kriitiline hinnang varasematele morfoloogiliste elementide interpretatsioonidele. Tulemused heidavad valgust varapaleosoiliste ostrakoodide ning nende kohastumuste evolutsioonile.

8 Tehnoloogiainstituut / Institute of Technology

8.1 Veakindlate lineaarsete ja mittelineaarsete asendikontrollerite disain nanosatelliitidele.

Fault Tolerant Linear and Non-linear attitude control design for nanosatellites.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Andris Slavinskis, Gholamreza Anbarjafari*

See doktorantuurikoht keskendub peamiselt kontrolli teooria ja kosmosetehnoloogia aladele. Eesmärgiks on välja töötada asendi kontrolli algoritmid, mida kasutatakse ESTCube-2 ja ESTCube-3 nanosatelliitide juures. Uurimistöö tehakse koostöös Tartu Ülikooli ja Tõravere Observatooriumi vahel. Peamiseks väljundiks on veakindlate ning mittelineaarsete kontrollerite väljatöötamine, mida on võimalik muuhulgas ka rakendada nanosatelliitidel. Töö väljudit on võimalik testida analüüsidest simulatsioonide ning tulemusi satelliidilt.

8.2 Inimese papilloomiviiruse elutsükli mõjutavate rakuliste transkriptsioonifaktorite identifitseerimine.

Identification of cellular transcription factors modulating human papillomavirus life cycle.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Mart Ustav, Marko Pürsoo*

Papilloomiviirused on väikesed DNA viirused, mis nakatavad epiteeliaalseid kudesid ja mille elutsükli eri osad on tihedas seoses epiteeli diferentseerumisega. Nende genoom replitseerub rakutuumas ekstrakromosomaalse tsirkulaarse DNA elemendina.

Tänapäevaks on põhjalikult uuritud inimese papilloomiviiruste (HPV) viirusvalke ja genoomi elemente, millised on vajalikud viiruse replikatsiooniks ja transkriptsiooniks elutsükli eri faasides. Samas on rakuliste faktorite roll neis protsessides võrdlemisi udune.

Käesoleva projekti raames soovime läbi viia põhjaliku uuringu, mille käigus identifitseerime HPV genoomile seostuvad rakulised valgud. Leitud valkudest valime välja transkriptsioonifaktorid ning uurime edasi nende rolli HPV genoomi replikatsioonis ja transkriptsioonis viiruse elutsükli eri faasides. Lisaks soovime disainida uudseid madalmolekulaarseid HPV replikatsiooni inhibiitoreid, mille sihtmärgiks oleks leitud transkriptsioonifaktorid.

Projekti tulemused avardavad meie arusaama HPV ja peremeesraku suhetest ning rakenduslikuma poole pealt viivad uudsete HPV nakkust takistavate ühendite väljatöötamisele, mida koos juba leitud ühenditega saab kasutada uudsete viirusevastaste ravimite väljatöötamisel.

8.3 Fluorestseeruvad proovid üksikute bakterirakkude antibiootikumitundlikkuse uurimiseks.

Fluorescent probes in study of persister formation.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Niilo Kaldalu, Tanel Tenson*

Antibiootikumide resistentsuse levik haigusttekitavate bakterite seas on üha suurem probleem terves maailmas. Lisaks resistentsusele vähendab antibiootikumide kasutamise tõhusust see, et igas nakkust põhjustavas populatsioonis esineb nn. persistoreid: üksikuid baktereid, mis on mittepeljunevas uinuvolekus ja mida antibiootikumid ei tapa. Edukaks raviks ja resistentsuse leviku piiramiseks on vaja teada persistorite tekkimise mehhanisme, mis on praeguseni ebaselged. Kavatsime kasutada persistorite mittejagunemise ja antibiootikumitaluvuse väljaselgitamiseks fluorestseeruvaid reportermolekule.

1. Mittepeljunevaid ja peljunevaid baktereid on võimalik eristada fluorestseeruva valguga lahjenemise järgi rakkude jagunemise käigus;
2. Bakteriraku seinte läbilaskvust ja antibiootikumi bakterisse sisenemist mõõdame antibiootikumiga, millele on liidetud fluorestseeruv molekul;
3. Süsinikuallika bakterisse sisenemise ja rakusise ATP kontsentratsiooni mõõtmiseks on välja töötatud fluorestseeruvatel valkudel põhinevad reporterid, mida saame kasutada üksikute bakterirakkude iseloomustamiseks.

Neid kolme liiki reportereid üheskoos kasutades testime, kas persistorite mittepeljuneva oleku ja antibiootikumitaluvuse põhjuseks on nende rakuseina väiksem läbilaskvus. Kui rakku ei pääse toitained ega ka ravimimolekulid, siis ei saa need kasvada aga jäävad ellu ja võivad hiljem taas paljunema hakata.

8.4 Multivalentesed metallikompleksid mikroobsete bioreaktorite elektrodide väärastamiseks.

Multivalent metal complex enhanced electrodes for microbial bioreactors.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Tarmo Tamm, Anne Menert*

Käesoleval ajal kulub reoveepuhastites orgaaniliste ainete ümbertöötlemiseks märkimisväärselt energiat, kuid erinevad orgaanilised jäätmed võivad olla aga rikkalikuks energiaallikaks. Energiakriisi vältimiseks ning globaalseid kliimamuutusi põhjustavate kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamiseks on vaja luua efektiivsed ja keskkonnasõbralikud reoveepuhastid, mis reovee energiat kasutaksid. Viimasel kümnendil on hakatud palju tähelepanu pöörama mikroobide elektrokeemilistele tehnoloogiatele, mis kasutavad mikroorganisme erinevate reaktsioonide katalüüsiks. Üheks tuntumaks näiteks on mikrobioloogilised kütuseelemendid (MKE), mis genereerivad elektrienergiat jäätmete biomassist. Kõige kriitilisem tegur, mis mõjutab MKE tootlikust on elektrodide materjal. Käesoleva doktoritöö eesmärgiks on välja töötada komposiitmaterjalid ja lahendused uude bioühilduvate elektrodide ning nendel põhinevate bioreaktorite tootmiseks. Töö käigus uuritakse Eesti reoveses leiduvad elektroaktiivsed mikroorganisme ning nende rakendatavust bioreaktorites. Komposiitmaterjalide valmistamisel keskendutakse erinevatele mitmevalentsetele metallide kompleksidele, kus uuritakse erinevate ligandide mõju materjalide bioühilduvusele ja sobivusele kasutamaks neid elektrodidena erinevates mikroobide elektrokeemilistes tehnoloogiates.

8.5 Mikroobide detekteerimine ja nende koosluste rekonstrueerimine pärastjää aegsel perioodil kasutades vanaDNA metagenoomikat.

Ancient DNA based detection of microbial organisms and reconstruction of the past communities during the post glacial period by metagenomics.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Veljo Kisand*

VanaDNA põhinevaid analüüseid võimaldavad kirjeldada mineviku ökosüsteemide liigilise mitmekesisuse muutumist kogu pärastjääaegse perioodi jooksul kasutades veekogude põhja setinud ajaliselt kihistunud setteid. Pikaajaliste trendide uurimine võimaldab paremini hinnata tulevikumuutuste tõenäosust ja suunda. Mitmekesisust mis peitub vanaDNAs, uuritakse nii markergeeni järjestuse amplifitseerimise põhiselt kui kogu eraldatud DNA järjestamisega ehk DNA metagenoomsel järjestamisel. Uuritakse järvi ning häile (liigniisked ning madalamad suurtaimestikuta alad metsas) Eestis, Lätis ja Soomes. Eeldatakse et sõltuvalt setet koguva asukoha suurusest on vanaDNA mitmekesisus erinev, peegeldades häiludes kohaliku mitmekesisust, järvedes lisaks veekogu kooslustele ja kohaliku ning ka regionaalset mitmekesisust. Kohaliku ning regionaalse muutlikuse võrdlemine võimaldab hinnata muutuste ulatus – kas oli tegemist suuremat regiooni mõjutanud sündmustega või kohaliku varieeruvusega.

8.6 Uudsed isosorbiidil baseeruvad biopolümeerid. Novel isosorbide-based biopolymers.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Patric Jannasch, Lauri Vares*

Käesoleva projekti eesmärgiks on sünteesida biomassist saadava isosorbiidi baasil rida uudseid biopolümeere. Isosorbiidi derivaadid omavad tänu oma füüsikalise-keemilistele omadustele ja mittetoksilisusele suurt potentsiaali asendamaks praegu kasutatavaid naftapõhiseid lähteaineid laialt levinud polümeeride tootmises. Antud töö keskendub eelkõige uudsete polüestrite saamisele ja nende omaduste uurimisele.

8.7 CPP nanopartikli väliskihi disain ja modifitseerimine. Design and modification of the surface layer of CPP nanoparticle.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Ülo Langel, Piret Arukuusk*

Molekulaarse biotehnoloogia uurimisrühm tegeleb ravimkandjate arendamisega. Me keskendume spetsiifilistele peptiididele, mida nimetatakse rakku penetreeruvad peptiidid (CPP) ning kasutame neid suure molekulaarmassiga biomolekulide rakku transportimiseks. Oleme arendanud rea CPPdel põhinevaid ravimkandjaid, mida kasutame nukleiinhapetel põhinevate biomolekulide rakku viimiseks. Sellistel ravimkandjatel on suur potentsiaal geeniteraapia valdkonnas.

Käesoleva doktoriprojekti teemaks on võtta aluseks juba meie kirjeldatud efektiivsed CPP nanopartiklid ning modifitseerida nende partiklite väliskihti saamaks in vivo tingimustes kasutamiseks efektiivsed partiklid. Meie hiljutiste uuringute tulemusel on meil ettekujutus, millised need soovitud omadused võiksid olla, et saavutada veel suurem ravimkandja efektiivsus ning parandada ravimolekuli viimist spetsiifiliselt haiguskoldesse. Käesolev projekt koosneb kolmest etapist. Esimeses etapis keskendutakse nanopartiklile lisatavate komponentide valikule ja nende sidumise meetoditele. Teises etapis uuritakse saadud nanopartiklite füüsiko-keemilisi omadusi, rakku sisenemise mehhanisme ja toimet in vivo tingimustes. Kolmandas etapis uuritakse antud nanopartiklite kasutamise võimalusi in vivo erinevates haigusmodelites.

8.8 Nukleoidide dünaamika inimrakkude mitokondriaalses võrgustikus.

The dynamics of human mitochondrial nucleoids within the mitochondrial network.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Joachim M. Gerhold*

Hiljuti õnnestus meil demonstreerida, kuidas spetsiifilised nukleoidid seostuvad mitokondriaalse sisemembraaniga (MSM). Sellised nukleoidid paiknevad kolesterooli mikrodomäänis MSM-is ja ka endoplasmaatilise retiikulumi ja mitokondrite kontaktpunktides (MAM). Käesolevas projektis planeerime mõjutada valke mis osalevad mitokondriaalse DNA (mtDNA) võrgustiku dünaamikas, MAM-tekkinises. Lisaks kavatsame manipuleerida mt membraanide lipiidset koosseisu, et uurida kuidas vastavad muudatused mikrodomeeni lipiidsetes osas mõjutavad nukleoidide koosseisu, dünaamikat ja nende mõju MAM-idele. Projekti käigus läbiviidavad proteoomilised analüüsid viivad eeldatavalt uute mtDNA intaktsuse säilitamisel osalevate valkude avastamise ja iseloomustamiseni. In situ nukleoidide koosseisu ja mitokondriaalse võrgustiku dünaamika edasine uurimine aitab oluliselt kaasa mitokondriaalsete haigusgeenide töömehhanismide selgitamisele. Teatud MAM- ja mtDNA kahjustused on näiteks seotud Alzheimeri haigusega ning vastavate tekkemehhanismide analüüs suurendab potentsiaalsete ravimärklauade leidmise võimalusi.

8.9 Vaakumkaarte tekkemehhanismid kõrgetes elektriväljades. Mechanisms of vacuum arcing in high electric field systems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Vahur Zadin, Alvo Aabloo*

Kompaktne lineaarpõrguti (CLIC) on CERN'is välja töötatav uus kiirendi, milles rakendatav elektron- positron kiirte kokkupõrgetes jõutakse energiateni 0,5 TeV kuni 5 TeV. Sellised energiad saavutatakse väga kõrgete elektriväljade abil mis ulatuvad üle 100 V/m. Nii kõrgetes väljade kasutamine on aga raskendatud tihedate elektriliste läbilöövide tekkimise tõttu kiirendavates struktuurides. Need läbilöögid on põhjustatud vaakumkaartest, kuid kahjuks ei ole vaakumkaarte täpne tekkepõhjus teada. Siiani parimate teadmiste kohaselt arvatakse, et vaakumkaar algab nanosuuruses elektrivälja võimendavalt pinnadefektidelt, kusjuures nende pinnadefektide tekkemehhanism on ebaselge. Käesolevas töös rakendatakse erinevaid arvutusmeetodeid, nagu molekulaardünaamika ja kineetiline Monte-Carlo, selgitamaks elektriliste läbilöövideni viivate pinnadefektide tekkepõhjust. Töö tulemusena on võimalik oluliselt parandada kõrgeid elektrivälju rakendavate seadmete (n. radarid, osakeste kiirendid, meditsiinilise kiirguse allikad, satelliitide komponendid, uudsed mikro- ja nanoprintimise lahendused) töövõimet, võimsust ning vähendada nende suurust.

8.10 Ravimieraldussüsteemina rakendatavate bioühilduvate elektroaktiivsete polümeersete aktuaatorite väljaarendamine. Development of biocompatible electroactive polymer actuators for drug delivery systems.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Kaija Põhako-Esko ja Tarmo Tamm*

Elektroaktiivseteks polümeerseteks komposiitideks (EAP) nimetatakse polümeerseid materjale, mille omadusi (nt kuju või suurust) saab muuta elektrilise signaali abil. See omadus võimaldab EAP materjale kasutada erinevates seadmetes täiturite ehk aktuaatoritena. Antud doktoriprojekti eesmärk on välja arendada bioühilduv ioonne elektroaktiivne polümeerne (IEAP) täitur ning uurida selle rakendusvõimalusi ravimikandjate ja ravimieraldussüsteemide valmistamiseks. Tüüpiline IEAP täitur on kolmekihiline polümeerne laminaat komposiit, mis koosneb suure eripinnaga elektroodidest ning neid eraldavad ioone läbilaskvast membraanist. Komposiit on immutatud elektrolüüdiga, milles leiduvate ionide liikumine põhjustab materjali reageerimist rakendatud elektriväljale. Antud töös kasutatakse elektroodimaterjalina juhtivpolümeere (polüpürrool, polü(3,4-etuendioksiitiofeen)), mille bioühilduvus on tõestatud. Ioone läbilaskva membraani valmistamiseks uuritakse erinevate biopolümeeride (polüsahhariidid: tselluloos, kitosaan; peptiidid: kollageen, želatiin) töötlust elektrokeetruse abil. Elektrolüüdina rakendatakse uudseid ioonseid vedelikke, mille ioonideks on farmatseutiliselt aktiivsed ühendid. Traditsiooniliste ravimite kasutamine ioonse vedelikuna on viimastel aastatel pälvinud palju tähelepanu, sest nii on võimalik vältida probleeme, mis kaasnevad kristalliliste ainete kasutamisega nagu näiteks polümorfism ja lahustuvuse probleemid.

8.11 Uudne interaktiivne virtuaalsus ja liitreaalsuse keskkond. Novel Interactive Virtual and Augmented Realty Environment.

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Gholamreza Anbarjafari*

In this PhD proposal we are aiming to introduce a new interactive virtual and augmented reality environment in which the users can communicate and interact with each other through Virtual and Augmented Reality (V/AR). This proposal suggests that users can interactively communicate with each other over V/AR while the changes that they are introducing in such environment can be simultaneously shown to the other user. Such system can be a starting point for making a classroom or a meeting in V/AR. This interactivity can be achieved by using gesture recognition which can be done with use of convolutional neural network deep learning. This proposal is also showing an approach for optimizing the use of wired and wireless sensors which are currently used for creating interactive environment in V/AR systems. This proposal will benefit from the current state-of-the-art technique for creating 3D models in the virtual views of V/AR system.

**8.12 Aju ebanormaalsuse tuvastamine individuaalsete struktuuri-
liste ühenduvuse võrgude ja EEG signaali statistilise analüüsi
abil.**

**Brain Abnormality Detection Using Statistical Analysis of Indi-
vidual Structural Connectivity Networks and EEG Signals.**

Juhendaja(d) / Supervisor(s): *Gholamreza Anbarjafari, Ivo Fridolin*

In this PhD proposal, we will investigate the early detection of Alzheimer's disease (AD) and mild cognitive impairment (MCI) conversion to AD through individual structural connectivity networks using structural magnetic resonance imaging (sMRI) data. We will propose novel method which used the cortical morphometry of individual gray matter images to construct structural connectivity networks. A statistical feature generation approach based on histogram-based feature generation procedure will be implemented to represent a statistical-pattern of connectivity networks from a high-dimensional space into low-dimensional feature vectors. The method will be tested on various data collected from healthy and unhealthy sMRI images from well-known databases and also our own database can be collected and used.