

Eesti teaduse tippkeskused oma 5. veebruari 2003. a koosolekul Tartus
otsustasid tegutseda ühiselt ja anda välja
ühenduse teadussuundi kirjeldava kogumiku
"EESTI TEADUSE TIPPKESKUSED. 2004"

Kogumik on koostatud kõigi tippkeskuste juhtide koostöona

Kogumiku koostajad
akadeemik Endel Lippmaa (vastutav toimetaja)
Galina Varlamova, PhD
Helle-Liis Help

ISBN 9985-50-370-8

Täname trükis avaldamise toetamise eest
Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi,
Eesti Teaduste Akadeemiat,
Tartu Ülikooli, Tallinna Tehnikaülikooli ja
kõiki kümnet tippkeskust

SAATEKS



Akadeemik Endel Lippmaa
Eesti teaduse tippkeskuste ühenduse esimees

Teoreetiliste teadmiste vajadus saab sageli silmatorkava alahinnangu osaliseks, ja enamikus paraku nende isikute poolt, kelle teoreetiliste teadmiste tagavarad on mitmeti hõredad.

*akadeemik Karl Schlossmann
Eesti Teaduste Akadeemia
avamisaktusel
22. oktoobril 1938*

Eesti on liiga väike selleks, et päris iseseisvalt kujundada maailma või isegi iseenda poliitilist ja tehnoloogilist arengut. Teadus ja tehnika on tänapäeval globaalsed ning arenevad aina kiiremini, kusjuures arengumootoriks on mitte ainult osavad rakendused, vaid eelkõige uued teadmised ja läbimurded alusuuringutes. Iga edusamm sellel alal leiab alati oma rakendused igapäevases elus ja just seetõttu on teadmiste-püramiidi tipp rakenduste, tehnoloogilise arenduse ja püsiva majandusliku edu aluseks.

Tänapäevane multimeedia, mobiilside, internet ning kogu arvutustehnika ja automaatika ei oleks üldse võimalikud ilma esiotsa täiesti arusaamatuks, puhtteoreetiliseks või elukaugeks peetud kvantmehaanikata. Ning kuigi ükski sajand ei korda eelnevat, püsivad arengureeglid endistena. Mõnedki uue sajandi dominandid on juba kujunemas – arvestagem puhast vesiniku/fusioonenergeetikat, globaalset superarvutust, mõtte ja teadvuse molekulaarbioloogiat, pikotehnoloogiat, kvantinformaatikat ja vaakumi füüsikat.

Et suuta uusi võimalusi ja kujunevaid tehnoloogilisi väljakutseid mõista ja edukalt rakendada, leides nende innovatiivseks arendamiseks oma nišid, on vaja tagada selle töö aluseks oleva teadlaste- või inseneridekollektiivi parim võimalik tase. Seda ei saa teha paljalt fondide rahavoogude suunamisega, vaid kõiki, eelkõige aga tehnoloogilisi projekte ning programme, tuleb valida ning väärtustada vaid adekvaatsetest ja täielikult sõltumatutest rahvusvahelistest eksperthinnangutest lähtuvalt. Just nii tehti seda meie Eesti teaduse kümne tippkeskuse väljavalimisel. Mõnda tippkeskuse taotlejat külastas ja hindas isegi pool tosinat täiesti sõltumatut ning puht-välismaist ekspertpaneeli. Just seetõttu ühendub nendes tippkeskustes Eestis reaalselt olemasolev teaduslik asjatundlikkus rahvusvaheliste arusaamadega teaduse,

tehnoloogia ja majanduse arengu suundadest ning prioriteetidest.

Kümme tippkeskust katavad oma tööga kõik olulise vaakumi struktuurist rahvaluuleni. Siia vahele mahuvad Eesti strateegiliste põhisuundadena materjaliteadus ja nanotehnoloogia, biomeditsiin ja biotehnoloogia ning kogu info-tehnoloogia. Vaieldamatult kõrgel ja tihedat rahvusvahelist kontakti maailma juhtivate teadus- ja arendusasutuste ning firmadega võimaldaval tasemel on meie optika ja spektromeetria koos kondenseeritud faaside ja osakestefüüsikaga, rakubioloogia ja genoomika, mitte-lineaarne dünaamika, mehaanika ja arvutiteadused, kvantkeemia ja tahkistefüüsika, molekulaarmeditsiin koos psühhofüsioloogiaga ning muidugi ka Eesti ökoloogia ja folkloristika.

Arvestades kõigi kümne tippkeskuse teadlaste kõrget taset ja lisaks veel ülemaailmselt tuntud teadlastest koosnevaid nõustavaid juhtkomiteesid kõigi keskuste juures, kujuneb tippkeskustele oluline nõustav, koordineeriv ja vahel ka juhatav roll Eesti teaduse ja tehnoloogia ning sellega seotud õppetöö ja majanduse arengusuundade kujundamisel. Just sellel otstarbel moodustasid Eesti teaduse tippkeskused oma 5. veebruari 2003 nõupidamisel Tartus ühenduse ning loodetavasti suudab käesolev trükis kui kogumik teoksil olevatest töödest anda piisava ülevaate Eesti teaduse mõnestki tulevikuvõimalusest.

Tallinnas, 16. juulil 2004

Endel Lippmaa

SISUKORD

GEENI- JA KESKKONNATEHNOLOOGIA TIPPKESKUS	7-22
ANALÜÜTILISE SPEKTROMEETRIA TIPPKESKUS	23-42
MITTELINEAARSETE PROTSSESSIDE ANALÜÜSI KESKUS	43-55
EESTI KÄITUMIS- JA TERVISETEADUSTE KESKUS	57-74
TARTU ÜLIKOOLI FÜÜSIKA INSTITUUT	75-88
KEEMIA JA MATERJALITEADUSE TIPPKESKUS	89-107
MOLEKULAARSE JA KLIINILISE MEDITSIINI KESKUS	109-121
ALUS- JA RAKENDUSÖKOLOOGIA KESKUS	123-134
EESTI KULTUURILOO JA FOLKLORISTIKA KESKUS	135-146
TÖÖKINDLATE ARVUTISÜSTEEMIDE UURIMISE KESKUS	147-157

GEENI- JA KESKKONNATEHNOLOOGIA TIPPKEKSKUS

Juht prof Toivo Maimets
Riia 23, 51010 Tartu
Tel +372 737 5837
Faks +372 742 0286
tmaimets@ebc.ee
<http://www.tymri.ut.ee/TK/>

UURIMISRÜHMAD

BIOINFORMAATIKA
Juht prof Maido Remm
Riia 23, 51010 Tartu
Tel +372 737 5001
Faks +372 742 0286
mremm@ebc.ee
<http://www.ebc.ee/WWW/bi/>

BIOKEEMIA
Juht prof Juhan Sedman
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel +372 737 5837
Faks +372 737 5838
jsedman@ebc.ee

BIOTEHNOLOOGIA
Juht prof Andres Metspalu
Riia 23, 51010 Tartu
Tel +372 737 5066
Faks +372 742 0286
andres@ebc.ee
<http://www.biotech.ebc.ee>

EVOLUTSIOONILINE BIOLOOGIA
Juht prof Richard Villems
Riia 23b, 51010 Tartu
Tel +372 737 5064
Faks +372 742 0194
rvillems@ebc.ee

FUNKTSIONAALNE GENOOMIKA
Juht prof Alar Karis
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel +372 737 5025
Faks +372 742 0286
akaris@ut.ee

GENEETIKA
Juht prof Ain Heinaru
Riia 23, 51010 Tartu
Tel +372 737 5012, +372 737 5611
Faks +372 7 420 286
aheinaru@ebc.ee

MIKROBIOLOOGIA JA VIROLOOGIA
Juht prof Mart Ustav
Riia 23b, 51010 Tartu
Tel +372 737 5047
Faks +372 742 0286
ustav@ebc.ee

MOLEKULAARBIOLOOGIA
Juht prof Jaanus Remme
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel +372 737 5031
Faks +372 742 0286
jremme@ebc.ee
<http://www.ebc.ee/MOLBIO>

RAKUBIOLOOGIA
Juht prof Toivo Maimets
Riia 23b, 51010 Tartu
Tel +372 737 5028
Faks +372 742 0286
tmaimets@ebc.ee

TAIMEFÜSIOLOOGIA
Juht uurija-prof Agu Laisk
Pirni 2, 50405 Tartu
Tel/faks +372 736 6021
agu.laisk@ut.ee
<http://plantphys.ut.ee>

Geeni- ja keskkonnatehnoloogia Tippkeskus (GKTT) omab teaduse tippkeskuse staatust alates 2001. a detsembrist. Tippkeskuse näol on tegemist uurimis- ja arendusasutusega, mis te-

geleb kõrgetasemeliste molekulaar- ja rakubioloogia fundamentaaluringutega ning nende tehnoloogiliste rakenduste arendamisega geeni- ja keskkonnatehnoloogia valdkonnas.

Tippkeskus on loodud Tartu Ülikooli (TÜ) molekulaar- ja rakubioloogia instituudi, TÜ tehnoloogikeskuse (praegune TÜ tehnoloogiainstituut) ning TÜ zooloogia ja hüdrobioloogia instituudi baasil. Teadus- ja arendustöös teeb GKTT tiheadat koostööd Eesti Biokeskusega, jagades osaliselt sama hoonetekompleksi, ühendades parima inimressursi ning kallihinnalise aparatuuri hankimise ja kasutamise.

Kiiresti areneva biotehnoloogia sektori jaoks on vajalik valmistada ette piisavate oskuste ning teadmistega noori spetsialiste. Selle eesmärgi

täitmiseks on GKTT sidunud oma teadustegevuse tihedalt üliõpilaste ning eelkõige kraadiõppurite koolitamisega Tartu Ülikoolis.

Tippkeskusesse kuulub 10 kõrgetasemelist uurimisgruppi, värskem uurimisgrupp – bioinformaatika – lülitati tippkeskuse koosseisu 2003. aastal. Uurimisgruppidele ilmub aastas umbes 50 teadusartiklit.

Tippkeskuses töötab 67 teadlast, kraadiõppureid on 115. Aastatel 2001–2003 on GKTTs kaitstud 39 magistri- ja 9 doktoritööd.

BIOINFORMAATIKA

Bioinformaatika rühm alustas tippkeskuse koosseisus tööd 2003 aasta veebruaris.

Peamised uurimisteemad:

INIMESE GENOOMI HAPLOTÜÜPSE STRUKTUURI MODELLEERIMINE

Inimese genoomi haplotüüpse struktuuri mõistmine on eelduseks suuremahuliste aheldusuuringute tegemisel, samuti ka genoomi evolutsiooni mõistmisel. Teema raames töötatakse välja uusi meetodeid valimaks inimese genoomist markereid, mis aitaksid uurida inimeste vahelist erinevust. Saadud teadmiste baasil arendatakse meetodeid aheldusuuringuteks, mis aitavad selgitada haiguste geneetilisi põhjusi ja ennustada ravimite mõju igal inimesel eraldi.

DNA MIKROKIIPIDE DISAIN

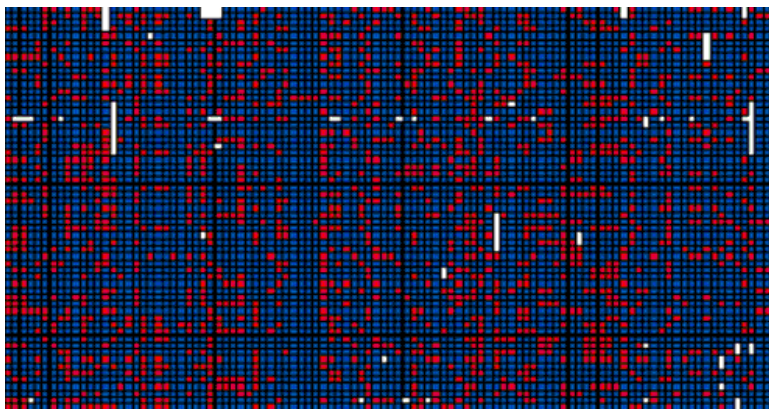
DNA kiipe kasutatakse paljude suuremahuliste genoomiuuringute teostamisel. On välja töötatud ja täiustatud algoritme erinevatele DNA kiipidele praimerite ja hübriidsiooni-proovide valimiseks. Kiipe on disainitud genotü-

piseerimiseks (APEX), kromosoomi deletsioonide avastamiseks (MAPH). Lisaks on arendatud meetodeid kvaliteetsete PCRi praimerite automaatseks valimiseks ja nende automaatseks grupeerimiseks. Plaanis on tegeleda ka erinevate liikide samaaegset tuvastamist võimaldavate DNA kiipide disainiga.

GEENIREGULATSIOONI MODELLEERIMINE

Geeniregulatsiooni uuritakse *in silico*, kogudes andmeid geenide ekspressiooni, valk-valk interaktsioonide, valk-DNA interaktsioonide kohta. Koostatud andmebaasi kasutatakse geeniregulatsiooni võrgustike ehitamiseks ja uurimiseks arvuti abil. Luuakse uusi meetodeid andmete kiireks klasterdamiseks ja mustrite avastamiseks andmetest. Eraldi projektina on kavas uurida mRNAde alternatiivset splaisingut ja selle regulatsiooni.

Koostöö toimub mitme Euroopa uurimisasutusega (Euroopa Bioinformaatika Instituut, Sangeri Instituut, Müncheni Tehnikaülikool, Helsingi Ülikool, Karolinska Instituut).



Joonis 1.

Haplotüüpide mustrid inimese kromosoomis 22. Ridades on näidatud erinevate indiviidide DNA, tulpades markerid kromosoom 22st. Täielik andmestik sisaldas 60 rida ja 1204 tulpa. Punased ja sinised täpid tähistavad erinevaid allelele analüüsitud markeritel. Arvuti abil uuriti markerite ahelduse määra erinevates kromosoomi piirkondades ja erinevates populatsioonides.

PUBLIKATSIOONE

Brazma, A. et al. ArrayExpress--a public repository for microarray gene expression data at the EBI. *Nucleic Acids Res.* 31, 68-71 (2003).

Brazma, A. et al. Minimum information about a microarray experiment (MIAME) toward standards for microarray data. *Nature Genetics* 29, 365-371 (2001).

Dawson, E. et al. A first-generation linkage disequilibrium map of human chromosome 22. *Nature* 418, 544-548 (2002).

Remm, M. et al. PCR and arrayed primer extension (APEX) for genome-wide linkage disequilibrium (LD) and haplotype mapping. In: Griffin, H.G., Griffin, A. (Eds.) *PCR Technology: Current Innovations*, CRC Press (2003).

Remm, M., Metspalu, A. High-density geno-typing and linkage disequilibrium in the human genome using chromosome 22 as a model. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 6, 24-30 (2003).

BIOKEEMIA

Uuritakse DNA metabolismi protsesse mudel-objektina kasutatava pagaripärmi *Saccharomyces cerevisiae* mitokondrites, kombineerides nii biokeemilisi kui ka spetsiifilisi *S. cerevisiae* geneetilisi vahendeid.

Mitokondriaalse DNA metabolism toimub suu-resti rakutsükli S faasist sõltumatult, olles koor-dineeritud raku kasvamise ja pooldumisega seni tundmatu mehhanismi abil. *S. cerevisiae* mitokondriaalne genoom on monomeersel kujul ligi 80000 nukleotiidi pikkune, ent moodustab keeruka topoloogiaga kõrgmolekulaarseid struktuure, mille tekkes on olulised rekombi-natiivsed protsessid. Uuritakse, kuidas sellise DNA molekuli sünteesi initsieeritakse, kuidas tagatakse ligikaudu konstantne DNA hulk raku kohta ja milliste mehhanismidega tagatakse ulatusliku võrgustiku moodustava materjali korrektne jagamine pungumise teel eralduvasse tütarrakku.

On välja töötatud vahendid mitokondriaalse DNA topoloogia analüüsiks, mis võimaldab saada informatsiooni erinevate geeniproductide funktsiooni kohta organelli genoomi stabiilses säilitamises.

Teiseks, on puhastatud rida individuaalseid val-gulisi faktoreid, mis osalevad mitokondriaalse DNA metabolismis. Individuaalsete valkude bio-keemiline analüüs võimaldab täpsustada nende rolli mitokondriaalse DNA intaktsuse alalhoiul.

PUBLIKATSIOONE

Kuusk, S., Sedman, T., Sedman, J. Yeast mitochondrial DNA helicases: purification and functional assays. In: Copeland W.P. (Ed.) *Methods in Molecular Biology 197: Mitochondrial DNA*, Humana Press, 303-316 (2002).

Lee, C. M., Sedman, J., Neupert, W., Stuart, R. A. The DNA helicase, Hmi1p, is transported into mitochondria by a C-terminal cleavable targeting signal. *J. Biol. Chem.* 274, 20937-20942 (1999).

Sedman, T., Jöers, P., Kuusk, S., Sedman, J. Hmi1 helicase is required for long concatemeric mtDNA synthesis (submitted for publication)

Sedman, T., Kuusk, S., Kivi, S., Sedman, J. A DNA helicase required for maintenance of the functional mitochondrial genome in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol. Cell. Biol.* 20, 1816-1824 (2002).

BIOTEHNOLOOGIA

Biotehnoloogia laboratooriumi uurimistöö peasuunaks on inimese genoomi struktuur ja organisatsioon ning komplekshaiguste eest vastutavad geenid. Uurimistööd finantseeritakse SF teema, ETF grantide, EL 5.RP ja 6.RP grantide abil.



Põhiteemad

GEENIANALÜÜSI TEHNOLOOGIA

Arendatakse uut suuremahulist genotüpiseerimise tehnoloogiat (APEX), mis lubab analüüsida kuni 30 000 SNP markerit ühel indiviidil korraga. Rakendusi on ka teisi, sh geenikoopia arvu määramine. Siin toimub ka uue geenikiibi fluorestsdetektori väljatöötamine koos partneritega firmadest Estla ja Asper. Rakendatakse uut kiibi tehnoloogiat, mis lubab sünteesida oligonukleotiidide *in situ*. Selleks on muretsatud uus geeniuurimise aparaat GeniomOne (FeBit, Saksamaa). Esimene ülesanne on APEXi tehnoloogia rakendamine sellele tehnoloogilisele platvormile.

INIMISE GENOOMI ANALÜÜS

Esialgseks eesmärgiks on analüüsida haploblokkide struktuuri inimese genoomis ja võrrelda seda erinevate Euroopa jt populatsioonidega. Põhiliseks eesmärgiks on leida SNP markerite valik, mida kasutada suuremahulistes assotsiatsiooniuringutes (sh näiteks pikaajalisus, tüsedus, depressioon) ja farmakogeenetilises analüüsis. Uuritakse ka mõningaid uusi inimese geneene (nt HUBERT) ja püüatakse leida neile funktsiooni.

Alateemad

- Proteoomika – tegeleb hingamisteede struktuurse ümberehitumisega assotsieeruvate valkude ekspressiooni uurimisega.
- Molekulaardiagnostika – uurimisteema peamiseks eesmärgiks on välja töötada uusi geeniteste, mitte-invasiivseid meetodeid prenataalseks DNA analüüsiks, sh looterakude isoleerimine ja analüüs ema verest.

Lisaks eeltoodule töötab biotehnoloogia uurimisgrupiga titedas koostöös Wellcome Trust'i poolt finantseeritav uurimisrühm, mida juhib erakorraline professor Maris Laan. Selle uurimisrühma teemad on seotud samuti inimese genoomi uurimisega.

PUBLIKATSIOONE

Dawson, E., Abecasis, G. R., Bumpstead, S., Chen, Y., Hunt, S., Beare, D. M., Pabial, J., Dibling, T., Tinsley, E., Kirby, S., Carter, D., Papaspyridonos, M., Livingstone, S., Ganske, R., Lõhmussaar, E., Zernant, J., Tõnisson, N., Remm, M., Mägi, R., Puurand, T., Vilo, J., Kurg, A., Rice, K., Deloukas, P., Mott, R., Metspalu, A., Cardon, L. R., Bentley, D. R., Dunham, I. The first generation linkage disequilibrium map

of chromosome 22. *Nature* 418, 544–548 (2002).

Gemignani, F., Perra, C., Landi, S., Canzian, F., Kurg, A., Tönisson, N., Galanello, R., Cao, A., Metspalu, A., Romeo, G. Reliable detection of β -Thalassemia and G6PD mutations by a DNA microarray. *Clin. Chem.* 48, 11, 2051–2054 (2002).

Kurg, A., Tönisson, N., Georgiou, I., Shumaker, J., Tollett, J., Metspalu, A. Arrayed primer extension: Solid phase four-color DNA resequencing and mutation detection technology. *Genetic Testing* 4(1), 1–7 (2000).

Remm, M., Metspalu, A. High-density genotyping and linkage disequilibrium in the human genome using chromosome 22 as a model. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 6, 24–30 (2002).

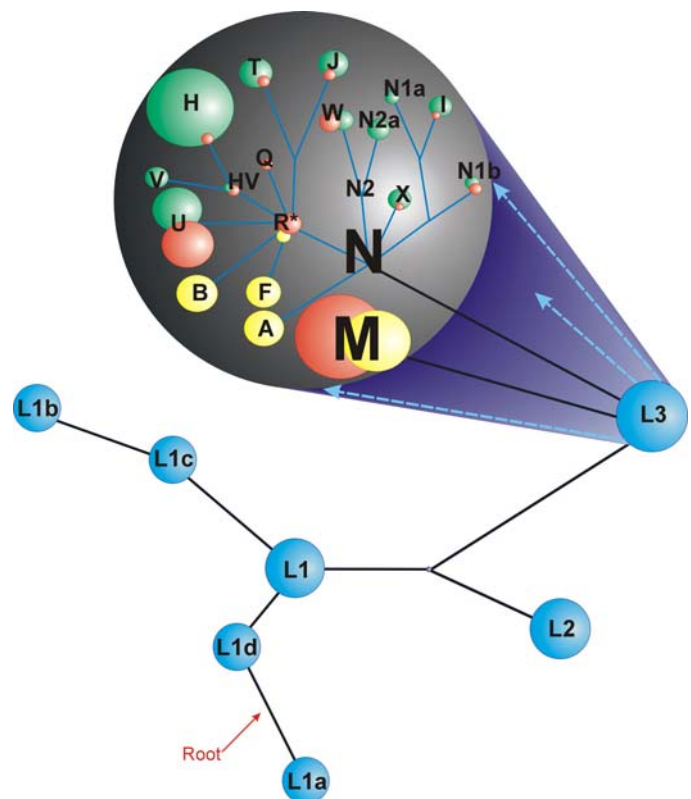
Tönisson, N., Zernant, J., Kurg, A., Pavel, H., Slavin, G., Roomere, H., Meiel, A., Hainaut, P., Metspalu, A. Evaluating the arrayed primer extension resequencing assay of TP53 tumor suppressor gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 8, 5503–5508 (2002).

Tönisson, N., Zernant, J., Kurg, A., Pavel, H., Slavin, G., Roomere, H., Meiel, A., Hainaut, P., Metspalu, A. Evaluating the arrayed primer extension resequencing assay of TP53 tumor suppressor gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 8, 5503–5508 (2002).

EVOLUTSIOONILINE BIOLOOGIA

Inimkonna bioloogilise ajaloo tööühm püüab leida vastust laiale küsimusteringile, mille keskmes on tänase inimkonna geneetilise rikkuse tekke mõistmine. Uuritakse demograafilisi protsesse, mis kaasnesid anatoomiliselt kaasaegse inimese väljarännuga Aafrikast. Geneetikutena uuritakse peamiselt "puhtas emaliinis" pärineva mitokondriaalse DNA ja "puhtas isaliinis" pärineva Y kromosoomi globaalset varieeruvust. Analüüsitakse kõigi asustatud kontinentide põliselanike geene – alates eestlastest ja teistest eurooplastest ning Siberi väikerahvastest, hindudest ja hiinlastest kuni Sahhaara-alustest aafriklaste, Austraalia aborigeenide ja Lõuna-Ameerika indiaanihõimudeni. Geenipuude fülogeneetilise rekonstrueerimise ja neist andmeist tuleneva fülogeneetilise puu hargnemiste dateerimine (koalestsentsiaeg) annab eksperimentaalse andmestiku, mille interpretatsioon on interdistsiplinaarne – läbipõimunud teadmistega arheoloogiast ja ajaloost üldiselt, stohhastiliste protsesside olemusest, topoloogiast, keeleteadusest, paleoantropoloogiast, paleokliimast jm. Niisugune uurimistöö saab toimuda vaid tihedas koostöös paljude maade teadlastega, kes esindavad kõige erinevamaid distsipliine.

Rühma koosseisu kuulub 2003. aasta lõpu seisuga seitse teadurit ja õppejõudu, viis doktoranti ja seitse magistranti. Rühma baasil omandab esimesi uurimistöökogemusi kümme-kond põhiõppe üliõpilast. Uurimisrühma juures töötab pidevalt 3–6 noorteadlast eri riikidest, nende hulgas on tuvalasi ja prantslasi, jakuute ja portugallasi, horvaate ja šveitslasi, israellasi ja venelasi.



Joonis 2. Globaalse mtDNA fülogeneetilise puu selgroog. Sfääride diameetrid on proportsionaalsed vastava haplogrupi sagedusele ja värvid tähistavad populatsioonide gruppe järgmiselt: sinine – Aafrika; kollane – Ida-Aasia ja Ameerika põlisasukad; punane – India ning roheline Lääne-Euraasia. Pange tähele, et kõik väljaspool Aafrikat levinud emaliinid hargnevad kahest harust M ja N, mis omakorda koonduvad ühte Aafrikas levinud haplogruppi.

PUBLIKATSIOONE

Kivisild, T., Rootsi, S., Metspalu, M., Mastana, S., Kaldma, K., Parik, J., Metspalu, E. et al. The genetic heritage of the earliest settlers persists both in Indian tribal and caste populations. *Am. J. Hum. Genet.* 72, 313-332 (2003).

Kivisild, T., Tolk, H.-V., Parik, J., Wang, Y., Papiha, S. S., Bandelt, H.-J., Villems, R. The emerging limbs and twigs of the East Asian mtDNA tree. *Mol. Biol. Evol.* 19, 1737-1751 (2002).

Kivisild, T., Villems, R. Questioning evidence for recombination in human mitochondrial DNA. *Science* 288, 1931 (2000).

Reidla, M., Kivisild, T., Metspalu, E., Kaldma, K., Tambets, K., Tolk, H., Parik, J. et al. Origin and diffusion of mtDNA haplogroup X. *Am. J. Hum. Genet.* 73, 1178-90 (2003).

Tolk, H. V., Barac, L., Pericic, M., Klaric, I.M., Janicijevic, B., Campbell, H., Rudan, I. et al. The evidence of mtDNA haplogroup F in a European population and its ethnohistoric implications. *Eur. J. Hum. Genet.* 9, 717-23 (2001).

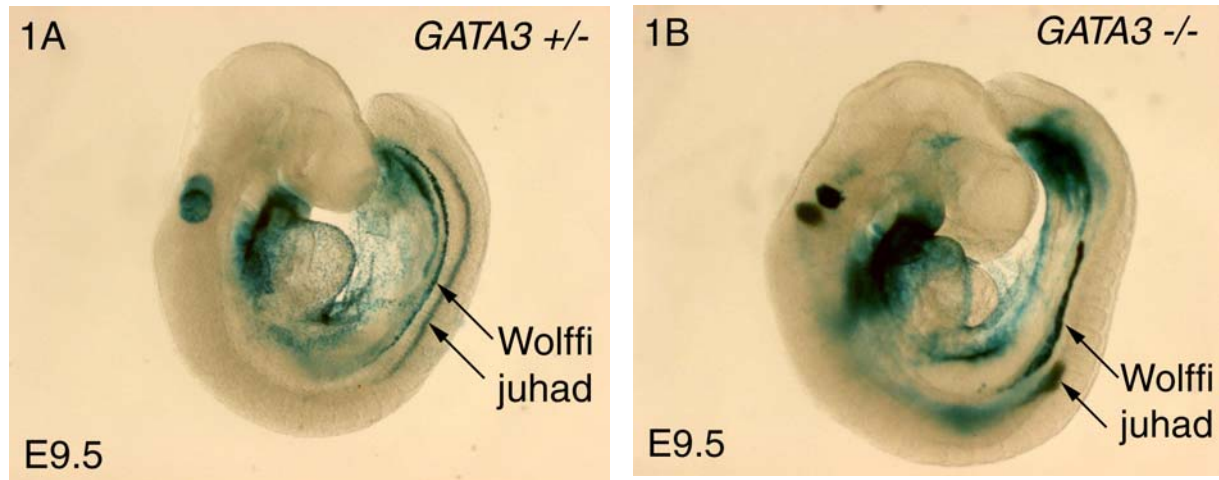
FUNKTSIONAALNE GENOOMIKA

Molekulaarbioloogia rakendamise tehnoloogilise uuendusena võimaldanud lahendada paljusid arengubioloogia vanu küsimusi hoopis suurema edukusega.

Uurimistöö lähtub hiire uute mutantide genereerimisest, kasutades embrüonaalsetes tüvirakkudes kandidaatgeenide muteerimist. Põhitähelepanu on koondunud transkriptsioonifaktoritele, nagu GATA2 ja GATA3, ning nende

sihtmärkgeenidele, mis on seotud urogenitaal- ja närvisüsteemi arenemisega.

Transkriptsioonifaktor GATA3-I on oluline osa paljudes arenguprotsessides. Meie oleme näidanud GATA3 uudet rolli neeru ja genitaaltrakti varases embrüogeneesis. GATA3 ekspresseerub Wolffi juha epiteelis ja GATA3 puudulike (GATA3^{-/-}) hiirte embrüotel nimetatud juha morfogenees peatub (joonis 3).



Joonis 3.

GATA3 ekspressiooni muster hiire 9.5 päeva vanustes embrüotes. Uuritud hiirelinis kasutati lacZ geeni (kodeerib *E. coli* β -galaktosidaasi), mis on homoloogilise rekombinatsiooniga viidud GATA3 translatsiooni initsiaator-koodonisse. Sellega on GATA3 inaktiveeritud, kuid sama geeni ekspresseerivad rakud on lihtsalt avastatavad kasutatud baktergeeni produkti ilmestamisega. GATA3^{lacZ} suhtes heterosügootid (1A) GATA3^{+/-} arenevad normaalselt, kuid homosügootsetel mutantidel (GATA3^{-/-}) (1B) on Wolffi juha ekstensioon pidurdunud. Suurendus 90x.

Geenikiipide hübriidiseerimiskatsetes kasutati metsikut tüüpi ja GATA3^{-/-} hiireloodetest eraldatud RNAd. Hübriidiseerimiskatsete tulemusena leidsime üle 100 geeni, mis on metsikut tüüpi ja GATA3^{-/-} loodetes erinevalt ekspresseerunud.

Konstrueeritud on mutanthiired, kus ric-8 lookusesse on viidud lacZ geen. Nendes loomades avastati Ric-8 (synembryn) esinemine kesknärvisüsteemi erinevates osades embrüonaalse arengu jooksul. Oleme loonud ka Pax2^{+/-}

Pax8+/- topelt-heterosügoote, kellel nii isased kui emased on viljatud. Munandimanus areneb ebanormaalselt ja emastel kujuneb tiinuse käigus emaka ebanormaalne hüpertroofia. Loomad on heaks mudelobjektiks viljatuse põhjuste uurimisel.

Tähtsal kohal uurimistöös on markergeenide ekspressiooni analüüs loodud mutantides (Dach1, Dach2, Eya 1, Sonic hedgehog, GDNF, Ret, GFR α 1, Wnt4, Wnt11 jt). Arvatavatest sihtmärkgeenidest on lähemalt uurimisele võetud GDNFi retseptori GFR α 1 geen.

Metoodiliselt laiendatakse uurimistööd kahes suunas:

- On loodud uusi transgeenseid hiireliine Cre/loxP-vahendatud mutageneesiks.
- Erinevate geenide "knock-out-id" surevad sageli suhteliselt varases embrüogeneesis. Selleks, et uurida nende ekspressiooni mahasurumisest tingitud muutusi hilisemas morfogeneesis, on otstarbekohane kasutada PNA-dega konjunkteeritud penetreeruvaid peptiide. See võimaldab ka mitme geeni üheaegset väljalülitamist kombineerides klassikalised "knock-out-id" PNA abil saadavate "knock-out-idega".

GENEETIKA

MIKROORGANISMIDE GEENREGULATSIOON NING GENEETILISE MITMEKESISUSE KUJUNEMISE MOLEKULAARSE MEHHAANISMID MUUTUVATES KESKKONNATINGIMUSTES (uurimisteema juht prof Ain Heinaru)

Eesmärgiks on uurida geneetiliselt iseloomustatud bakterite mõju orgaaniliste saasteainete biodegradatsioonile looduslikus keskkonnas. Viidi läbi labori- ja välikatsed, et selgitada fütoremediatsiooni ja bioaugmentatsiooni kasutamise võimalusi orgaaniliste saasteainete biodegradatsiooni võimendamiseks poolkooksis. Bioaugmentatsioonikatses kasutati kolme bakteritüve, mis on isoleeritud saastunud jõgedest. Mikroobikoosluste struktuuri ja mitmekesisuse ning funktsionaalsete geenide uurimiseks kasutati erinevaid molekulaarseid meetodeid. Uurimistöö tulemusena määrati domineerivad bakteriliigid poolkooksis ja leiti, et poolkoksi mikroobikooslust iseloomustab väike mitmekesisus. Poolkoksi taimestamine suurendas poolkoksi mikroobikoosluse arvukust ja mitmekesisust. Taimestiku toimel toimusid muutused mikroobikoosluse funktsionaalsete geenide struktuuris, mis väljendus suurema aktiivsusega fenoolhüd-

Uurimisrühma kuulub 2 professorit, 2 vanemteadurit, 2 teadurit, dotsent ning 6 doktoranti, rida magistrante ja üliõpilasi.

PUBLIKATSIOONE

Meng, X., Pata, I., Popsueva, A., Pedrono, E., de Rooij, D. G., Jänne, M., Rauval, H., Sariola, H. Transient disruption of spermatogenesis by deregulated expression of neurturin in testis. *Mol. Endocrinol.* 184, 33-39 (2001).

Pooga, M., Langel, Ü. Synthesis of cell penetrating peptides for cargo delivery In: *Peptide Synthesis and Applications (In series: Methods in Molecular Biology)*, Howl, J. (Ed.) (2003).

Tõnissoo, T., Meier, R., Talts, K., Plaas, M., Kari, A. Expression of ric-8 (synembryn) gene in the nervous system of developing and adult mouse. *Gene Expr. Patterns* 3(5), 591-594 (2003).

Uri, A., Viht, K., Pooga, M. Bifunctional inhibitors of protein kinases for intracellular applications. *Cell Mol. Biol. Lett.* 8, 564-565 (2003).

Viht, K., Padari, K., Raidaru, G., Subbi, J., Tammiste, I., Pooga, M., Uri, A. Liquid-phase synthesis of pegylated adenosine-polyarginine conjugate, cell permeable inhibitor of cAMP-dependent protein kinase. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 13, 3035-3039 (2003).

roksülaaside domineerimises taimedega poolkooksis. Bioaugmentatsioon suurendas biodegradatsiooni aktiivsust kuni 50% võrreldes töötlemata pinnasega. Lisaks poolkoksile uurisime veel poolkoksi ladestusalalt pärineva leovee poolt saastatud setete mikroobikooslusi. Eestist isoleeritud bakterist *Achromobacter xylosoxidans subsp. denitrificans* EST4002 on leitud plasmiid pEST4011, mis kodeerib geene 2,4-diklorofenoksüatsetaadi lagundamiseks. Praeguseks on kindlaks määratud selle 76623 aluspaari suuruse plasmidi täielik nukleotiidjärjestus.

PSEUDOMONAADIDE FÜSIOLOOGILINE JA GENEETILINE ADAPTEERUMINE UUTE KESKKONNATINGIMUSTEGA (uurimisteema juht dotsent Maia Kivisaar) Looduslikus keskkonnas tuleb mikroobidel pidevalt kohaneda erinevate stressitingimustega. Bakterite adapteerumine muutunud keskkonningimustega võib olla kas füsioloogiline, mis on lühajaline strateegia, või geneetiline, mis on aluseks mikroobipopulatsiooni divergeerumisele ja uute, enimkohastunud variantide levikule. Viimastel aastatel on elavalt diskuteeritud selle

üle, kas evolutsiooni käigus võiksid olla välja kujunenud mehhanismid, mis võimaldavad stressis olevates rakkudes tõsta mutatsioonisagedust.

Uuritakse mutatsioonide tekkemehhanismide molekulaarseid aluseid perekond *Pseudomonas* bakterites, kontsentreerudes eeskätt neile protsessidele, mis võimaldavad bakteripopulatsiooni geneetilist kohastumist stressitingimustes. Tulemused tõendavad, et stressi poolt indutseeritud transpositsioon võib olla geneetiliselt programmeeritud strateegia, mis kiirendab mikroobipopulatsiooni geneetilist adapteerumist ebasoodsates keskkonningimustes. Leiti, et Tn3 perekonda kuuluva transposooni Tn4652 (pärit TOL plasmiidist pWW0) transponeerumine aktiveerub *P. putida* statsionaarse faasi rakkudes, olles reguleeritud DNA-d painutava valgu IHF ja statsionaarse faasi sigma faktori RpoS poolt. Lisaks neile valkudele on Tn4652 transponeerumine reguleeritud veel mingite seni teadmata signaalide kaudu, mida vahendab kahekomponendiline signaaliülekanne süsteem ColRS. Edasiste uuringute käigus püütakse täpsemalt defineerida stressi poolt indutseeritud regulatoorset võrgustikku, mis mõjutab transposooni Tn4652 transpositsiooni *P. putida* rakkudes.

Uurimiserühma poolt hiljuti avaldatud andmed viitavad erinevustele mutatsioonide tekkemehhanismides, kui võrrelda lühiajaliselt ja pikemalt nälgitud bakteripopulatsioone: erineval ajal rakupopulatsiooni ilmunud mutantidel ilmnes erinevus mutatsioonispektris. Punktmutatsioonide teket nälgivas bakteripopulatsioonis võivad stimuleerida DNA replikatsiooni täpsuse ja DNA reparatsiooniradade aktiivsuse vähenemine. Uurimistulemused näitasid, et erinevalt teistest mutatsioonidest (asendusmutatsioonid, 2-nukleotiidised deletsioonid) tõusis 1-nukleotiidsete deletsioonide tekkesagedus pikaajaliselt nälgitud *P. putida* rakupopulatsioonides ligikaudu 10 korda, ja seda vigaderohke DNA polümeeraasi pol IV arvelt. Praegu on käsil uuringud, mille käigus püütakse välja selgitada teiste DNA polümeeraaside osalust stressi poolt indutseeritud mutageneesil *Pseudomonas* bakterites. Kavatakse uurida ka põhiliste DNA reparatsiooniradade (MMR, GO, NER) efektiivsust *Pseudomonas* stressis olevates rakkudes.

Lisaks eeltoodule uuritakse bakterite füsioloogilist adapteerumist erinevate kasvutingimustega. Uurime molekulaarseid mehhanisme, mis kontrollivad fenooli ja bensoaadi lagundamist määravate geenide transkriptsiooni bakteris *P. putida*. katsetulemused näitavad, et fenooli

degradatsiooniraja ekspressioon on tugevalt mõjutatud bakterite kasvukeskkonnast: fenooli katabolismiraja geenide transkriptsioon represseritakse toitainete poolest rikkas kasvukeskkonnas ja indutseeritakse kiiresti, kui bakterid on stressis. Edaspidiste uuringute käigus kavatakse välja segitada, kuidas rakkude metaboolne seisund võiks mõjutada nende ensüümide aktiivsust, millest sõltub fenooli katabolismil osalevate operonide induktori rakusisene hulk, ja kuidas on reguleeritud fenoolsete ühendite transport raku.

UUTE BIOTEHNOLOOGILISELT PERSPEKTIIVSETE PROMOOTORITE NING GLÜKOOSI REPRESSIOONI UURIMINE METÜLOTROOFSETEL PÄRMIDEL (uurimisteema juht dotsent Tiina Alamäe)

Metülotroofseid pärme *Hansenula polymorpha*, *Pichia pastoris* ja *Candida boidinii* on kasutatud peremeesorganismina mitmete biotehnoloogiliselt oluliste produktide (vaktsiinid, ensüümid jne) sünteesil. Ekspressioonikonstruktsioonides kasutatakse peamiselt metanooli metabolismigeenide promootoreid, mis on väga tugevad ning süsinikuallikaga reguleeritavad. Uuriti disahhariidide katabolismi biokeemiat ja molekulaarbioloogiat metülotroofsel pärmil *H. polymorpha*. Kloneeriti ja sekveneeriti maltaasi geeni ning näidati, et maltaasi geeni promootoril on mitmeid biotehnoloogias olulisi omadusi, mistõttu võiks seda kasutada ekspressioonikassetides heteroloogiliste geenide ekspressioonil. Uuritakse tingimusi, mis võimaldaksid selle promootori maksimaalset ekspressiooni ning võrreldakse tema tugevust ja regulatsiooni teiste *H. polymorpha* promootorite vastavate parameetritega. Jätkatakse ka glükoosi repressiooni mehhanismi uurimist pärmis *H. polymorpha*. Näidati, et glükoosi repressiooni signaali esmane vallandamine glükoosi fosforüülivate ensüümide vahendusel võib pärmil *H. polymorpha* olla teistsugune, kui pagaripärmil.

FÜTOPATOGEENSETE MIKROORGANISMIDE VIRULENTSUSFAKTORITE AVALDUMINE TAIM-MIKROOB INTERAKTSIOONIS (uurimisteema juht dotsent Andres Mäe)

Meie kliima tingimustes on kõige levinumaks märg-mädanikku põhjustavaks patogeeniks *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (*Ecc*). Selleks, et ühelt poolt välja töötada efektiivseid tõrjevahendeid ja teiselt poolt aretada haiguskindlaid taimesorte, on vaja välja selgitada, millised bioloogilised protsessid toimuvad peremeestaime ja patogeeni vahelise interaktsiooni käigus. *Erwinia carotovora* on selleks suurepäraselt sobiv objekt tänu tema kohta kogunenud geneetilistele ja molekulaarbioloogilistele teadmistele.

Taime nakatumisel toimub ühelt poolt patogeenis olevate ekstratsellulaarsete ensüümide (virulentsusfaktorite) sünteesi käivitumine, teiselt poolt aga indutseeritakse taimes mitmesugused resistentsusmehhanismid. Haiguse teke ja levik saavad toimuda ainult siis, kui patogeen surub maha taimes olevad kaitsemehhanismid ning saavutab nakatamiseks vajalike virulentsusfaktorite koordineeritud sünteesi.

Kuna taim-patogeen interaktsiooni lõpptulemus sõltub sellest, kas taim suudab kiiremini mobiliseerida oma kaitsemehhanismid või patogeen oma virulentsusfaktorite sünteesi, koondatakse tähelepanu just interaktsiooni varasele etapile, kus on eriti oluline kiire ja täpne geenide ekspressiooni regulatsioon, püütakse välja selgitada geene, mis selles protsessis on eriti olulised, nii patogeenis kui ka taimedes.

PUBLIKATSIOONE

Alamäe, T., Pärn, P., Viigand, K., Karp, H. Regulation of the *Hansenula polymorpha* maltase gene promoter in *H. polymorpha* and *Saccharomyces cerevisiae*. FEMS Yeast Res. (in press) (2003).

Alamäe, T., Simisker, J. Isolation and preliminary characterization of *Pichia pinus* mutants insensitive to glucose repression. Yeast 10, 1459-1466 (1994).

Andersson, R., Eriksson, A., Heikinheimo, R., Mäe, A., Pirhonen, M., Kõiv, V., Hyytiäinen, H., Tuikkala, A., Palva, E. T. Quorum sensing in the plant pathogen *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*: The role of *expR_(Ec)*. Mol. Plant-Microbe Interact. 13, 384-393 (2000).

Heinaru, E., Viggor, S., Vedler, E., Truu, J., Merimaa, M., Heinaru, A. Reversible accumulation of p-hydroxybenzoate and catechol determines the sequential decomposition of phenolic compounds in mixed substrate cultivations in pseudomonads. FEMS Microbiol. Ecol. 37, 1, 79-89 (2001).

Ilves, H., Hõrak, R., Kivisaar, M. Involvement of sigma(S) in starvation-induced transposition of *Pseudomonas putida* transposon Tn4652. J. Bacteriol. 183, 5445-5448 (2001).

Karp, H., Järviste, A., Kriegel, T. M., Alamäe, T. Cloning and biochemical characterization of hexokinase from *Hansenula polymorpha*. Curr. Genet. (in press) (2003).

Kivisaar, M. Stationary phase mutagenesis: mechanisms that accelerate adaptation of microbial populations under environmental stress. Environ. Microbiol. 5, 814-827 (2003).

Kõiv, V., Mäe, A. Quorum sensing controls the synthesis of virulence factors through modulating *rsmA* gene expression in *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Mol. Gen. Genet. 265, 287-292 (2001).

Laht, S., Karp, H., Kotka, P., Järviste, A., Alamäe, T. Cloning and characterization of glucokinase from a methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha*: different effects on glucose repression in *H. polymorpha* and *S. cerevisiae*. Gene 296, 195-203 (2002).

Liiv, L., Pärn, P., Alamäe, T. Cloning of maltase gene from a methylotrophic yeast *Hansenula polymorpha*. Gene 265, 77-85 (2001).

Marits, R., Tshuikina, M., Pirhonen, M., Laasik, E., Mäe, A. Regulation of the expression of *prtW::gusA* fusion in *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in the presence of potato extract and polygalacturonase. Microbiology 148, 835-842 (2002).

Montesano, M., Koiv, V., Mäe, A., Palva, E. T. Novel receptor-like protein kinases induced by *Erwinia carotovora* and short oligogalacturonides in potato. Mol. Plant Pathol. 2 (6), 339-346 (2001).

Mäe, A., Koiv, V., Montesano, M., Palva, E. T. Transgenic plants producing the bacterial pheromone, N-acyl-homoserine lactone exhibit enhanced resistance to the bacterial phytopathogen *Erwinia carotovora*. Mol. Plant-Microbe Interact. 14, 1035-1042 (2001).

Ojangu, E., Tover, A., Teras, R., Kivisaar, M. Effect of combination of different -10 hexamers and downstream sequences on stationary phase-specific sigma factor σ^S -dependent transcription in *Pseudomonas putida*. J. Bacteriol. 182, 6707-6713 (2000).

Saumaa, S., Tover, A., Kasak, L., Kivisaar, M. Different spectra of stationary-phase mutations in early-arising versus late-arising mutants of *Pseudomonas putida*: involvement of the DNA repair enzyme MutY and the stationary-phase sigma factor RpoS. J. Bacteriol. 184, 6957-6965 (2002).

Tover, A., Ojangu, E. L., Kivisaar, M. Growth medium composition-determined regulatory mechanisms are superimposed on CatR-mediated transcription from the *pheBA* and *catBCA* promoters in *Pseudomonas putida*. Microbiology 147, 2149-2156 (2001).

Truu, J., Heinaru, E., Talpsep, E., Heinaru, A. Analysis of river pollution data from low-flow period by means of multivariate techniques: a case study from the oilshale industry region,

northeastern Estonia. Environ. Sci. Poll. Res. 1, 8-14 (2002).

Truu, J., Kärme, L., Talpsep, E., Heinaru, E., Vedler, E., Heinar, A. Application of phytoremediation for enhanced bioremediation of oil shale chemical industry solid wastes. Acta Biotechnol. 23, 2-3, 301-307 (2003).

Truu, J., Talpsep, E., Heinaru, E., Heinaru, A. Self-purification processes in Estonian rivers

receiving sewage from oil shale processing industry. Large Rivers 13, 3-4, Arch. Hyd-robiol. Suppl. 141/3-4, 459-469 (2002).

Truu, J., Talpsep, E., Vedler, E., Heinaru, E., Heinaru, A. Enhanced biodegradation of oil shale chemical industry solid wastes by phytoremediation and bioaugmentation. Oil Shale 20, 3, 421-428 (2003).

MIKROBIOLOOGIA JA VIROLOOGIA

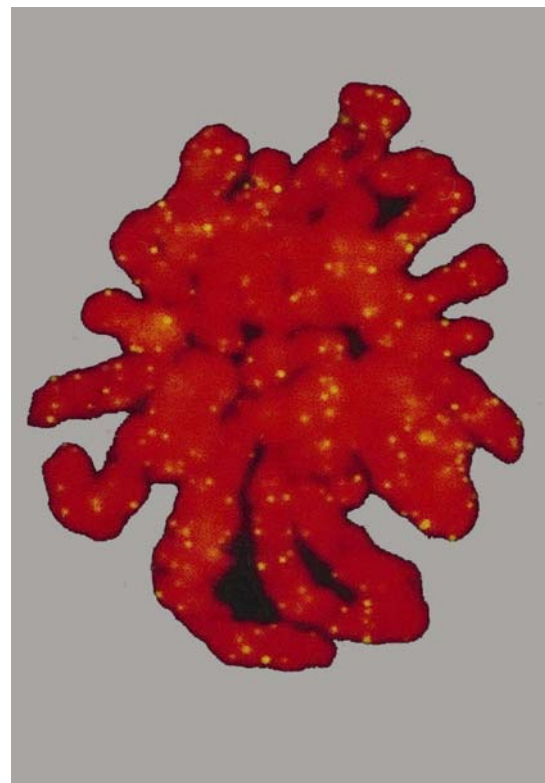
TÜ molekulaar- ja rakubioloogia instituudi mikrobioloogia ja viroloogia õppetooli ümber koonduvad tippkeskuse koosseisus tegutsev uurimiskeskus on fokuseerunud viiruste elutsükli uurimisele. Uurimisobjektideks on nii DNA kui ka RNA genoomiga viirused – loomade ja inimese erinevad papilloomiviirused, Epstein-Barr viirus, Semliki Forest viirus, Hepatiit C viirus ja inimese immuundefitsiitsuse viirus (HIV1). Põhitähelepanu on pööratud nende viiruste genoomi rakusisesel replikatsiooni erinevate etappide molekulaarsete mehhanismide väljaselgitamisele.

Selgitati välja papilloomiviiruste episomaalsete genoomide jaotumise ja segregatsiooni molekulaarne mehhanism. See põhineb viirusvalgu E2 võimel seondada papilloomiviiruse genoomid selle valgu vahendusel mitootilisele kromatiinile, misjärel need ko-segregeeruvad raku jagunemisel tütarakkudesse.

Teise olulise saavutusena tuleb ära märkida tuumorsuppressorvalgu p53 potentsiaalse rolli väljaselgitamist papilloomiviiruse amplifikatsioonilise replikatsiooni kontrollil.

Semliki Forest Viiruse replikatsiooni masinavärgi uuringud andsid järgmised olulised tulemused:

- Selgitati välja SFV polüproteiini protsesingu ja biogeneesi detailne mehhanism funktsionaalse SFV nukleiinhappe – replikaasi kompleksi moodustumisel. Näidati, et ainsamaks võimalikuks teeks replikatsioonil oluliste funktsionaalsete struktuuride moodustumisel on täpselt ruumilis-ajaliselt kordineeritud SFV polüproteiini protsesing.
- Kaardistati terve rida SFV temperatuuritundlikke mutante. Nende mutatsioonide efekt SFV replikatsioonile ja teistele viiruse funktsioonidele on edasise uurimise all.



Joonis 4.

Veise papilloomiviiruse E2 valk (kollane) seonduvana mitootilistele kromosoomidele (punane). E2 seonduv kromosoomidele läbi oma N-terminuse ning samaaegselt seostub läbi oma C-terminaalse DNA-ga seostuva domeeni järjestusspetsiifiliselt viiruse genoomile, tagades sel viisil viiruse genoomide enam-vähem võrdse jaotumise tütarakkude vahel. E2 on nähtavaks muudetud fluorestsents märkega antikehade abil ning kromosoomid DNA värvi abil.

- Uuriti SFV poolt kodeeritud mittestruktuursete valkude ensümaatilisi aktiivsusi, mis võimaldas täpsemalt ennustada regulatsioonimehhanisme, millede abil ensümaatilist aktiivsust reguleeritakse. See omakorda võimaldab meil konstrueerida paremaid

multifunktsionaalseid ekspressioonisüsteeme, mis põhinevad SFV replikonil.

RAHVUSVAHELISED GRANDID

2000–2005 Howard Hughes Medical Institute grant No. INTNL 55000339 "The analysis of the mechanisms of extrachromosomal replication of the bovine papillomavirus genome".

EU 5th Framework grant "Semliki Forest virus based therapeutic systems".

The Wellcome Trust Senior Research Fellowship "Alphavirus genomes as models and tools for studies of RNA replication, virus-cell interactions and virus induced pathogenesis of positive strand RNA viruses"

PUBLIKATSIOONE

Ilves, I., Kadaja, M., Ustav, M. Two separate replication modes of the bovine papillomavirus BPV1 origin of replication that have different sensitivity to p53. *Virus Res.* 96, 75-84 (2003).

Jaanson, N., Möll, K., Kulla, A., Usta, M. Identification of the immunodominant regions of the melanoma antigen tyrosinase by anti-tyrosinase monoclonal antibodies. *Melanoma Res.* 13 (5), 473-482 (2003).

Männik, A., Piirsoo, M., Nordström, K., Ustav, E., Vennström, B., Ustav, M. "Effective generation of transgenic mice by Bovine papillomavirus type 1 based self-replicating plasmid that is maintained as extrachromosomal genetic element in three generations of animals. *Plasmid* 49, 193-204, (2003).

Vasiljeva, L., Merits, A., Golubtsov, A., Sizemskaja, V., Kääriäinen, L., Ahola, T. Molecular mechanism for the sequential processing of alphavirus nonstructural polyprotein. *J. Biol. Chem.* (2003).

PATENT

Ustav, Mart. Episomal vectors and uses thereof. Patent No US 6,479,279 B2. Date of Patent Nov.12,2002.

MOLEKULAARBIOLOGIA

Uuritakse bioloogiliste makromolekulide, valkude ja nukleiinhapete biosünteesi, degradatsiooni ning nende protsesside regulatsiooni nii eukarüootsetes kui prokarüootsetes süsteemides. Uuringud kuuluvad alusteaduste valdkonda.

Valgubiosünteesi uurimise põhilised objektid on bakteriaalne ribosoom, ribosoomi komponendid (rRNA ja r-valgud) ja geneetiline kood. Peamised probleemid on ribosoomi biogenees, eriti ribosoomide assambleerimine ja geneetilise koodi ja ribosoomi funktsioneerimise seosed.

Eriline tähelepanu rakkude programmeeritud suremise (apoptoosi) molekulaarsete mehhanismide uurimise närvil rakuliinides on pööratud kaspaasidele, apoptoosis osalevate proteaaside uurimisele.

PUBLIKATSIOONE

Allas, Ü., Liiv, A., Remme, J. Functional interaction between RNase III and the Escherichia coli ribosome. *BMC Mol. Biol.* 4, 8 (2003).

Lilleväli, K., Kulla, A., Örd, T. Comparative expression analysis of the genes encoding polypyrimidine tract binding protein (PTB) and its neural homologue (brPTB) in prenatal and postnatal mouse brain. *Mechanisms of Development* 101, 217-220 (2001).

Maiväli, Ü., Pulk, A., Loogväli, E., Remme, J. Accessibility of phosphates in domain I of 23 S rRNA in the ribosomal 50 S subunit as detected by Rp phosphorothioates. *BBA - Gene Structure and Expression* 1579, 1-7 (2002).

Virumäe, K., Saarma, U., Horowitz, J., Remme, J. Functional Importance of the 3'-terminal Adenosine of tRNA in Ribosomal Translation. *J. Biol. Chem.* 277, 24128-24134 (2002).

Örd, D., Örd, T. Mouse NIPK interacts with ATF4 and affects its transcriptional activity. *Exp. Cell Res.* 286, 308-320 (2003).

ANTIBIOOTIKUMID

Uurimisteema (juht vanemteadur Tanel Tenson) raames tegeletakse antibiootikumide toime mehhanismide uurimisega. Käivitunud või alustamise faasis on kolm uurimissuunda.

Esiteks püüame välja selgitada mitme ribosoomi inaktiveeriva antibiootikumi täpse biokeemilise toimemehhanismi. Täpsema vaatluse alla võetakse makroliidid (millede kõige tuntumaks näiteks on erütromütsiin), evernimütsiin ja kloramfenikool. Uuritakse, kuidas need antibiootikumid mõjuvad ribosoomile ja seega takistavad valkude sünteesi. Samuti püütakse välja selgitada, kuidas valgusünteesi inhibitsioon mõjutab teisi bakterirakus toimuvaid füsioloogilisi protsesse. Kuna antibiootikumide mõju uuri-

miseks on vaja tunda valgusünteesi põhimehhanisme, on mõningal määral uuritud ka valgusünteesi initsiatsiooniprotsessi ja tRNA amiinoatsüleerumise taseme muutusi aminohapete nälja korral.

Teiseks suunaks, mis käivitus 2004. aasta alguses, on uurida, miks mõned antibiootikumid on baktriotsiidse toimega (tapavad bakteriraku) ning mõned bakteriostaatilised (peatavad bakteriraku kasvu).

Kolmandaks suunaks, mis käivitub 2004. aasta lõpul, on antibiootikumide ja mikroorganismide poolt toodetavate teiste sekundaarsete metaboliitide ökoloogilise rolli uurimine.

Koostööd teeme prof Måns Ehrenberg'i laboriga Uppsala ülikoolist (Rootsi). Tööd rahastavad The Wellcome Trust, Eesti Vabariigi sihtfinantseerimine ja Eesti Teadusfond.

PUBLIKATSIOONE

Antoun, A., Pavlov, M. Y., Andersson, K., Tenson, T., Ehrenberg, M. The roles of initiation

factor 2 and guanosine triphosphate in initiation of protein synthesis. *EMBO J.* 22(20), 5593-5601 (2003).

Belova, L., Tenson, T., Xiong, L., McNichola, P. M., Mankin, A. S. A novel site of antibiotic action in the ribosome: interaction of evernimicin with the large ribosomal subunit. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 98, 3726-3731 (2001).

Elf, J., Nilsson, D., Tenson, T., Ehrenberg, M. Selective charging of tRNA isoacceptors explains patterns of codon usage. *Science* 300 (5626), 1718-1722 (2003).

Tenson, T., Ehrenberg M. Regulatory nascent peptides in the ribosomal tunnel. *Cell* 108, 591-594 (2002).

Tenson, T., Lovmar, M., Ehrenberg, M. The mechanism of action of macrolides, lincosamides and streptogramin B reveals the nascent peptide exit path in the ribosome. *J. Mol. Biol.* 330(5), 1005-1014 (2003).

RAKUBIOLOOGIA

Rakubioloogia rühma uurimistöö peasuunaks on olnud tuumor-supressorvalk p53 ja sellega seonduv. Mainitud valk asub paljude raku jagunemist reguleerivate signaaliradade sõlmepunktis ning p53 geen on muteerunud enam kui pooltes inimese kasvujärges. On näidatud, et paljudes normaalse p53 alleelidega kasvujärges toimivad p53 normaalseid funktsioone pärssivad mehhanismid.

p53 võimet aktiveerida mitmete regulatiivsete geenide transkriptsiooni loetakse tema kõige tähtsamaks omaduseks. Just p53 transkriptsiooni aktiveeriva võime reguleerimine on olnud selle uurimisrühma peamiseks huviobjektiks. Erilise tähelepanu all on olnud selle seotus teise p53 omaduse – oligomeriseerimisvõimega.

Teine intensiivset uurimist leidnud teema on p53 aktiveerumine vastuseks DNA kahjustusele. p53 on oluline komponent rakulises masinavärkis, mis tunneb ära DNA-s leiduvaid katkeid ja



teisi kahjustusi. Vastuseks DNA kahjustusele on p53 võimeline kas algatama või toetama rakutsükli peatamist või ka raku programmeeritud surma – apoptoosi. Kahjustunud DNA

pärandumine järgmistele raku põlvkondadele on oluline kasvajakasv mehhanism. Rakubioloogia uurimisgrupp on uurinud nii erinevate DNA-d kahjustavate mõjurite toimet kui ka erineva suurusega DNA kahjustuse toimet p53 aktiivsusele.

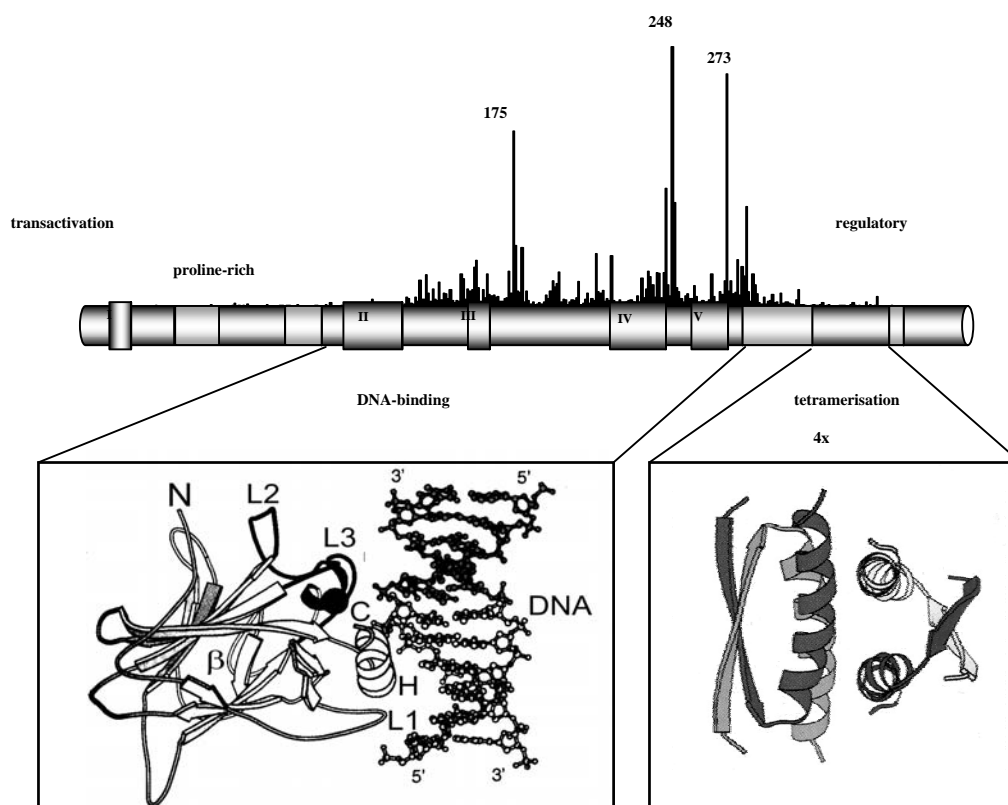
Uue võimsa meetodi – voolutsütomeetria kasutuselevõtt võimaldab uurida p53 erinevate funktsioonide regulatsiooni ühe raku tasemel. Selline lähenemine on loonud uue arusaama p53 poolt aktiveeritava transkriptsiooni toime mehhanismist. Leiti, et p53 võib käituda nii graduaalselt, "reostaadina" kui ka binaarselt, "sisse-välja lülitina".

Paralleelselt eelmainitud uuringutega on käsil ka selliste signaaliradade kirjeldamine, mis aktiveerivad p53 vastuseks onkogeenide aktivatsioonile. Erilist huvi on pälvinud leukotsüütide pinnamarker CD43, mida on seostatud kasvajakasvate varajaste faasidega. On leitud, et CD43

kõrge tase aktiveerib p53 mitmeid funktsioone. Mainitud uurimistöö toimub koostöös prof G. Hanssoni grupiga Göteborgi Ülikoolist. Hiljuti alustati uut projekti, mille raames plaanitakse uurida p53 ja tema negatiivse regulaatori Mdm2 vahelist interaktsiooni ja selle dünaamikat, kasutades FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer) tehnoloogiat. Lisaks p53 seonduvatele uurimisteedadele lisandusid hiljuti rakubioloogia grupi veel 2 uut uurimisvaldkonda. Nendeks on TGF- β roll vähitekkes ja integriinide ülesandeid trombotsüütides kirjeldav uurimistöö.

Rakubioloogia grupi koosseisus on 7 PhD kraadi omanikku, 2 doktoranti, 3 magistranti ning 12 põhiõppe üliõpilast.

Koostööd tehakse gruppidega Helsingi ja Göteborgi Ülikoolidest ning Karolinska Instituudist. Osaletakse ka kahes ELi 5. Raamprogrammi projektis.



Joonis. 5.

Tuumorsuprsorvalk p53 omab võimet tetrameriseeruda (moodustades dimeeride-dimeeri; lisapilt all paremal) ja seostuda spetsiifiliselt DNA-ga (lisapilt all vasakul) aktiveerides sel moel sihtmärkgeenide transkriptsiooni. Kasvajates esinevad p53 mutatsioonid lokaliseeruvad põhiliselt DNA-ga seonduvasse piirkonda kontsentreerudes evolutsiooniliselt konserveerunud domeenidesse II-V. Koodonid 175, 248 ja 273 inimese p53-s on kõige sagedamini muteerunud koodonid inimese kasvajates.

PUBLIKATSIOONE

Jaks, V., Joers, A., Kristjuhan, A., Maimets, T. p53 protein accumulation in addition to the transactivation activity is required for p53-dependent cell cycle arrest after treatment of cells with camptothecin. *Oncogene* 20(10), 1212-9 (2001).

Joers, A., Kristjuhan, A., Kadaja, L., Maimets, T. Tumour associated mutants of p53 can inhibit transcriptional activity of p53 without heterooligomerization. *Oncogene* 17(18), 2351-2358 (1998).

Jöers, A., Jaks, V., Kase, J., Maimets T. On/off type pattern of p53 transcriptional activity after genotoxic stress defines two functionally distinct

subpopulations of cells. *Mol. Cancer Res.* (in press) (2003).

Kadaja, L., Laos, S., Maimets, T. Overexpression of leukocyte marker CD43 causes activation of the tumor suppressor proteins p53 and ARF. *Oncogene* (in press) (2003).

Kristjuhan, A., Jaks, V., Rimm, I., Tooming, T., Maimets, T. Oligomerization of p53 is necessary to inhibit its transcriptional transactivation property at high protein concentration. *Oncogene* 6(18), 2413-2418 (1998).

Lepik, D., Jaks, V., Kadaja, L., Varv, S., Maimets, T. Electroporation and carrier DNA cause p53 activation, cell cycle arrest, and apoptosis. *Anal. Biochem.* 318(1), 52-59 (2003).

TAIMEFÜSIOLOOGIA

Taimefüsioloogia uurimisrühmas uuritakse protsesse, mis määravad taimelehe fotosünteesi kiiruse, selle sõltuvuse keskkonnateguritest ja kohastumise nendega. Meie töö eripäraks on, et kasutame objektidena peamiselt terveid (intaktseid) lehti selleks, et vältida prepeareerimisel tekkivaid artefakte. Lähenemisviisid on peamiselt kineetilised, kus muudetakse keskkonnatingimusi (valguse intensiivsus, CO₂ ja O₂ kontsentratsioon, temperatuur, jne) ja mõõdetakse fotosünteesi reaktsioone nendele muutustele. Mõõdetakse gaasivahetust (CO₂ sidumise ja O₂ ning veeauru eraldumise kiirust) ning optilisi signaale (klorofüllü fluorestsents ja lehe neeldumistegur mitmesugustel lainepikkustel). Statsionaarseisude kõrval pööratakse erilist tähelepanu üleminekuprotsessidele. Kogu meetodika põhineb kohapeal valmistatud uniikaalsetel aparatuuridel. Tellimuse korras on aparatuur valmistatud ka teistele laboritele (nt Connecticuti Põllumajanduse Uurimisjaam, USA; Washingtoni Osariigi Ülikool, Pullman, WA, USA; Umeå Ülikool, Rootsi; Austraalia Rahvusülikool, Canberra).

Peamise uurimisprobleemi võib sõnastada järgnevalt: mis määrab taimelehe fotosünteesi kiiruse ja fotosünteesiaparadi võimsuse? Laias laastus võib fotosünteesiprotsessi jagada kaheks: 1) footonite neeldumine pigmentides ja ergastusenergia transformatsioon keemiliseks energiaks ning 2) CO₂ õhust kättesaamise, selle sidumise ja taandamisega seotud protsessid.

Footoneid neelavad klorofüllü molekulid, mis on organiseeritud antennisüsteemiks fotokeemilise reaktsioonitsentri ümber. Iga tsentriga on

ühendatud umbes 200 Chl suurune antenn. Iga Chl võib neelata footoni, kuid ergastusenergia peab migreerima lõpuks tsentriklorofüllüni, kus toimub fotokeemiline laengute lahutumine. Ergastuse transpordis osalevad kvantmehhaanilised resonantsprotsessid, kuid osa ergastusi siiski kustuvad termilise konversiooni või fluorestsentsi teel enne kui ergastus tsentrisse jõuab. Lisaks nendele paratamatutele füüsikalistele ergastuse kustutusprotsessidele on taime evolutsiooni käigus arendanud regulatoorse iseloomuga mittefotokeemilise kustutusprotsessi, mis aktiveerub olukorras, kus kvante saabub tihedamini kui neid saab fotosünteesis kasutada. See on ilmselt vajalik selleks, et vältida kontrollimatuid destruktiivseid redoksprotsesse. Sellise kontrollitava mittefotokeemilise kustutuse täpne mehhanism on teadmata. Üheks huvitavamaks uuringuks sel alal on spektraalmõõtmised, selgitamiseks, kuidas mittefotokeemiline kustutamine sõltub valguse lainepikkusest. See töö on saanud võimalikuks tänu tihedale koostööle TÜ Füüsikainstituudiga, kasutades muudetava lainepikkusega värvilaseid. Esialgused tulemused näitavad, et kaugpunaergastust (>700 nm) kustutatakse vähem kui punast. Paralleelne huvitav küsimus on, kui efektiivselt saab pikalaineline footon (>680 nm) põhjustada fotokeemiat PSII tsentri pigmentides, mille lainepikkus on 680 nm.

Fotosünteesiaparadi kohastumisel on olulise tähtsusega fotokeemiliste tsentrite tiheduse adaptatsioon valgustingimustele. Kaks fotosünteesi (PSII ja PSI) töötavad järjestikku, PSII lagundab vett ja PSI aitab vabanenud elektronid üle kanda CO₂ taandamise ahelasse. Töö-



Aparatuur taimelehe fotosünteesi uurimiseks gaasmeetria ja optika meetoditega.

tati välja meetodid fotokeemiliste tsentrite tiheduse määramiseks lehtedes. Valgustades lehti tugeva ja lühikese ksenoonvälguga saavad kõik PSII tsentrid ergastuse ning välgu järel eraldub hapniku hulk on proportsionaalne PSII tsentrite tihedusega. Fotosüsteemist I O_2 ei eraldu, kuid siin saab elektrontranspordiga seotud muutusi jälgida optiliselt, lehe neeldumiskoeffitsiendi muutusena 820 nm lainepikkusel. Kahjuks on 820 nm signaal mitmekomponendiline, mis on siiani takistanud tema kasutamist kvantitatiivseks analüüsiks. Meil õnnestus signaali komponendid lahutada ja ainult PSIga seotud signaal eristada. Nüüd saab lehtedes kergesti mõõdetavat 820 nm signaali kasutada PSI tiheduse otseseks määramiseks ja PSI läbiva elektrontranspordi kiiruse mõõtmiseks. See saavutus sai aluseks järgmisele uuringureale, mis võimaldab selgitada seoseid fotosünteesi val-

gusreaktsioonide ja CO_2 sidumise reaktsioonide vahel.

CO_2 sidumise kiirus on määratud füüsikaliste, peamiselt difusioonilise ülekande, protsessidega ühelt poolt ja CO_2 siduva ensüümi – Rubisco – aktiivsuse ja kineetikaga teiselt poolt. Töötati välja meetod difusioonitakistuse määramiseks ja leiti, et selle osa on umbes 10–30 % kogutakistusest, sõltuvalt lehe arenguastmest. Peamine osa takistusest on siiski keemiline, põhjustatud Rubisco aktiivsuse ja kineetiliste omaduste poolt. Töötati välja ka meetod Rubisco tegeliku aktiivsuse määramiseks lehtedes. Üllatuseks leiti, et Rubisco aktiivsaiidi keskmine ringluskiirus lehes k_{cat} on tunduvalt väiksem kui Rubisco preparaatides in vitro katsetes. See näitas, et lehes on Rubisco valk ainult osaliselt aktiveeritud. Korreleerides Rubisco tegelikku aktiivsust PSI hulgaga, leiti tugev proportsionaalne seos, mis näitas umbes kahte aktiveeritud Rubisco molekuli ühe PSI kohta. Töötatakse edasi hüpoteesi alusel, et Rubisco on aktiveeritav, moodustades komplekse PSIga Rubisco aktivaasi kaudu. Kui see on nii, siis võib fotosüsteemi I vaadelda kui fotosünteesiaparaadi tuuma, mille hulk lehes määrab valgus- ja pimereaktsioonide võimsuse. Lehe fotosünteesiline võime on sel juhul proportsionaalne PSI hulgaga. Uurimisrühma poolt välja töötatud optilised meetodid aga võimaldavad lihtsal viisil määrata PSI tihedust ja kasutada seda lehe fotosünteesiaparaadi diagnoosiks.

Ülalkirjeldatud meetodeid on juba rakendatud kase fotosünteesi diagnoosiks puudel, mis kasvavad kõrgendatud CO_2 ja osooni kontsentratsiooni juures (need on kaks kõige tähtsamat atmosfääri saasteainet SO_2 kõrval). Samuti on uuritud fotosünteesiaparaadi arengut noortes lehtedes ja selle kohastumist valgusrežiimile tiheda lehestikuga metsas. Täielik fotosünteesi matemaatiline modelleerimine aitab katsetulemusi õigesti interpreteerida. Nedest töödest areneb välja rakubioloogiline probleem, kuidas kontrollitakse tasakaalu Rubisco valgu ekspressiooni ja PSI komponentvalkude ekspressiooni vahel. Mis on siis nii suure Rubisco hulga sünteesimise bioloogiline mõte, kui kogu valk ei ole aktiveeritud? Paistab, et Rubisco, kui kõige suuremal hulgal sünteesitav valk, täidab ka varuvalgu rolli, kugi tema keemiline aktiivsus on CO_2 sidumises.

PUBLIKATSIOONE

Laisk, A., Edwards, G. E. A mathematical model of C_4 photosynthesis: The mechanism of con-

concentrating CO₂ in NADP-malic enzyme type species. *Photosynth. Res.* 66, 199-224 (2000).

Laisk, A., Oja, V. Dynamic gas exchange of leaf photosynthesis. *Measurement and interpretation*,. CSIRO, Canberra (1998).

Laisk, A., Oja, V. Alteration of PSII properties with non-photochemical excitation quenching. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 355, 1405-1418 (2000).

Laisk, A., Oja, V., Rasulov, B., Rämme, H., Eichelmann, H., Kasparova, I., Pettai, H., Padu, E., Vapaavuori, E. A computer-operated routine

of gas exchange and optical measurements to diagnose photosynthetic apparatus in leaves. *Plant Cell Env.* 25, 923-943 (2002).

Oja, V., Eichelmann, H., Peterson, R. B., Rasulov, B., Laisk, A. Decyphering the 820 nm signal: redox state of donor side and quantum yield of photosystem I in leaves. *Photosynth. Res.* 78, 1-15 (2003).

Oja, V., Laisk, A. Oxygen yield from single turnover flashes in leaves: non-photochemical excitation quenching and the number of active PSII. *Biochim. Biophys. Acta* 1460, 291-301 (2001).

ANALÜÜTILISE SPEKTROMEETRIA TIPPKESKUS

Juht prof Endel Lippmaa
Rävala pst 10, 10143 Tallinn
Tel. +372 644 1304, faks +372 644 0640
kaja@kbfi.ee elippmaa@nicpb.ee
<http://www.kbfi.ee>
Grid: giis1.nicpb.ee

UURIMISRÜHMAD

KÕRGE ENERGIA JA KVANTFÜÜSIKA

Juht dr Martti Raidal
Rävala pst 10, 10143 Tallinn
Tel. +372 645 4711
Faks +372 644 0640
raidal@kbfi.ee

VEDELIKE TUUMARESONANTS-SPEKTROMEETRIA

Juht dr Tõnis Pehk
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn
Tel. +372 639 8319
Faks +372 639 8393
pehk@kbfi.ee

TAHKISTE TUUMARESONANTS-SPEKTROMEETRIA

Juht dr Ago Samoson
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn
Tel. +372 639 8310
Faks +372 639 8333
ago@kbfi.ee

MADALTEMPERATUURNE FÜÜSIKA

Juht dr Toomas Rõõm
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn
Tel. +372 639 8327
Faks +372 639 8393
roomtom@kbfi.ee

MASSISPEKTROMEETRIA JA KATALÜÜSIFÜÜSIKA

Juht dr Juhan Subbi
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn,
Tel. +372 639 8312
Faks +372 639 8393
subbi@kbfi.ee

KESKKONNAKEEMIA

Juht dr Uuve Kirso
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn
Tel. +372 639 8316
Faks +372 639 8393
uuve@kbfi.ee

PROTEOOMIKA JA FUNKTSIONAALNE GENOOMIKA

Juht prof Valdur Saks
Akadeemia tee 23, 12618 Tallinn
Tel. +372 639 8363
Faks +372 639 8313
saks@kbfi.ee

Tippkeskuse juhataja on akadeemik Endel Lippmaa, professor (keemiline füüsika ja füüsikaline keemia), füüsika-matemaatikadoktor, Eesti Teaduste Akadeemia Füüsika ja Astronoomia Osakonna juhataja, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi Teadusnõukogu esimees ja keemilise füüsika laboratooriumi juhataja.

XXI sajandi esimesel dekaadil on teaduses tooniandvas rollis kooperatiivne dünaamika ja koherents kõige laiemas mõttes. Sidusolekud on osutunud kõigi elementaarosakeste üldiseks omaduseks, mis võib kvanttasemel siduda suuri kaugusi nii ruumis kui ajas. Uut liiki kooperatiivsused spinnruumis on viinud spintroonika ülikii-re arenguni ja Bose-Einsteini kondensaatide kui aine uue vormi leidmiseni. Dünaamiliselt mittelokaalsed kvanttunneleerumisnähtused on olulisel kohal ensüümatalüüsis ja kaugtoimenähtustes DNA regulatsiooniprotsessides. Koherent- sed võremoodid on leidmas oma kohta termilise ergastusmehhanismina heterogeenses katalüü- sis. Kõik see koos uusimate analüüsimeetodi- tega on aluseks nii baas- kui rakendusuuringute kiirele edasisele arengule füüsikas, keemias, materjaliteaduses ja uues bioloogias. Kõik eel-

toodu on seetõttu ka Analüütilise Spektro- meetria Tippkeskuse (AST) teadusliku tegevuse aluseks Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Insti- tuudis (KBFI). AST on moodustatud KBFI kee- milise füüsika laboratooriumi (KFL) kuue uurimisgrupi ja ühe bioloogiasuunalise uurimis- grupi baasil Haridusministri 13.12.2001 käskkir- jaga nr 855 ja ta on kantud Eesti teaduse 10 tippkeskuse nimekirja viieks aastaks ministri 05.11.2002 käskkirjaga nr 1202. Asutamisdoku- mentidega aastateks 2002–2006 kinnitatud strateegiline uurimis- ja arendustöö tegevus- plaan tugineb tänapäeva füüsika uusimatele arengusuundadele, kuid kuna osa rakendusi kuulub materjaliteaduse, keskkonnakaitse ning proteoomika ja funktsionaalse genoomika vald- konda, on temaatika interdistsiplinaarne. Kuna KBFI on iseseisev avalik-õiguslik uurimisasutus,

siis ka tippkeskuse kogu tegevus on fundamentaalteadusliku iseloomuga ja tal puuduvad äri- ning teenindavad funktsioonid, kuid ta võtab osa õppetööst järel doktorite ja doktorantide tasemel.

Tippkeskuse fundamentaalse strateegia ja teadustöö põhisuunad on selgelt fikseeritud juba 2001. a 11. juuni asutamistaotluses. Toimuva uurimistöö, nagu ka kogu KBFI teadustegevuse nõustajaks ja suunajaks on rahvusvaheline juhtkomitee, mida juhatab Nobeli preemia laureaat prof Kurt Wüthrich. Juhtkomitee liikmed on:

- Prof Kurt Wüthrich, TSRI, La Jolla, USA/ETH ning NCCR, Zürich, Šveits, tuumaresonants-spektromeetria
- Prof David C. Baulcombe, Norwich, Inglismaa, funktsionaalne genoomika
- Prof Carlos F. Ibáñez, Stockholm, Rootsi, molekulaarne neurobioloogia
- Prof Leevi Kääriäinen, Helsinki, Soome, molekulaarbioloogia
- Prof Michael Mehring, Stuttgart, Saksamaa, tuumaresonants-spektromeetria
- Prof Lauri Niinistö, Helsinki, Soome, analüütiline keemia
- Prof Risto Orava, CERN, Šveits, kõrge energia füüsika
- Prof Eiliv Steinnes, Trondheim, Norra, keskkonnakaitse

AST uurimisüksused:

- Kõrge energia ja kvantfüüsika grupp. Higgsi välja ja bosoni(te), vaakumi struktuuri ja energia ning universumi meetrika aluste eksperimentaalne ja teoreetiline uurimine koostöös CERN'iga; kvantloogika; koherent-sinähtused kvantkeemias, spintroonikas, materjaliteaduses ja keemilises kineetikas ning katalüüsis.
- Vedelike tuumaresonants-spektromeetria grupp. Enantiomeeride, diastereoisomeeride ning arvukate kiraalsete tsentritega keeruliste molekulide, peptiidide ja teiste polümeeride struktuuranalüüs.
- Tahkiste tuumaresonants-spektromeetria grupp. Uni- ja biaktsiaalsete MAS/DOR-NMR magnetresonants-kõrglahutusmeetodite arendamine koos nende multidimensionaalsete rakendustega moodsas bio- ja tahkisefüüsikas ning tugevates magnetväljades.
- Madaltemperatuurse füüsika grupp. Madaltemperatuuriliste kvantmagneetikute, ülijuhtide ja teiste tahkiste kauge infrapunase piirkonna ($> 2 \text{ cm}^{-1}$) madaltemperatuurse Fourier-spektromeetria tugevas magnetväljas.

- Massispektromeetria ja katalüüsifüüsika grupp. Kõrglahutusega kvadripool, TOF- ja ICR-massispektromeetria ning uute ionisatsioonimeetodite arendamine ja rakendamine koos tahkiste ioondünaamika ning katalüütiliste omaduste uurimisega.
- Keskkonnakeemia grupp. Elektri jaamade, transpordi ja tööstuse põhjustatud õhu, vee ja pinnase saastumise uurimine ning selle tehnoloogiliste vähendamisevõimaluste analüüs.
- Proteoomika ja funktsionaalse genoomika grupp. Mitokondrite rolli molekulaarsete mehhanismide uurimine retseptorite proteoomika tasemel apoptoosis ja nekroosis ning mõningate vähiliikide ja neuroloogiliste, neuroendokriinsete ja ainevahetushaiguste tekke uurimine.

AST koosseisus on 60 töötajat, neist 28 doktorit (DSc ja PhD), sealhulgas 3 Eesti TA akadeemikut ning 24 teadurit (MSc ja Mag) ja doktoranti.

AST uurimisgruppide senise töö ja strateegiliste tulevikuplaanide üldevalvatsiooni hinne rahvusvahelise hindamispaneeli 15. nov. 2001. otsuses on *outstanding* (väljapaistev) koos Eesti kõrgeima (119) punktihindegaga. Eelneval kuuel 2000/2001. a rahvusvahelisel evalvatsioonil saadud hinnangud olid keemilises füüsikas vahemikus väga hea kuni hea, AST bioloogiliste suundade osas hea. Otseselt tippkeskusele suunatud sihtfinantseering oli 666.700 EEK 2001. a, 666.700 EEK 2002. a, 1.350.000 EEK 2003. a ja 2.844.000 EEK 2004. aastal (1 EUR=15,65 EEK).

AST uurimisgruppide töö on korraldatud fundamentaalteadusliku suunitlusega avalik-õigusliku uurimisasutuse jaoks tavapärasel viisil, olles täiesti avalik ja mittekonfidentsiaalne. Kogu töö on tagatud riigieelarvelise finantseeringuga, mis omakorda koosneb lisaks tippkeskuse finantseeringule siht-, infra- ja grantfinantseeringutest. Olemas on ajakohased laboratooriumid, teadusaparatuur, arvutustehnika ja professionaalne tarkvara ka paralleelarvutustehnika rakendamiseks, mehaanika- ja elektroonikatöökodad, vedela heeliumi (^4He ja ^3He) ja vedela lämmastiku jaam ning informatsioonisüsteem – raamatukogu >150 juhtiva teadusajakirjaga kõigil tippkeskuse temaatikasse kuuluvatel aladel (füüsika, keemia, materjaliteadus, elektroonika, aparaadiehitus, arvutustehnika, moodne bioloogia, meditsiin ja keskkonnakaitse), internet koos paljude teadusallikate elektroonse otsingu võimalustega, ning GRID superarvutus- tehnika võimaluste rakendamiseks.

Tippkeskuse tööaastatel 2002/2003 on AST personalil olnud 2002. a 21 ETF granti 2 211 000 EEK finantseeringuga, 2003. a vastavalt 19 / 2 285 000 EEK ja 2004. a 20 / 2 605 900 EEK ning on avaldatud 115 kõrgetasemelist eelretsenseeritud teaduspublikat-

siooni ehk üle 50 *Current Contents* (ISI) nimekirjadesse kuuluvat teaduspublikatsiooni aastas.

AST-I on olemas doktoriõppe alal koostöö Tartu ülikooliga ja Tallinna Tehnikaülikooliga, samuti ka arvukate (üle 30) välismaiste teaduspartneritega Euroopas, Ameerikas ja Jaapanis.

KÕRGE ENERGIA JA KVANTFÜÜSIKA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid M. Raidal, E. Lippmaa, R. Stern, G. Blumberg, osaliselt J. Subbi ja M. Lippmaa, teadurid A. Rummel, A. Trummal, A. Hektor (doktorandid), A. Sirk.

PÕHILISED TULEMUSED

Kõrge energia füüsika töörühm (M. Raidal) tegeleb nii teoreetilise kui eksperimentaalse osakestefüüsikaga CERNi Suure Hadronkiirendi (LHC) Kompaktse Müonsolenoidi (CMS) eksperimendi juures. Põhiliseks uurimisteenaks on barüonasümmeetria tekkimine varajases universumis leptogeneesi läbi [1-4], selle sidumine neutriinode masside, nende segunemisega ja universumi inflatsiooniga [3], ning sellest lähtuvalt eksperimentaalsete leptonarvu rikkuvate protsesside ennustamine laetud leptonite lagunemisel [4], mida on võimalik mõõta eelseisvates eksperimentides. Teoreetiline uurimistöö on seotud detailsete arvutuste tegemisega raskete neutriinode leptogeneesi kohta. Selle eesmärk oli võtta maksimaalselt täpselt arvesse kõiki protsesse, mis mõjutavad leptogeneesi varajases universumis. Kuna praeguste astrofüüsikaliste mõõtmiste (WMAP) täpsus universumi omaduste kohta vahetult pärast suurt pauku on jõudnud juba mõne protsendi suuruse järku, siis on detailne teoreetiline analüüs vajalik eksperimentaalsete ja vaatlusandmete analüüsiks. Seetõttu rakendasime WMAP satelliidi vaatlusandmeid inflatsiooni ja leptogeneesi sidumiseks supersümmeetrilistes teooriates [3], milles inflaton on ühtlasi ka sneutriino (raske neutriino supersümmeetriline partner). Sellisel juhul on võimalik inflatsiooni ja sellele järgnevat universumi arengut kirjeldada neutriinode parameetritega. Niiviisi muutuvad tundmatud kosmilised suurused tuntud neutriinode suurusteks ja teooria võimaldab ennustada leptonarvu rikkuvate protsesside sagedust kiirendieksperimentides [4]. Samuti tegeleb töörühm CP rikkuvate uue füüsika protsesside uurimisega, mis avalduvad standardmudeli kvarkide sektoris mesonite lagunemisel, näiteks protsessides $B \rightarrow \phi K$ ja $B \rightarrow \psi K$ [5], mida mõõdetakse praegu töötavates b-kvargi vabrikutes USAs ja Jaapanis. Töörüh-

ma füüsikaprogrammi kuulub ka tau-leptoni lagunemiste teoreetiliste ennustuste [4] kontroll CMSi eksperimentis.

Töörühma eksperimentaalse osakestefüüsika tegevus ja füüsikaprogramm laieneb kiiresti. Toimub aktiivne inimeste ettevalmistamine uurimistööks, mida Eestis kunagi varem tehtud ei ole, samuti tehniline ettevalmistustöö tehniliseks koostööks CMSiga ja teiste CMSi töörühmadega CERNis [7]. Selleks luuakse tihedaid kontakte Põhjamaade analoogsete töörühmadega, kellega tehakse kogemuste omandamiseks ühiseid workshoppe (A. Hektor, M. Kadastik), samuti on valminud Xeon-Linux paralleelarvutusklaster (A. Rummel, A. Trummal), millel hakkab toimuma CMSi andmeanalüüs.

Kogu arvutustöö aluseks oleva kvantmehaanika enda probleemid on kujunenud omaette uurimisobjektiks seoses kvantloogika ja kvantarvutustehnika arenguga. Sadu artikleid on ilmunud kvantmehaaniliste sidusolekute olemuse, nende klassikalise kirjeldatavuse või mittekirjeldatavuse ja kvant-veaparanduskoodide võimalikkuse või võimatuse kohta, kuid mingit konsensuslikku selgust saavutatud ei ole. Meie teoreetiline analüüs (E. Lippmaa) kinnitab sidusolekute mittetaandatavust klassikaliste mudelite tasemele ja kvant-veaparanduskoodide põhimõtetlist võimatust, mis kõik koos annab olulise eelise tsellulaarse struktuuriga TII tüüpi kvantarvutitele [15], mis oma arhitektuurilt on väga sarnased ühismäluga superarvutitega. Selle seisukoha eksperimentaalne kontroll kuulub tippkeskuse 2004. a tööplaani ning teostub tuumaresonants-spektromeetria kaudu, kuna tuumaspinn on kõige paremini manipuleeritav kaheni-voosüsteem, mis moodustab kergesti ka kõrget järku sidusolekuid. Tegelik kvantarvutus teostub tõenäoselt ülijuhtivate skviidmaatriksite või siis spintrooniliste materjalide kaudu. Seoses sellega on käsil ka spinnkorrastusnähtuste uurimine tahkistes, eelkõige kõrgetemperatuursetes ülijuhtides [16-22], kusjuures õnnestus näidata (G. Blumberg), et antiferromagnetilistel fluktuatsioonidel baseeruv ülijuhtivus on sama

päritoluga nii elektron- kui ka aukjuhtivusega kupraatides [18,19].

Mitteülijuhtivate oksiidmaterjalide osas on praegu eriti aktuaalsed korrastatud spinnstruktuuriga (kvant)magnetmaterjalid (R. Stern) ja katalüsaatorid ningioonjuhid (J. Subbi). Pikka aega on Bose-Einsteini kondensatsiooni (BEC) tunnustatud näiteks olnud ainult Cooperi paaride tekkel baseeruv ülijuhtivus ja vedela heeliumi ülivoolavus. Ometi on ka tripletonidel baseeruv BEC võimalik korrastunud spinnstruktuuriga tahkistes, mille Cu^{2+} ioonipaaride (di-meeride) võre elektronide algne singletne põhi-olek asendub ülitugevas magnetväljas ja madalal temperatuuril tripleitse korrastatusega, mis ülimalt sümmeetrilise võre sobiva geomeetria korral võib kas kristalliseeruda [26, 27] või kondenseeruda [23, 28] faasikoherentses olekus, moodustades sellega tahkiste täiesti uue ja uut laadi omadustega olekuvormi. Tripletonide kristalliseerumine avaldub platoode kujul magnetiseeruvuse väljasõltuvuses. Võrreldes senikasutatud ülikülmade gaasidega on kõrge korrastatusega "kagome" ehk bambus-põimiku tüüpi võre ühendid kaugelt lihtsamini uuritavad kättesaadavates 20 T kuni 40 Tesla tugevustes magnetväljades ja suhteliselt kõrgel (vedela ^4He) temperatuuril, ja just seda kagome tüüpi tahkiste kompleksne NMR uurimine ongi käsil.

Tööd katalüütiliselt aktiivsete oksiidmaterjalide ningioonjuhtide alal on seotud tseoliitide happeliste Brønstedi tsentrite H^+ iooni liikuvuse analüüsiga (E. Lippmaa) ja kesktemperatuursete kütuseelementide katalüütiliste elektroodimaterjalide ningioonjuhtide uurimisega eelkõige impedants-spektromeetria meetoditega (J. Subbi). Mitmedki oksiidid, sealhulgas perovskiidid, võivad olla niihästi kõrgtemperatuurset ülijuhid kui ka kütuseelemendi katalüsaator-elektroodid. Mõlema nähtuse mehhanism lähtub vakantsiderohkest dünaamiliselt ioonjuhtivast struktuurist, mis katalüütiliste süsteemide puhul võib olla ka meso- või makropoorne, amorfne või isegi plastiline [30,31].

Kvantkeemia alal on prioriteetne petrokeemias ülioluliste tahkete katalüsaatorite sisedünaamika ja aktiivsete tsentrite uurimine koos samalaadse meetodika edaspidise kasutamise enesümoloogias. Tseoliitide katalüüsiomadusi seostatakse üldiselt nende happeliste omadustega tahkes faasis ja kõrgel temperatuuril, mille mõõduks on H^+ iooni liikuvus ehk hüplemine (*proton hopping*) Brønstedi happelises tsentris Al-defektiga koordineeritud hapnikuaatomite vahel. Protonjuhtivuse ja hüplemisprotsessi energia on pälvunud nii eksperimentaalset

(NMR, madalsageduslik impedantspektroskoopia) kui arvutuslikku tähelepanu. Senised arvutuslikud tööd on keskendunud peamiselt protsessi energeetiliste ja kineetiliste karakteristikute (aktivatsioonibarjäär, tunneleerimine, stabilisatsioonienegiad) määramisele erinevates aktiivse tsentri staatilistes mudelites (klaster-, mudelpotentsiaali- ja hübriidmeetodid). Käsilolev töö keskendub protsessi mehhanismide ja mõjurit uurimisele kristalli võredünaamiliste omaduste kontekstis. H-FER ja H-ZSM-5 tseoliitides simuleeriti IRC (*intrinsic reaction coordinate*) meetodil reaktiivse süsteemi (prooton + kristallvõre) evolutsiooni/relaksatsiooni aktiivsest vahekompleksist statsionaarsesse olekusse, prootoni lokaliseerudes sama defektiga koordineeritud erinevate hapnikuaatomite juures. DRC (*dynamic reaction coordinate*) meetodit kasutati protsessi simuleerimiseks selektiivselt ergastatud vabadusastmetega süsteemis. Kristallvõres kulgeva protsessi analüüs tema võremoodide evolutsiooni taustal annab ettekujutuse protsessi dünaamikast. Suure vabadusastmete arvuga perioodilise süsteemi modaalkonstruktuuri evolutsiooni kaardistamine mööda reaktsiooniteed on mahukas ülesanne ning H-ZSM-5 (Pnma sümmeetria, 289 aatomit) ja H-FER (Immm sümmeetria, 109 aatomit, 216 topeltrakus) korral teostatav vaid poolempiirilistel potentsiaalse energia hüperpindadel (Mopac PM5). Reaktsioonikoordinaadi välja-projektseerimisele järgnev modaalne analüüs piki reaktsiooniteed valitud punktides võimaldas leida võre normaalvõre moodide seosed reaktiivse koordinaadiga, energiavahetuse süsteemi vabadusastmete vahel ning protsessi toetavad ja pärssivad võremoodid. Saadud tulemused on aluseks tseoliitide iseloomustavate tetraeedrite kooperatiivsete võremoodide (RUM) seostamiseks happelise prootoni reaktsioonidünaamikaga ning selle kaudu ka tseoliidi katalüütilise aktiivsusega. Arvutustulemused on rahuldavas kooskõlas happelise prootoni kõrgtemperatuurse liikuvuse uurimisega tseoliitides kõrgtemperatuurse ^1H MAS-NMR meetoditega [32].

PUBLIKATSIOONE

1. Giudice, G., Notari, A., Raidal, M., Riotto, A., Strumia, A. Towards the complete theory of thermal leptogenesis in the SM and MSSM, Nucl. Phys. B685, 89-149 (2004).
2. Raidal, M., Strumia, A. Predictions of the most minimal see-saw model, Phys. Lett. B553, 72 (2003), [arXiv:hep-ph/0210021].
3. Ellis, J. R., Raidal, M., Yanagida, T. Sneutrino inflation in the light of WMAP: Reheating, leptogenesis and flavor-violating lep-

- ton decays, Phys. Lett. B581, 9 (2004), [arXiv:hep-ph/0303242].
4. Ellis, J. R., Raidal, M. Leptogenesis and the violation of lepton number and CP at low energies, Nucl. Phys. B643, 229 (2002), [arXiv:hep-ph/0206174].
 5. Raidal, M. CP asymmetry in $B \rightarrow \phi K$ decays in left-right models and its implications on B/s decays, Phys. Rev. Lett. 89, 231803 (2002), [arXiv:hep-ph/0308031].
 6. D'Ambrosio, G., Giudice, G.F., Raidal, M. Soft leptogenesis, Phys. Lett. B575, 75 (2003) [arXiv: hep-ph/0308031].
 7. Ageev, A., Akhobadze, K., Alvero, L., Amelino-Camelia G., Avati, V., Baier, R., Bartels, J., Baur, G., Beneke, M., Berera, A., Bjorken J. D., Bondila, M., Britvich, I., Capella, A., Close, F., Collins, J., Costa, C., Cudell, J.-R., Derevschikov, A., Dick, L., Djordjadze, V., Dokshitzer, Yu., Donnachie, A., Eggert, K., Engel, R., Frankfurt, L., Geiger, K., Giovannini, A., Goloskokov, S., Goulianos, K., Gridasov, V., Gustafson, H. R., Halzen, F., Hencken, K., Inyakin, A., Islam, M. M., Jones, L., Kaidalov, A. B., Karapetian, G., Karapetian, V., Karpushov, I. D., Kashtanov, E., Kharlov, Y., Khoze, V., Klein, S., Klimenko, E. Yu., Kozlov, O., Kowalski, K., Kubarovsky, A. V., Landschoff, P. V., Leflat, A. K., Lippmaa, E., Manankov, V. M., Marchesini, G., Medvedkov, A., Mokhnatuk, V. A., Mueller, A. H., Murzin, V. S., Myznikov, K., Nikitin, V., Nomokonov, P., Novikov, S. I., Orava, R., Ostonen, R., Ouvarov, V., Papageorgiou, E., Polyakov, V., Raidal, M., Rainwater, D., Ranft, J., Riege, H., Roufanov, I., Rubin, N., Sadovsky, S., Salam, G. P., Sauli, F., Schiff, D., Selyugin, O., Shabalina, E. K., Shabratova, G., Shuvalov, R., Smirnov, V., Strikman, M., Subbi, J., Sytnik, V., Taylor, C., Tikhonova, L. A., Toukhtarov, A., Treleani, D., Ugoccioni, R., Vasilchenko, V., Vasiliev, A., Vasiliev, L., White, A., Whitmore, J., Wloдарczyk, Z., Yakovlev, V., Yushchenko, O., Zeppenfeld, D., Zhalov, S., Zinchenko, M., Zotov, N.P. A full-acceptance detector at the LHC (FELIX), J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 28, 117-215 (2002).
 8. Ma, E., Raidal, M. Three active and two sterile neutrinos in an E_6 model of diquark baryogenesis, J. Phys. G28, 95-101 (2002).
 9. Dedes, A., Ellis, J. R., Raidal, M. Higgs mediated $B_{s,d}^0 \rightarrow \mu\tau, e\tau$ and $\tau \rightarrow 3\mu, e\mu\mu$ decays in supersymmetric seesaw models, Phys. Lett. B549, 159-169 (2002).
 10. Ellis, J.R., Hisano, J., Raidal, M., Shimizu, Y. Lepton electric dipole moments in non-degenerate supersymmetric seesaw models, Phys. Lett. B528, 86-96 (2002).
 11. Ellis, J. R., Hisano, J., Lola, S., Raidal, M. CP violation in the minimal supersymmetric see-saw model, Nucl. Phys. B621, 208-234 (2002).
 12. Ellis, J. R., Hisano, J., Raidal, M., Shimizu, Y. A new parametrization of the seesaw mechanism and applications in super-symmetric models, Phys. Rev. D66, 115013 (2002).
 13. Ellis, J. R., Raidal, M., Yanagida, T. Observable consequences of partially degenerate leptogenesis, Phys. Lett. B546, 228-236 (2002).
 14. Ellis, J. R., Raidal, M. Leptogenesis and the violation of lepton number and CP at low energies, Nucl. Phys. B643, 229-246 (2002).
 15. Lippmaa, E. Thermal ensemble NMR quantum computing in large spin systems, GORDON Research Conference ("Frontiers of Science"), Bristol USA, 17-21 June 2001.
 16. Gozar, A., Blumberg, G., Littlewood, P. B., Dennis, B.S., Motoyama, N., Eisaki, H., Uchida, S. Collective density wave excitations in two-leg $Sr_{14-x}Ca_xCu_{24}O_{41}$ ladders, Phys. Rev. Letters 91, 087401 (2003).
 17. Blumberg, G., Littlewood, P., Gozar, A., Dennis, B. S., Motoyama, N., Eisaki, H., Uchida, S. Sliding density wave in $Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$ ladder compound, Science 297, 584-587 (2002).
 18. Blumberg, G., Koitzsch, A., Gozar, A., Dennis, B. S., Kendziora, C. A., Fournier, P., Greene, R. L. Nonmonotonic $d(x^2-y^2)$ superconducting order parameter in $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$, Phys. Rev. Letters 88, 107002 (2002) and Reply PRL 90, 149702 (2003).
 19. Gozar, A., Dennis, B. S., Siegrist, T., Horiibe, Y., Blumberg, G., Komiyama, S., Ando, Y. Inhomogeneous CuO_6 tilt distribution and charge-spin correlations in $La_{2-x-y}Nd_ySr_xCuO_4$ around the commensurate hole concentration, Phys. Rev. B68, 052511 (2003).
 20. Koitzsch, A., Blumberg, G., Gozar, A., Dennis, B. S., Fournier, P., Greene, R. L. Low energy excitations around $(\pi/2, \pi/2)$ points in the pseudogap phase of $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$, Phys. Rev. B67, 184522 (2003).
 21. Blumberg, G., Littlewood, P., Gozar, A., Dennis, B.S., Motoyama, N., Eisaki, H., Uchida, S. Spin dynamics and sliding density wave in $Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$ ladders, Physica 388, 227-228 (2003).
 22. Koitzsch, A., Blumberg, G., Gozar, A., Dennis, B. S., Ramirez, A. P., Trebst, S., Wakimoto, S. Antiferromagnetism in $CaCu_3Ti_4O_{12}$ studied by magnetic Raman spectroscopy, Phys. Rev. B65, 052406 (2002).

23. Jorge, G., Jaime, M., Harrison, N., Stern, R., Dabkowska, H., Gaulin, B. D. High magnetic field magnetization and specific heat of the 2D spin-dimer system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, *Journal of Alloys and Compounds*, 369, 90-92 (2004).
24. Jaime, M., Correa, V. F., Harrison, N., Batista, C. D., Kawashima, N., Kazuma, Y., Jorge, G. A., Stern, R., Heinmaa, I., Zvyagin, S. A., Sasago, Y., Uchinokura, K. Magnetic field-induced condensation of triplons in Han purple pigment $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$, *cond-mat/0404324* (2004).
25. Stern, R., Heinmaa, I., Pavlov, D. A., Bryntse, I. Exploring the oxygen order in Hg-1223 and Hg-1201 by ^{199}Hg MAS NMR, *cond-mat/0404496* (2004).
26. Stern, R., Yoshimura, K., Kageyama, H., Dabkowska, H., Gaulin, B. D., Slichter, C. P., Reyes, A. P., Kuhns, P. L., Moulton, W. G. High magnetic field NMR study of frustrated dimer system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, *NHMFL Annual Research Review*, p. 251 (2003).
27. Harrison, N., Jaime, M., Stern, R., Dabkowska, H., Gaulin, B. D. Temperature dependence of the magnetization plateaus in $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, *NHMFL Annual Research Review*, p. 236 (2003).
28. Jorge, G. A., Stern, R., Jaime, M., Harrison, N., Bonca, J., Elshawish, S., Batista C.D., Dabkowska, H. A., Gaulin, B. D. High field specific heat of 2D quantum system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, *cond-mat/0309534* (2003).
29. Carravetta, M., Murata, Y., Murata, M., Heinmaa, I., Stern, R., Tontcheva, A., Samson, A., Rubin, Y., Komatsu, K., Levitt, M. H. Solid-state NMR spectroscopy of molecular hydrogen trapped inside an open-cage fullerene, *J. Am. Chem. Soc.* 126, 4092-4093 (2004).
30. Tatte, T., Reedo, V., Adamovich, M., Subbi, J. Metal oxide based SPM tips prepared by sol-gel method, *Phys. Low-Dimens. Struct.* 5-6, 31-37 (2002).
31. Hektor, A., Klintonberg, M., Aabloo, A., Thomas, J. O. Molecular dynamics simulation of the effect of a side chain on the dynamics of the amorphous LiPF_6 -PEO system, *J. Mater. Chem.* 13, 214-220 (2003).
32. Sarv, P., Tuherm, T., Lippmaa, E., Keskinen, K., Root, A. Mobility of the acidic proton in Brønsted sites of H-Y, H-mordenite and H-ZSM5 zeolites, studied by high temperature ^1H -MAS-NMR, *J. Phys. Chem.* 99, 13763-13768 (1995).
33. Zvyagin, S., Krzystek, J., Dabkowska, H., Gaulin, B., Stern, R. High-field ESR study of the quasi-2D spin gap system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, *Abstr. P25.010. APS March 2004 Meeting, Montreal, March 22-26, 2004.*

VEDELIKE TUUMARESONANTS-SPEKTROMEETRIA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid T. Pehk, L. Vares, J. Jarvet, teadurid S. Vija, E. Kiirend.

PÕHILISED TULEMUSED

Vedelike ja lahuste TMR spektroskoopia on kujunenud orgaanilise struktuuranalüüsi põhiliseks meetodiks. Tema äärmiselt suure tähtsuse põhjusteks on saadava informatsiooni hulk ning võimalused seda siduda molekulide ehitusega, nende dünaamikaga ning molekulidevaheliste interaktsioonidega, kasutades selleks sobilikke eksperimendimeetodikaid nende arvukast arsenalist. ASTs läbiviidavate NMR alaste uuringute objektideks on sellised sünteetilised ja looduslikud ühendid ja materjalid, mille puhul teiste uurimismeetoditega on raske või võimatu vajalikku informatsiooni saada. Eelkõige puudutab see isomeerseid ühendeid ning eriti stereoisomeerseid kiraalseid molekule. Meie poolt väljapakutud konfiguratsiooni määramise meetodika kahedimensionaalsete ^1H - ^1H ja ^1H - ^{13}C keemiliste nihete korrelatsioonidiagrammide kaudu võimaldab saada detailse pildi derivatiseeritud kiraalsete stereoisomeeride kõigi vastavate sü-

siniku ja vesiniku aatomite varjestuse (keemiliste nihete) erinevuste kohta, mis on usaldusväärseks aluseks absoluutse konfiguratsiooni määramisel, lähtudes anisotroopse kiraalse derivatiseeriva agendi eeldatavast konformatsioonist derivatiseeritud molekulides. Seega taandub absoluutse konfiguratsiooni määramine erinevate diastereoisomeeride suhtelise konfiguratsiooni määramisele. Meetod on leidnud laialdast rakendamist asümmeetrilise sünteesi teel saadud ainete absoluutse konfiguratsiooni määramistel. Uurimise all on kiraalsete vitsinaalsete lahtise ahelaga ja tsükliliste polüoolide multiderivatiseerimisel avalduvad kõrvalekalded anisotroopsete efektide aditiivsusest, mille interpreteerimine toimub eelkõige poolempiiriliste kvantkeemiliste arvutusmeetodite (AM1, PM3) abil. Eesmärgiks on selgitada võimalusi polüoolide absoluutse konfiguratsiooni määramiseks.

Mitme kiraalse tsentri puhul uuritavas ühendis on TMR spektroskoopia abil võimalik uuritava kiraalse tsentri absoluutset konfiguratsiooni määrata teiste kiraalsete tsentrite suhtes eel-

dusel, et mingi kiraalse tsentri absoluutne konfiguratsioon on teada. Näiteks võiksid siin olla organismide elutalitluse seisukohalt üliolulised multikiraalsed prostaglandiinide molekulid. Meie poolt läbiviidud uuringud on võimaldanud määrata prostaglandiinide absoluutseid konfiguratsioone ning selgitada nende kuni 3 erineva OH grupiga ühendite ensümaatiliste atsüleerimisreaktsioonide mehhanismi, stereoselektiivsust ja ensüümi aktiivse tsentri struktuuri.

Orgaanilise sünteesi osas teostati süstemaatiline NMR-MS struktuuriuuring etüleendiamiini südamikule kasvatatud polüamidoamiindriemeri erinevate generatsioonide kohta [1], mis võimaldas lahendada nende keeruliste spektrite interpretatsiooniprobleeme ning kirjeldada kaugmõju efekte. Uute kiraalsete ligandide leidmiseks sünteesiti enantiomeerseid biasiridinüüli derivaate ning ka vaba biasiridinüül [2].

Lõpetati süstemaatiline uurimus 3-alküül-1,2-tsüklopentaandioonide asümmeetrilise oksüdatsiooni kohta [3,6,18], mis võimaldas leida efektiivseid meetodeid enantiomeersete alküüllaktoonhapete, hüdroksülaktoonhapete ja spirodilaktoonide saamiseks. Kahtlemata huvipakkuv uus võimalus on merekäsna *Axinella polypoides* leitud uue ATP N-glükosidaasi toime spetsiifika määramine ^1H , ^{13}C ja ^{31}P kombineeritud 1D- ja 2D-NMR-spektromeetria abil [4].

Lisaks kiraalsete stereoisomeeride konfiguratsioonidele on nende konformerid ja konformatsioonide dünaamika kujunemas järjest olulisemateks struktuuriparameetriteks, millest väga oluliselt sõltuvad nende keemilised, katalüütilised ja agregeerumisomadused ning seega ka füsioloogiline aktiivsus. Nii näiteks degeneratiivsete amüloidooside puhul (Alzheimeri tõbi, Creutzfeldt-Jakobi sündroom, kuru ja teised prioonhaigused), mis võivad haarata praktiliselt kõiki organeid, ei erine infektsioosne patoloogia põhjustav molekul eluks vajalikust normaalsest vormist ei oma struktuuri ega konfiguratsiooni poolest, kuid konformatsioon on erinev. Alzheimeri tõve korral on määrava tähtsusega ohtlikku β -struktuuri sisaldava amüloidse fibrilli teke, millele eelneb karakterne vasakspiraalne ja peptiidi lahustavat vormi stabiliseeriv konformatsioon juba Alzheimeri A β -peptiidi lahuses [8], mis oluliselt mõjutab edasist agregeerimisprotsessi ja seega parandab varasemaid andmeid selle füsioloogiliselt üliolulise protsessi kohta (J. Jarvet). Katsetest selgus, et ainuüksi [$^1\text{H},^1\text{H}$]-TOCSY ja [$^1\text{H},^1\text{H}$]-NOESY ning [$^{15}\text{N},^1\text{H}$]-NOESY 2D-FT-NMR meetodite abil ei õnnestu isegi 750 MHz töösagedusel saada peptiidide (ja valkude) konformatsioonide kohta



600 MHz-spektromeetri uus Oxford Instruments'i ülijuhtmagnet.

ühetähenduslikke tulemusi. Märksa resultatiivsem on NMR- ja optiliste meetodite, eelkõige tsirkulaardikroismi (CD) kooskasutus isegi vaid 600 MHz 1D-FT-NMR meetoditega. Oma optikat vältivates ja ainult selektiivse tuumse Overhauseri efekti andmetele baseeruv põhjalikus uurimuses [9] pidi K. Wüthrich isegi 750 MHz ^1H töösagedusel järeltada, et kahe uuritud Alzheimeri peptiidi järsult erinevad agregeerimisomadused võivad olla sõltuvad vaid raadiospektroskoopiliselt mittejälgitavate oletatavate vahevormide omadustest.

Töörühm on varustatud ajakohaste FT-NMR ülijuhtivate multiresonants-2D-FT-NMR kõrglahutus-spektromeeritega tööks 200 MHz, 360 MHz, 500 MHz ja 600 MHz ^1H sagedusel, aga samuti ka sisseseadega vajalike ühendite sünteesiks

ning prepareerimiseks, milleks on olemas ka GC-MS ja HPLC-MS instrumendid.

PUBLIKATSIOONE

1. Peterson, J., Allikmaa, V., Subbi, J., Pehk, T., Lopp, M. Structural deviations in poly(amidoamine) dendrimers: a MALDI-TOF MS analysis, *European Polymer Journal* 39, 33-42 (2003).
2. Kanger, T., Ausmees, K., Müürisepp, A.-M., Pehk, T., Lopp, M. A comparative study of the synthesis of C₂-symmetric chiral 2,2'-bi-aziridinyls, *Synlett* 1055-1057 (2003).
3. Paju, A., Kanger, T., Pehk, T., Lindmaa, R., Müürisepp, A.-M., Lopp, M. Asymmetric oxidation of 3-alkyl-1,2-cyclopentanediones. Part 2: Oxidative ring cleavage of 3-alkyl-1,2-cyclopentanediones: synthesis of 2-alkyl-lactone acids, *Tetrahedron: Asymmetry* 14, 1565-1573 (2003).
4. Reintamm, T., Lopp, A., Kuusksalu, A., Pehk, T., Kelve, M. ATP N-glycosidase, a novel ATP-converting activity from a marine sponge *Axinella polypoides*, *Eur. J. Biochem.* 279, 4122-4132 (2003).
5. Villo, L., Metsala, A., Parve, O., Pehk, T. Chemical versus enzymatic acetylation of α -bromo- ω -hydroxyaldehydes: decyclization of hemiacetals by lipase, *Tetrahedron Letters* 43,3203-3207 (2002).
6. Paju, A., Kanger, T., Niitsoo, O., Pehk, T., Müürisepp, A.-M., Lopp, M. Asymmetric oxidation of 3-alkyl-1,2-cyclopentanediones. Part 3: Oxidative ring cleavage of 3-hydroxyethyl-1,2-cyclopentanediones: synthesis of α -hydroxy- γ -lactone acids and spiro- γ -dilactones, *Tetrahedron: Asymmetry* 14, 2393-2399 (2003).
7. Valmsen, K., Järving, I., Boeglin, W. E., Varvas, K., Koljak, R., Pehk, T., Brash, A.R., Samel, N. The origin of 15R-prostaglandins in the Caribbean coral *Plexaura homomalla*: molecular cloning and expression of a novel cyclooxygenase, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 7700-7705 (2001).
8. Jarvet, J., Damberg, P., Danielsson, J., Johansson, I., Eriksson, L.E.G., Gräslund, A. A left-handed 3₁ helical conformation in the Alzheimer A β (12-28) peptide, *FEBS Letters* 555, 371-374 (2003).
9. Riek, R., Güntert, P., Döbeli, H., Wipf, B., Wüthrich, K. NMR studies in aqueous solution fail to identify significant conformational differences between the monomeric forms of two Alzheimer peptides with widely different plaque-competence, A β (1-40)^{ox} and A β (1-42)^{ox}, *Eur. J. Biochem.* 268, 5930-5936 (2001).
10. Danielsson, J., Jarvet, J., Damberg, P., Gräslund, A. Translational diffusion measured by PFG-NMR on full length and fragments of the Alzheimer A beta (1-40) peptide. Determination of hydrodynamic radii of random coil peptides of varying length, *Magn. Reson. in Chem.* 40, 89-97 (2002).
11. Lundberg, P., Magzoub, M., Lindberg, M., Hallbrink, M., Jarvet, J., Eriksson, L. E. G., Langel, U., Gräslund, A. Cell membrane translocation of the N-terminal (1-28) part of the prion protein, *Biochem. Biophys. Research Comm.* 299, 85-90 (2002).
12. Paivio, A., Jarvet, J., Lannfelt, L., Westlind-Danielsson, A. Conceivable correlates of Alzheimer's disease onset and neurotoxicity, nucleation phase length and secondary structure, respectively, of A beta (12-28) with position 22 amino acid substitutions, *Neurobiology of Aging* 23, 760 (2002).
13. Kiirend, E. O., Chumakova, S. P., Pehk, T. J. Lamellar polymorphism in multicomponent lyotropic amphiphilic systems based on alkyl-trimethyl-ammonium bromide detergents, *Crystallography Reports* 47, 849-855 (2002).
14. Kanger, T., Kriis, K., Pehk, T., Müürisepp, A. M., Lopp, M. Asymmetric synthesis of novel C₂-symmetric bimorpholines, *Tetrahedron: Asymmetry* 13, 857-865 (2002).
15. Koulov, A.V., Vares, L., Jain, M. Cationic triple-chain amphiphiles facilitate vesicle fusion compared to double-chain or single-chain analogues, *BBA Biomembranes* 1564, 459-465 (2002).
16. Koulov, A. V., Vares, L., Smith, B. D. Cationic triple-chain amphiphiles facilitate vesicle fusion compared to double-chain or single-chain analogues, *Biophys. J.* 82, 2646, Part 2 (2002).
17. Paju, A., Kanger, T., Pehk, T. Direct asymmetric alpha-hydroxylation of 2-hydroxy-methyl ketones, *Tetrahedron* 58, 7321-7326 (2002).
18. Paju, A., Kanger, T., Pehk, T., Müürisepp, A.-M., Lopp, M. Asymmetric oxidation of 3-alkyl-1,2-cyclopentanediones; Part 1: 3-Hydroxylation of 3-alkyl-1,2-cyclopentanediones, *Tetrahedron: Asymmetry* 13, 2439-2448 (2002).
19. Vares, L., Koulov, A.V., Smith, B. D. Highly impermeable vesicles composed of conformationally restricted phosphatidylethanolamine, *Chem. Commun.* 14, 1482-1483 (2002).
20. Vares, L., Rein, T. A versatile stereo-controlled approach to chiral tetrahydrofuran and tetrahydropyran derivatives by use of sequential asymmetric Horner-Wadsworth-

- Emmons and ring-closure reactions, *J. Org. Chem.* 67, 7226-7237 (2002).
21. Westlind-Danielsson, A., Paivio, A., Jarvet, J. Unique features of the beta-amyloid 1-40 peptide variant A beta 1-40E22G of Arctic mutant carriers: Protofibrils as conceivable neuropathogens in Alzheimer's disease, *Neurobiology of Aging* 23, 720 Suppl. 1 (2002).
 22. Damberg, P., Jarvet, J., Allard, P., Mets, Ü., Rigler, R., Gräslund, A. ^{13}C - ^1H NMR relaxation and fluorescence anisotropy decay study of tyrosine dynamics in motilin, *Biophys. J.* 83, 2812-2825 (2002).
 23. Christjanson, P., Siimer, K., Pehk, T., Lasn, I. Structural changes in urea-formaldehyde resins during storage, *Holz als Roh- und Werkstoff* 60, 379-384 (2002).

TAHKISTE TUUMARESONANTS-SPEKTROMEETRIA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid A. Samoson, I. Heinmaa, P. Sarv, E. Kundla, J. Past, teadurid T. Anupõld, A. Reinhold ja T. Tuherm.

PÕHILISED TULEMUSED

Tahkete materjalide struktuuri ja funktsionaalsuse vaheliste seoste leidmine on AST temaatika väga tähtis osa. Tahkiste kõrglahutusega tuumaresonants on ühtviisi informatiivne nii struktuuriparameetrite leidmisel kui ka võredünaamika uurimisel. Kogu toimuva uurimistöo aluseks on spektrijooni laiendavate tensorinteraktsioonide keskmistamine uuritava aine kiire mehaanilise pöörlemise abil. Sfääriliste harmoonikute kaudu kirjeldatud spektrijooned kitsenevad kuni 2 suurusjärgu võrra, kui välja ja telje vaheline pöörlemisnurk vastab 2. ja 4. järku Legendre polünoomide "maagilistele" nullkohtadele. Pöörlemistelje optimaalse asendi nurksõltuvuse kuju vastab hästituntud d - ($l = 2$) ja g - ($l = 4$) orbitaalide kujule. Mõlema koosinemisel on keskmistamiseks vajalik kas telgede kiire vaheldamine (DAS) või pöörlemine üheaegselt kahe "maagilise" nurga all magnetvälja Z-telje suhtes (DOR). Tehniliselt teostuselt tugineb töö kahe mitmeid kordi litsenseeritud (Bruker, Chemagnetics, Doty Scientific) USA patendi kasutamisele:

1. USA patent nr 4254373, 31. märts 1981. Andur tuumamagnetresonants-signaalide genereerimiseks. Leiutajad: E.T. Lippmaa, M.A. Alla, A.A. Salumyae, T. Tukherm Omanik: Küberneetika Instituut;
2. USA patent nr 4899111, 6. veebr. 1990. Kõrglahutus-tuumamagnetresonantsi andur proovi suunamuutmiseks. Leiutajad: A. Pines, A. Samoson Omanikud: Kalifornia Ülikooli regendid.

Mida kiirem on pöörlemine, seda täiuslikum on keskmistamine ja seda informatiivsem on saadud MAS-NMR või DOR-NMR spekter. 2003. a on saavutatud kuni 70 kHz MAS [1] ja 10 kHz DOR. Tuleb rõhutada, et nii MAS kui DOR töötavad maksimaalsete saavutatud pöörlemis-

kiiruste puhul rootorimaterjalide absoluutse tugevuspriiri ligidal [2] ja rotatsiooni stabiilsuse tagamiseks on vajalik kuni 1-mikronine töötlemistäpsus ka üsna suurte detailide puhul. Suure praktilise tähtsusega on asjaolu, et homogeenne (parim võimalik) joonelaius ^1H tuumaresonants-spektrites on pöördvõrdeliselt proportsionaalne polariseeriva magnetvälja tugevuse ja MAS-NMR proovi pöörlemiskiiruse korrutisega. Katsed kuni 1066 MHz ^1H sagedusel kinnitasid võimalust oluliselt parandada ^1H -MAS-NMR spektraalset lahutust kuni sustseptiibluse anisotroopiast tingitud piirini [3].

Kasutatav MAS temperatuuripiirkond katab 25 K kuni 700 K [1], mis on täiesti piisav nii ülijuh-tide kui ka petrokeemiliste tseoliitkatalüsaatorite uurimiseks nende tavalistel töötemperatuuridel. Ka proovi muudetav pöörlemiskiirus on väga oluline muutuja heteronukleaarses rist-polarisatsioonis ja selektiivses homonukleaarses polarisatsiooniülekandes [4] ning juba on saavutatud reversseeritav pöörlemiskiirendus kuni 1 MHz/s. Tahkiste uurimiseks on kasutusel 4 ülijuhtmagnetiga (600, 500, 360 ja 200 MHz ^1H resonantsagedusega) 2D-FT-NMR spektromeetrit, kuid koostöö raames on kasutatud kuni 45 Tesla väljatugevusi. Tuleb märkida ka kõrg-sagedusergastuse digitaalse otsesünteesi (DDS) kasutuselevõttu, mis võimaldab oluliselt tõsta impulsside lülituskiirust ja on vajalik nii kvantloogikas kui ka materjaliteaduses ning tahke keha füüsikas. Laboratooriumi hiljutistes töodes on näidatud rotatsioonlaotuse efektiivsust selektiivsel polarisatsioonivahetusel ^{13}C 2D-NMR tüüpi katsetes ja aminohapete järjestuse määramisel ^{13}C -märgistatud peptiidis [4]. Uuritava proovi suur pöörlemiskiirus on kasulik lahtisidestusväljatugevuse vähendamiseks XiX tüüpi topeltresonantskatsetes, mis on eriti oluline tahkete biopolümeeride, sealhulgas aminohapete järjestuse määramiseks $^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ -märgistatud peptiidides [5] ja üldse bioloogilise suunitlusega MAS-NMR spektromeetrias. Inimluude koostise

uurimisel 40 kHz ^1H , ^{31}P CP-MAS-NMR tingimustes õnnestus näidata, et inimluudes domineerib tavaline karbonaapatitiit B ja brušiidi esinemine jääb tõestamata [7]. Multikvant 3Q-MAS ja DOR on üksteist täiendavad meetodid, mille kombineeritud kasutamine osutus väga efektiivseks L-, D- ja DL-glutamaatide ^{17}O NMR-spektrite võrdleval interpreteerimisel, mille käigus kasutati ka kvantkeemilisi arvutusi Gaussian 98 baasil [8]. Nagu võiski oodata, osutus 8 struktuuriselt erinevat hapnikku sisaldava L-mononaatriumglutamaadi viiest lahutatud ^{17}O resonantsist koosnev ^{17}O NMR spekter oluliselt erinevaks eeltoodutest [8]. ^{17}O NMR osutus oluliselt informatsioonikamaks võrreldes ^1H ja ^{13}C resonantsidega. On arendatud ka teist võimalust kvadрупooltuumade spektrite interpreteerimisel, nimelt ülitugeva polariseeriva magnetvälja kasutamist [9].

Tahkiste spektrometrias on traditsiooniliselt olulisel kohal ^{29}Si MAS-NMR. Lisaks silliitsiumi otsesele oksüdatsioonile [10] on põhjalikult uuritud uut tüüpi termiliselt stabiilsete mesopoorsete tseoliitkatalüsaatorite valmistamist SiO_2 ja Al_2O_3 baasil. Poorid on suured (37 kuni 38 Å), mis oluliselt laiendab nende katalüsaatorite kasutamist sünteesis. Oluline on ka see, et saab teha $\text{Al}/\text{Si} = 1$ suhtega stabiilseid mesopoorseid tseoliite tugevasti happeliste Lewis' tsentritega [11, 12].

Rakendusliku suunitlusega tööna on MAS-NMR meetodeid kasutatud Eesti põlevkivi kerogeeni struktuuri määramiseks ^{13}C CP/MAS-NMR abil. Spektroskoopiliselt leitud kerogeeni struktuurvormide jaotus [13, 14] osutub väga ligidaseks puhtkeemiliselt leituduga [15] nii süsiniku kui hapniku jaotuse osas funktsionaalsete rühmade vahel. Eetersidemetega seotud fenoolsete aromaatsete struktuuride ulatuslik esinemine naatiivses kerogeenis leidis kinnitust.

PUBLIKATSIOONE

1. Samoson, A., Past, J., Heinmaa, I., Tuherm, T., Anupõld, T., Reinhold, A., Stern, R., Meier, B., Gan, Z., Carravetta, M. Trends in MAS NMR, Abstr. 45 ENC, Asilomar April 18-23 (2004).
2. Samoson, A. Extended magic-angle spinning, in Encyclopedia of Nuclear Magnetic Resonance, vol. 9: Advances in NMR, 59-64 (2002), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
3. Samoson, A., Tuherm, T., Gan, Z. High-field high-speed MAS resolution enhancement in ^1H NMR spectroscopy of solids, Solid State NMR 20, 130-136 (2001).
4. Samoson, A., Tuherm, T., Past, J. Rotation sweep NMR, Chem. Phys. Lett. 365, 292-299 (2002).
5. Ernst, M., Samoson, A., Meier, B.H. Low-power XiX decoupling in MAS NMR experiments, J. Magn. Reson. 163, 332-339 (2003).
6. Carravetta, M., Murata, Y., Murata, M., Heinmaa, I., Stern, R., Tontcheva, A., Samoson, A., Rubin, Y., Komatsu, K., Levitt, M. H. Solid-state NMR spectroscopy of molecular hydrogen trapped inside an open-cage fullerene, J. Am. Chem. Soc. 126, 4092-4093 (2004).
7. Kaflak-Hachulska, A., Samoson, A., Kolodziejcki, W. H-1 MAS and H-1/P-31 CP/MAS NMR study of human bone mineral, Calcified Tissue International 73, 476-486 (2003).
8. Lemaitre, V., Pike, K.J., Watts, A., Anupõld, T., Samoson, A., Smith, M. E., Dupree, R. New insights into the bonding arrangements of L- and D-glutamates from solid state ^{17}O NMR, Chem. Phys. Lett. 371, 91-97 (2003).
9. Gan, Z. H., Gor'kov, P., Cross, T.A., Samoson, A., Massiot, D. Seeking higher resolution and sensitivity for NMR of quadrupolar nuclei at ultrahigh magnetic fields, J. Am. Chem. Soc. 124, 5634-5635 (2002).
10. Kropman, D., Karner, T., Samoson, A., Heinmaa, I., Ugaste, V., Mellikov, E. Interaction between point defects in the Si-SiO₂ system during the process of its formation, Nucl. Instr. Meth. B186, 78-82 (2002).
11. Derewinski, M., Machowska, M., Sarv, P. Acidity and thermal stability of mesoporous aluminosilicates synthesized by cationic surfactant route, Studies in Surface Science and Catalysis 142B, 1157-1164 (2002).
12. Puurunen, R.L., Root, A., Sarv, P., Haukka, S., Viitanen M.M., Brongersma, H. H., Lindblad, M., Krause, A. O. I. Growth of aluminium nitride on porous alumina and silica through separate saturated gas-solid reactions of trimethylaluminium and ammonia, Chem. Mater. 14, 720 (2002).
13. Lille, Ü., Heinmaa, I., Pehk, T. Molecular model of Estonian kukersite kerogen evaluated by ^{13}C MAS NMR spectra, Fuel 82, 799-804 (2003).
14. Lille, Ü., Heinmaa, I., Müürisepp, A. M., Pehk, T. Investigation of kukersite structure using NMR oxidative cleavage: on the nature of phenolic precursors in the kerogen of Estonian kukersite, Oil Shale 19, 101-116 (2002).
15. Aarna, A. J., Lippmaa, E. T. Balti põlevkivi kerogeeni struktuur, TPI Toimetised A63, 3-50 (1955).

MADALTEMPERATUURNE FÜÜSIKA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid T. Rõõm, U. Nagel, G. Liidja, E. Joon ja teadur D. Hüvonen (doktorant).

PÕHILISED TULEMUSED

Madalamõdulised spinnpiluga kvantspinnüsteemid on kujunenud intensiivse uurimistöö objektideks. Üheks põhjuseks on tahkisekeemia areng, mis võimaldab sünteesida erinevaid madalamõdulisi spinnüsteeme selleks, et katsetega kontrollida teoreetiliste uurimuste käigus arendatud ideid ja mudeleid. Näiteks geomeetriaalne spinn-frustratsioon antiferromagnetilistes struktuurielementides on olnud huvitav ja raskesti käsitletav probleem tahkiste füüsikas. Hiljuti avastati, et ka magnetsüsteemides on võimalik magnonite Bose-Einsteini kondensatsioon (BEC). Enamikus süsteemides põhjustab faasiülemineku temperatuuri muutus. Kvantspinnüsteemides saab spinnpilu, spinnfluktuatsioone ja faasiülemineku mõjutada magnetväljaga. Uuritakse spinnpilu omavaid madalamõdulisi aineid, mille põhiseisund on singlett. Need ained pakuvad suurt teoreetilist ja eksperimentaalset huvi, sest seal ilmnevad magnonite Bose-Einsteini kondensatsioon (TICuCl_3 , KCuCl_3), magneetuvuse kvantiseeritud platood ($\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$) ja ülijuhtiv ($\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$). Kasutades spinnpiluga süsteemide uurimiseks infrapunaspetskoopiat, võimaldub selektiivselt uurida võre- ja spinnergastusi, nende koostoimet ning laengukandjate liikumist.

α' - NaV_2O_5 kristalli mõõtmised Tallinnas ja Tallahassee (NHMFL) ning teoreetilised arvutused näitavad, et optiline üleminek singletist tripletti toimub virtuaalse ergastuse kaudu võre võnkenivoole ja on seetõttu elektriline dipool-üleminek. See tõestab, et võrevõnkumistel on tähtis osa põhiseisundi singletse sümmeetria rikkumisel ning see avaldub dünaamilise Dzyaloshinskii-Moriya (DM) interaktsiooni kaudu, mis on antisümmeetriline interaktsioon ning võimaldab üldjuhul keelatud optilisi üleminekuid singletse põhioleku ja triplettse ergastatud oleku vahel. α' - NaV_2O_5 kristallis ilmneb DM interaktsioon kahe optilise foononi toimel, millest üks on polariseeritud piki võre "redelipulki" ja teine risti redelitasapinnaga [1]. $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ infrapunaspetsktritest selgus, et ka selles aines on, nagu α' - NaV_2O_5 puhulgi, singleti ja tripletti vaheline optiline üleminek elektridipooli sümmeetriaga [3], mis on osaliselt lubatud DM-interaktsiooni kaudu.

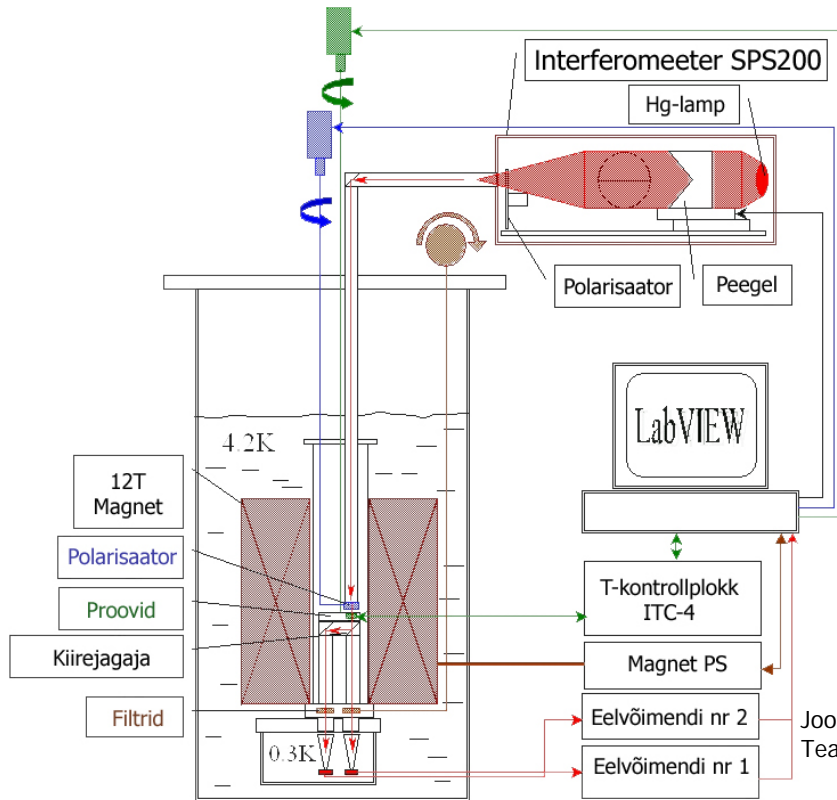
Optiliste spektrijoonte interpreteerimiseks kasutati spinnklasteri arvutusi Shastry-Sutherlandi mudeli kohaselt. Naabritevahelist ja ülenaabrispinnvahetust ning DM-interaktsiooni sisaldava spinnhamiltoniaani täpne diagonaliseerimine teostati Lanczose algoritmi kasutades 10 (24) spinnistes klasterites [4].

$\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ on eriline juhtum vaskoksiidide seas, sest see on esimene avastatud ülijuhtiv vaskoksiid, millel ei ole ruudulise struktuuriga võret. Sellel ainel on keeruline magnetiline struktuur, mis koosneb spinn-ahelatest ja spinn-redelitest. Kaltsiumiga dopeerimisel sisestatakse aukusid redelitesse ja eeldatakse, et aukude paarid redelipulkadel moodustavad bosoneid, mis on eelduseks ülijuhtivuse tekkele. Tõepoolest, kui $x > 11,5$, muutub $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ metalseks ja suure rõhu all ka ülijuhtivaks. Kui $x < 10$, toimub faasisiire laengutiheduse laine olekusse. Lainetiheduse laine oleku pilu väheneb x kasvades ja laineolek võistleb ülijuhtiva olekuga. Algolek ülijuhtivale olekule on kahe-õdulise laengudünaamikaga olek, mitte aga ühemõduline laengutiheduse laine olek [5,9].

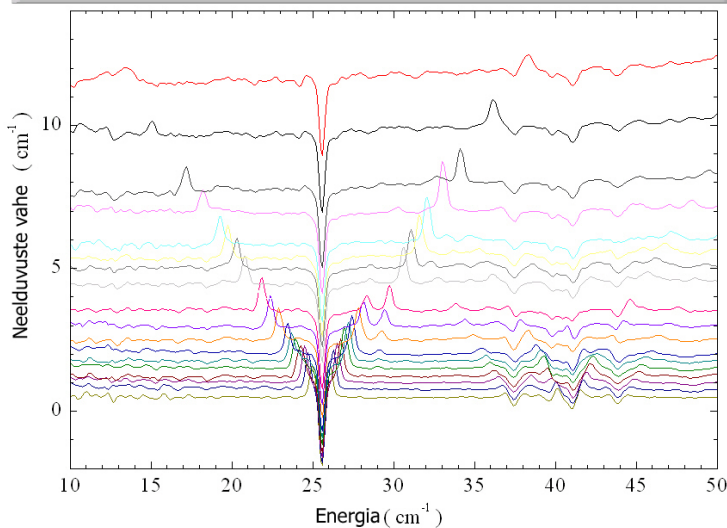
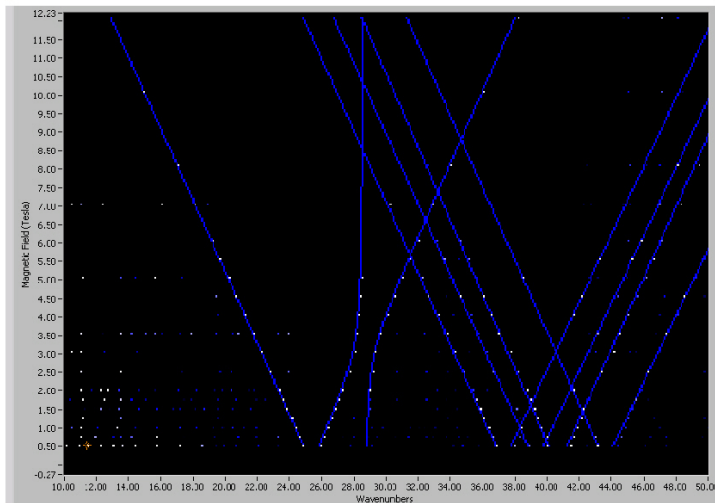
Madalamõduliste spinnüsteemide uurimiseks on kasutusel 0,1 kuni 6 teraherts sageduspiirkonna (3 kuni 200 cm^{-1}) infrapunaspetskopia.

Tesla FIR² spektromeetri vajalik tundlikkus eriti madalatel sagedustel on saavutatud 0,3 K temperatuuril töötavate ränibolomeetrite ja polariseeriva Sciencetech (Kanada) SPS200 Martin-Puplett interferomeetri kasutusega. Muudetava kuni 12 Tesla väljatugevusega ülijuhtiva magneti (Oxford Instruments) jaoks on kaks krüostaati, mis võimaldavad jahutada uuritava objekti temperatuurini 2 K või 7 mK ($^3\text{He}/^4\text{He}$ lahustumiskrüostaat, samuti Oxford Instruments). Tugevamaid magnetvälju, kuni 45 T, saame kasutada koostöös Rahvusliku Kõrgete Magnetväljade Laboratooriumiga (NHMFL) Tallahassee, Floridas.

Joonistelt selgub, et ülimaldsageduslik infrapunaspetskromeetria võimaldab korraka uurida nii võre- kui spinnergastusi. Magnetelastne sidestatus on madalamõdulistes süsteemides väga oluline, seda eriti spinn-Peierls ebastabiilsuste korral. Tugevate ja skaneeritavate magnetväljatugevuste kasutamine võimaldab uurida spinn- ja foononergastuste koostoimet ka frustrereeritud spinnüsteemidele omastel väga madalatel sagedustel alla 100 cm^{-1} , kasutades vajaduse korral ka polariseeritud infrapunast kiirgust.



Joonis 1. TealaFIR² spektromeetri skeem.



Joonis 2. Infrapunaneeldumisspektrite magnetvälja sõltuvus SrCu₂(BO₃)₂ kristallis 4,4 K temperatuuril. Alumine joonis: neeldumine võrreldes neeldumisega nullväljas; nihe vertikaalsuunas võrdub magnetvälja väärtusega, tsit. T. Rõöm, U. Nagel, E. Lippmaa, H. Kageyama, K. Onizuka, Y. Ueda, Far infrared study of the two-dimensional dimer spin system SrCu(BO₃)₂, Phys. Rev. B61, 14342-14345 (2000). Ülemine joonis: neeldumisjoonte asukohad ja teoreetilised lähendused (sinised jooned).

Lisaks infrapunaspetroskoopiale on jätkunud töö krüogeensete detektorite arendamise alal osakestefüüsika tarbeks (U. Nagel) ning leiab kasutamist ka elektronspinnresonants (ESR)-spektromeetria nii X 10 GHz kui ka Ka(Q) 35 GHz mikrolainesagedustel. Kõrgem töösaagedus on oluline triplettolekute ja muude magnetiliste süsteemide uurimisel. Ioniseeriva kiirguse toimel bioapatiidis (hambaemailis) tekkinud karbonaatradikaalide relatiivset saagist ja termilist stabiilsust uuriti 35 GHz sagedusribas (G. Liidja). Tuvastati hüdroksüapatiidi kristallvõres fosfaatrühma asendavate CO₂⁻ radikaalide esinemine niihästi fossiilse päritoluga (*Elephas primigenius*, *Rhinoceros antiquitas*) kui kaasaegses (*Loxodont*) hambamaterjalis. Meetodit on võimalik kasutada paleontoloogiliste leidude dateerimisel.

PUBLIKATSIOONE

- Rööm, T., Hüvonen, D., Nagel, U., Wang, Y.-J., Kremer, R. K. Low energy excitations and dynamic Dzyaloshinskii-Moriya interaction in α' -NaV₂O₅ studied by far infrared spectroscopy, Phys. Rev. B69, 144410 (2004).
- Dordevic, S. V., Singley, E. J., Kim, J. H., Maple, M. B., Rööm, T., Ruxing Liang, Bonn D. A., Hardy W. N., Carbotte J. P., Homes C. C., Strongin M., Basov D.N., Signatures of bilayer splitting in the c-axis optical conductivity of double layer cuprates, Phys. Rev. B69, 094511 (2004).
- Nagel, U., Hyvonen, D., Rööm, T. Far-infrared spectroscopy of spin excitations in SrCu₂(BO₃)₂ and dynamic Dzyaloshinskii-Moriya interaction, Abstr. P25.009, APS March 2004 Meeting, Montreal, March 22-26 (2004).
- Hyvonen, D., Nagel, U., Rööm, T. Far-infrared spectroscopy and cluster simulations of the Shastry-Sutherland model for SrCu₂(BO₃)₂, Abstr. C1.089, APS March 2004 Meeting, Montreal, March 22-26, 2004.
- Vuletic, T., Korin-Hamzic, B., Tomic, S., Gorshunov, B., Haas, P., Rööm, T., Dressel, M., Akimitsu, J., Sasaki, T., Nagata, T. Suppression of the charge-density-wave state in Sr₁₄Cu₂₄O₄₁ by calcium doping, Phys. Rev. Lett. 90, 257002 (2003).
- Nagel, U., Rööm, T., Timusk, Th., Wang, Y.-J. Far-infrared study of low-dimensional spin-gap system and testing of the variable cryostat in the 32T magnet, Annual Research Review, NHMFL, Florida State University, p. 296-297 (2003).
- Jochum, J., Angeloher, G., Bucci, C., Cooper, S., Cozzini, C., DiStefano, P., v. Feilitzsch, F., Frank, T., Hauff, D., Jagemann, Th., Keeling, R., Kraus, H., Loidl, M., Meier, O., Nagel, U., Pröbst, F., Ramachers, Y., Rulofs, A., Schnagl, J., Seidel, W., Sergeev, I., Sisti, M., Stark, M., Uchaikin, S., Stodolsky, L., Wulandari, H. Limits on WIMP dark matter using sapphire cryogenic detectors, Nucl. Phys. B – Proc. Suppl. 124, 189-192 (2003).
- Angloher, G., Bruckmayer, M., Bucci, C., Bühler, M., Cooper, S., Cozzini, C., DiStefano, P., v. Feilitzsch, F., Frank, T., Hauff, D., Jagemann, Th., Jochum, J., Jörgens, V., Keeling, R., Kraus, H., Loidl, M., Marchese, J., Meier, O., Nagel, U., Pröbst, F., Ramachers, Y., Rulofs, A., Schnagl, J., Seidel, W., Sergeev, I., Sisti, M., Stark, M., Uchaikin, S., Stodolsky, L., Wulandari, H., Zerle, L. Limits on WIMP dark matter using sapphire cryogenic detectors, Astroparticle Physics 18, 43-55 (2002).
- Gorshunov, B., Haas, P., Rööm, T., Dressel, M., Vuletic, T., Hamzic, B., Tomic, S., Akimitsu, J., Nagata, T. Charge-density wave formation in Sr₁₄Cu₂₄O₄₁, Phys. Rev. B66, 060508 (2002).
- Rööm, T., Gorshunov, B., Dressel, M., Ahn, K., Kremer, R.K., Simon, A. Far-infrared optical properties of the carbide superconductor Y₂C₂I₂, Phys. Rev. B66, 012510 (2002).
- Nagel, U., Rööm, T., Timusk, Th., Wang, Y.-J. Far-infrared study of low-dimensional spin-gap systems in very high magnetic field, Annual Research Review, NHMFL, Florida State University, p. 185-186 (2002).
- Windt, M., McGuire, J. J., Rööm, T., Pronin, A., Timusk, T., Fisher, I. R., Canfield, P. C. Infrared and optical properties of pure and cobalt-doped LuNi₂B₂C, Phys. Rev. B65, 064506 (2002).
- Liidja, G., Wieser, A. Electron paramagnetic resonance of human tooth enamel at high gamma ray doses, Radiation Protection Dosimetry 101, 503-506 (2002).

MASSISPEKTROMEETRIA JA KATALÜÜSIFÜÜSIKA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid J. Subbi, R. Pikver, R. Tanner ja teadurid H. Kooskora, R. Aguraiuja, J. Pahapill ning osaliselt A. Hektor (doktorant).

PÕHILISED TULEMUSED

Uurimistöe massispektromeetria alal oli oma algaasis orienteeritud kõrge energia füüsikale ja selleks otstarbeks CERNis ehitatavate gaas-detektorite füüsikale [1]. Ioontsüklotronresonants sai alguse triitiumi ^3T ja heeliumi ^3He massivahe ülitäpsest, veaga alla 1/20 000 000 mõõtmisest elektroni antineutriino seisumassi hindamiseks [2]. Katsetulemus oli kooskõlas väga väikese massi olemasoluga, mis osutus hiljem ka õigeks. Praegusel ajal on massispektromeetria grupi töö eesmärgiks katalüüsi ja gaasifaasi füüsika koos mõningate rakendustega biokeemias. Kasutusel on lineaarne ja reflektiooniga lennuaja- (TOF), kvadрупool- ning ioontsüklotronresonants- (ICR) massispektromeetria koos kõigi põhiliste ionisatsioonimeetoditega, sealhulgas maatriksi abil laserdesorptsioon-ionisatsioon (MALDI) ja elektropihustus- (ES) ionisatsioon. Kvadрупoolspektromeeter on ühendatud gaasikromatograafia ja elektropihustusmassispektromeeter kõrgsurve-vedelikkromatograafia.

Hiljutise arendusena MALDI lennuaja massispektromeetria aparatuuri osas on projekteeritud ja valmistatud spetsiaalne viivitatud kiirendusega ionide allikas MALDI ioonikimbu dünaamika uurimiseks. Kogu massispektromeeter on modelleeritud SIMION 3D v.6.0 abil ja valmistatud KBF1 töökojas. See võimaldas võrrelda eksperimentaalseid ionide lennuaegu teoreetiliste mudelitega. Tulemused näitasid, et optimaalne viivis laserimpulsi ja kiirendava impulsi vahel kasvab koos laseri intensiivsusega ja korreleerub signaali tugevusega. Samuti on optimaalne viivis alati pikem, kui ennustab lihtsaim mudel, kus ionid lendavad pinnalt ühel hetkel, kuid erinevate kiirustega. Uurimused näitasid ka, et tööpoolest eksisteerivad mitteadiabaatilise fragmenteerumise kanalid, mis eeldavad väga kiireid energiasuureid ja laengu ülekandeprotsesse MALDI käigus, mida pakuvad mõned teoreetilised mudelid.

MALDI-ICR spektromeetrias, mis kasutab Brukeri 4.7T üljühtivat vertikaalset magnetit, on välja töötatud uus ionide kiirendus-pidurdusmeetod ionide algse kineetilise energia vähendamiseks ja fokuseerimiseks [3]. Meetod seisneb ionide algse kineetilise energia kõigepealt

võrdsustamises ja seejärel vähendamises sobival viisil viivitatud kiirendus- ja pidurdusimpulssidega. Meetodi realiseerimiseks varustati olemasolev ICR massispektromeeter spetsiaalselt projekteeritud ICR raku ja magneti sees asuva MALDI ionide allikaga. Kuna kiirendus-pidurdusmeetod lõksustab ka suurema kineetilise energiaga ionid, on ta suure tundlikkusega ka eriti madala analüüdi kontsentratsiooni juures. Näiteks substants P (iooni mass 1347,736 Da) Fourier ICR massispekter õnnestus mõõta massilahutusega 70000. Hiljuti töötati meie laboratooriumis välja modifitseeritud kiirendus-pidurdusmeetod. Rakendades suuremaid ebasümmeetrilisi pingeid ICR raku otsaplaatidele, tekib sügav potentsiaallauk raku just sinna, kus ionid jahutatakse praktiliselt liikumatuteks minimaalse energia juurde. Sel viisil on võimalik MALDI ioone lõksustada tundideks. Näiteks, kasutades 6-asa-2-tiotüümiini maatriksina, õnnestus mõõta adenosiinrifosfaadi negatiivse iooni massispekter lahutusega 190 000 pärast kahe tunni lõksustamist. See on kõige pikem teadaolev nukleotiidi MALDI-iooni lõksustusaeg [4].

MALDI lennuaja massispektromeetria aparaat on käepärane kasutada ja võimaldab massi lahutust kuni 12 000 ning teda kasutatakse ka mitmes koostööprojektiis nii teiste laboratooriumidega Instituudis kui ka Tallinna Tehnikaülikooliga ja Tartu Ülikooliga. Need koostööprojektiid on võimaldanud välja selgitada merekäsna oligoadenülaatide süntetaasi spetsiifilisuse [5], identifitseerida maomürgi ensüümide lähedasi vorme ja töötada välja meetod ensümaatilise spetsiifilisuse määramiseks mudelpeptiidide abil [6-9], identifitseerida bioaktiivsete ühendite sünteesi produkte [10] ja töötada välja meetodid PAMAM dendriimereid sünteesi ja derivatisatsiooni produktide analüüsiks [11].

Uuriti ka sinivetikaõitsengute toksilisust, milleks kasutati Eestis ainukest kõrgsurve-vedelikkromatograafia ja massispektromeetria HPLC-ES-MS kombineeritud aparatuuri. Sinivetikate poolt produtseeritavate kantserogeensete maksa- ja neerumürkide mikrotsüstiinide sisaldus vees leiti üldiselt korreleeruvat *Microcystis* perekonna liikide arvukusega (R. Tanner). Enamlevinud olid mikrotsüstiinid LR, dmLR, RR ja dmRR. Mikrotsüstiin leiti ka Narva veehoidla veeproovidest. Siit võib teha järelduse, et suure tõenäosusega juovad Narva linna elanikud vetikaõitsengute perioodil mõningase kantserogeensusega kraa-

nivett. *Anabaena* perekonna liikidele iseloomulike mikrotsüstiinide RR ja dmRR prevaleerimine mõnes proovis lubab oletada, et vastavad vetikatüved võivad produtseerida ka teist tuntud selle perekonna mürki anatoksiini, mis on ohtlik närvimürk ning põhjustab surma hingamise blokaadi kaudu.

Kuna gaastäidisega detektorid on kasutusel ka CERNi uue hadronkiirendi LHC süsteemis, võib peagi üles kerkida ka esialgne gaaslahenduste keemilise füüsika temaatika. Samuti on uue suunana käsil massispektromeetria kasutuselevõtt süsivesinike otsepõletamisega tahke oksidi ja hübriidse elektrolüüdiga kütuseelemendi anoodi väljundgaasi analüüsil ja kütuseelemendi töö kompleksse dünaamika jälgimisel. Häid tulemusi on sel alal saadud perovskiidide $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$ tüüpi oksiidide katsetamisel anoodina kesktemperatuursetel tseeriumgadoliiniumoksiidist elektrolüüdiga kütuseelementidel [14]. Edasine töö on suunatud materjalide katalüütilise aktiivsuse valitud lisandite (Ti) abil suurendamisele süsivesinike oksüdeerimisel ning elektrijuhtivuse ja stabiilsuse suurendamisele taandavas keskkonnas.



J. Subbi koos täielikult KBFi-s konstrueeritud ja valmistatud MALDI-TOF massispektromeetritega.

PUBLIKATSIOONE

1. Agurauja, R., Hall, A., Lippmaa, E., Lippmaa, J., Subbi, J., Uustalu E. *et al.*, The compact muon solenoid, CERN/LHCC 94-38 (1994).
2. Lippmaa, E., Pikver, R., Suurmaa, E., Past, J., Puskar, J., Koppel, I., Tammik, A. ^3H - ^3He

mass difference for neutrino mass determination, Phys. Rev. Lett. 54, 285-288 (1985).

3. Pikver, R., Past, J., Subbi, J., Agurauja, R., Lippmaa, E. Some practical aspects of the acceleration-deceleration method for ion kinetic energy focusing in matrix-assisted laser desorption/ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry, Eur. J. Mass Spectrometry 6, 289-297 (2000).
4. Pikver, R., Past, J., Subbi, J., Agurauja, R., Hall, A., Lippmaa, E. Multi-hour trapping of accelerated-decelerated ATP anions in MALDI-FTICR-MS. Abstracts 16th Int. Mass Spectrometry Conference, Edinburgh (2003).
5. Reintamm, T., Lopp, A., Kuusksalu, A., Subbi, J., Kelve, M. Qualitative and quantitative aspects of 2-5A synthesizing capacity of different marine sponges. Biomolecular Engineering 20, 389-399 (2003).
6. Samel, M., Vija, H., Subbi, J., Siigur, J. Metalloproteinase with factor X activating and fibrinogenolytic activities from *Vipera berus berus* venom, Comp. Biochem. and Physiology B135, 575-582 (2003).
7. Samel, M., Subbi, J., Siigur, J., Siigur, E. Biochemical characterization of fibrinogenolytic serine proteinases from *Vipera lebetina* snake venom, Toxicon 40, 51-54 (2002).
8. Siigur, J., Aaspõllu, A., Tõnismägi, K., Trummal, K., Samel, M., Vija, H., Subbi, J., Siigur, E. Proteases from *Vipera lebetina* venom affecting coagulation and fibrinolysis, Haemostasis 31, 123-132 (2001/2002).
9. Siigur, J., Trummal, K., Tõnismägi, K., Samel, M., Siigur, E., Vija, H., Tammiste, I., Subbi, J. Use of MALDI-TOF mass spectrometry for specificity studies of biomedically important proteases, Spectroscopy 16, 161-170 (2002).
10. Viht, K., Padari, K., Raidaru, G., Subbi, J., Tammiste, I., Pooga, M., Uri, A. Liquid-phase synthesis of a pegylated adenosine-oligoarginine conjugate, cell-permeable inhibitor of cAMP-dependent protein kinase, Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 13, 3035-3039 (2003).
11. Peterson, J., Allikmaa, V., Subbi, J., Pehk, T., Lopp, M. Structural deviations in poly(amidoamine) dendrimers: a MALDI-TOF MS analysis, European Polymer Journal 39, 33-42 (2003).
12. Uri, A., Raidaru, G., Subbi, J., Padari, K., Pooga, M. Identification of the ability of highly charged nanomolar inhibitors of protein kinases to cross plasma membranes

- and carry a protein into cells, *Bioorg. Med. Chem. Letters* 12, 2117-2120 (2002).
13. Mölder, U., Pikver, R., Koppel, I., Burk, P., Koppel, I. Photoelectron spectra of molecules. Part 12. Vinyl, allyl and phenyl ethers and sulphides, *J. Mol. Structure: Theochem* 579, 205-220 (2002).
14. Subbi, J., Kooskora, H., Pahapill J., Lippmaa, E. Redox stability and polarization resistance of $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$ based anodes on $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$ electrolyte for ITSOFC applications, OSSEP Workshop "Electrode Processes and Kinetics in SOFCs", Rome, Italy, February 19-21 (2004).

KESKKONNAKEEMIA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid U. Kirso, N. Irha, E. Maremäe, A.-T. Pihlak ja J. Reinik.

PÕHILISED TULEMUSED

Atmosfääri uuringud keskendusid Eesti enamsaastatud piirkondadele, millisteks on Ida-Virumaa tööstuspiirkond ja Tallinn. Põlevkivi lendtuha aerosooli uurimise tulemusena hinnati Narva elektrijaamades tekkivate tahkete heitmete levikut ning sellest tulenevat võimalikku ohtu Eesti (regionaalne levi) ja naaberriikide (kauglevi) keskkonna seisundile ja inimese tervisele. Mudelkatsetega tehti kindlaks, et õhku paisatav lendtuhk moodustab püsiva aerosooli, mis koosneb peamiselt peenikestest (diameetriga alla $10\mu\text{m}$) või ülipeenikestest (vähem kui $2,5\mu\text{m}$) osakestest. Selliste osakeste organismi sattumise tõenäosus koos sissehingatava õhuga on märkimisväärselt suur. Kasutades kaasaegseid instrumentaalanalüüsi meetodeid ja aparatuuri, nagu GC-REMPI-MS (mass-selektiivse detektoriga gaasikromatograaf) ja erinevate detektoritega HPLC-d (kõrgsurve kromatograafid), tehti kindlaks erinevate ohtlike orgaaniliste ainete sisaldus tahketel osakestel õhus.

Kvantitatiivselt määrati mitmetuumaliste aromaatsete ühendite (PAC) nagu fenantreen, fluorantreen, püreen, bens(a)antratseen, krüseen, benso(b)- ja benso(k)fluoranteenid, benso(a)püreen kontsentratsioon otse õhust võetud proovides. Teatavasti paljud PAC esindajad on kantserogeensete ja mutageensete omadustega. Tehti kindlaks, et ohtlikud ühendid jaotuvad tuhafraktsioonide vahel väga erinevalt, kontsentreerudes peenematesse lendtuha fraktsioonidesse. Seega on aerosooli tahked osakesed tõelise ohu allikad, kandes maatriksitele kinnistunud toksilisi aineid organismi.

Saadud tulemusi saab kasutada põlevkivi energetikas praegu toimuva põletusprotsessi renoveerimisel, mis seisneb tolmpõletuse tehnoloogia asendamises keevkihtprotsessiga, keskkonna efektide prognooseerimisel ja võimalike ohtude ennetamisel.

Teiseks uurimisobjektiks olid põlevkivitööstuse tahked jäätmed. Tahkefaasilise tuumaresonantspektromeetria (MAS-NMR) meetodil (I. Heinmaa), mõõdeti tuhaproovide ^{27}Al ja ^{29}Si



spektrid. Spektrite analüüsil ilmnesid mõlema komponendi ^{27}Al ja ^{29}Si olekute erinevused olevalt tuhaproovi päritolust (tehnoloogilisest sõlmest). Lisaks iseloomustati tuhaproove mineraloogiliselt, kasutades röntgenstruktuuranalüüsi meetodeid (TTÜ). Eksperimentaalselt hinnati Narva elektrijaamades tekkivast tuhast ja keemiatööstuse poolkoksist vee toimel eralduvate ainete iseloomu ja liikuvust. Teataval määral oli ootamatuks tulemuseks, et isegi väga hüdrofoobsed ja vähelahustuvad PAC ühendid satuvad vesifaasi ja muutuvad sellega bioloogiliselt kättesaadavaks.

PUBLIKATSIOONE

1. Irha, N., Slet, J., Petersell, V. Effect of heavy metals and PAH on soil assessed via dehydrogenase assay. *Environ. Intern.* 28, 779-782 (2003).
2. Teinemaa, E., Kirso, U., Strommen, M. R., Kamens, R. M. Deposition flux and atmospheric behavior of oil shale combustion aerosols. *Oil Shale* 20, 429-220 (2003).

3. Kirso, U., Irha, N., Paalme, L., Reznikov, S., Matveyev, A. Levels and origin of PAHs in some big lakes. *Polycyc. Arom. Comp.* 22, 715-728 (2002).
4. Irha, N., Teinemaa, E. Behavior of three- to four-ring PAHs in the presence of oil shale ash and aluminosilicate matter. *Polycyc. Arom. Comp.* 22, 663-671 (2002).
5. Alumaa, P., Kirso, U., Petersell, V., Steinnes, E. Sorption of toxic metals to soil. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 204, 375-376 (2002).
6. Teinemaa, E., Kirso, U., Strommen, M. R., Kamens, R. M. Atmospheric behaviour of oil shale combustion fly ash in a chamber study. *Atmos. Environ.* 36, 5, 813-824 (2002).
7. Lippmaa, E., Maremäe, E. The beginnings of uranium production in Estonia, *Oil Shale* 20, 167-174 (2003).
8. Pihlak, A.-T., Matvienko, N. G., Bogdanov, R. V. Spontaneous gases from Estonian Artesian wells, *Ecological Chemistry* 12, 14-159 (2003).

FUNKTSIONAALNE GENOOMIKA JA PROTEOOMIKA

Uurimisgrupi koosseis: vanemteadurid V. Saks, P. Sikk, T. Käämbre, T. Tiivel, P. Kogerman, A. Valkna, M. Drews ja teadurid H. Vija, I. Tamviste (doktorant).

PÕHILISED TULEMUSED

Bioenergeetika uurimisrühma (V. Saks) põhisihiks on selgitada valk-valk interaktsioonide kaudu reguleeritud bioenergeetilist korrastatust ja mitokondrite aktiivsust rakus. Funktsionaalse genoomika uurimisrühma (P. Kogerman) sihiks on selgitada mõnede (naha)vähiliikide tekke ja arengu geneetilist baasi ja valkude kaudu toimuvat regulatsiooni.

Bioenergeetika rühma pikaajaline sihikindel töö on olnud suunatud eelkõige südamelihase rakkude ainevahetuse detailsele uurimisele. On saanud selgeks, et raku kogu tsütoplasma ja eriti tsütoskelett on väga otstarbekalt lahterdatud nii, et see tagab pikkade difusiooniteede vältimise kaudu ainevahetusprotsesside kõige efektiivsema kulgemise. Kõrge efektiivsus tagab suure jõudlusevaru, ilma et oleks vaja ATP ja fosfokreatiini suurt rakkudevahelist juurdevoolu [1-4].

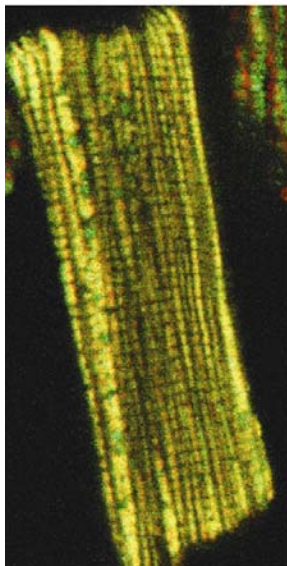
Lihaseraku tsütoplasmas leiduvad ja mehaanilist kontraktsiooni tagavad, põhiliselt aktiivist ja

müosiinist koosnevad müofibrillid on kokku lahterdatud raku teiste komponentidega (mitokondrite, tsütoskeleti ja tsütoplasmaga) nii, et nad moodustavad ühtse koostöötava energeetilise terviku ehk rakusisese energiabloki (RSEB ehk ICEU = intracellular energetic unit), kus ainevahetus on täpselt sünkroniseeritud südamelihase mehaanilise koormusega. RSEB struktuursed ja funktsionaalsed muutused on aluseks kogu raku või kogu lihase töö analüüsile nii normis kui haiguslikus seisundis.

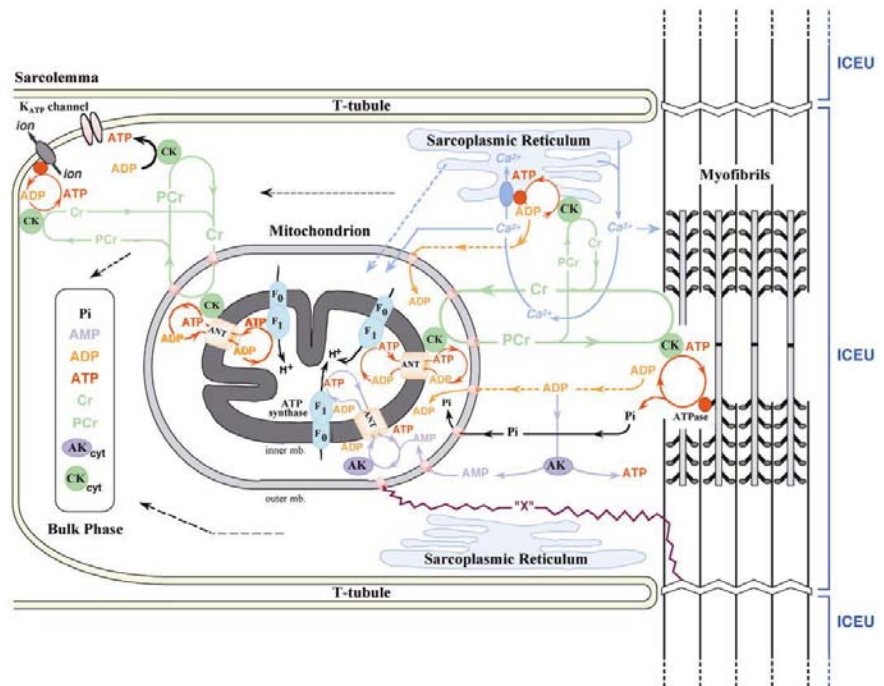
Eksperimentaalne töö toimub nülitud lihasekiududega, müosiinivabade kiududega ja permeabiliseeritud kardiomüotsüütidega. Lihasekiudude morfoloogia uurimiseks on kasutusel konfokaal-mikroskoopia. Rakuhingamise kineetika uurimine toimub oksügraafi või spektrofluoromeetria abil. RSEB'i struktuurseid ja funktsionaalseid muutusi patoloogilistes seisundites (kõrge Ca^{2+} kontsentratsioon või substraatide puudus) uuritakse perfuseeritud seasüdametega. Kasutusel on valkude kahemõtmeline 2D-PAGE (elektroforees polüakrüülamiidgeeli ebalineaarses pH-gradiendis) ja *m. soleus* nülitud kiud ja müosiinivabad kiud. 2D-PAGE proteiiniitappe analüüsitakse MALDI-massispektrometria abil. Mitokondri välismembraani vesiiklid on valmistatud isoleeritud mitokondrite hü-

poosmootilise purustamisega. Pinnaplasmoon- resonants (SPR) on kasutusel mitokondri välismembraani ja identifitseeritud valkude vahelise komplekseerumise uurimise meetodina. Kogu saadud informatsioon on leidnud kasutust lah-

terdatud energiaülekandeprotsesside uurimisel matemaatiliste meetoditega. Bioenergeetika- alane uurimistöö toimub AST koostöös Tartu Ülikooli haigusfüsioloogia osakonnaga ja Joseph Fourier' ülikooliga (Grenoble).



RSEB ehitus.



Töö funktsionaalse genoomika alal tsentreerub embrüo- ja tuumorogeneesi seostele, kus Hedgehog-valkudekolmiku poolt juhitud regulatsioonimehhanismid on heaks mudeliks. Sonic hedgehog (SHH) valgu tähtsaks rolliks on nii meeste kui naiste suguorganite kogu väline kujundus, mis algab juba GT-tasemel ja kulgeb läbi ulatusliku apoptoosi. SHH roll on seega sarnane glükosüleeritud AFP variantide rolliga kogu embrüonaalses arengus. SHH toimib läbi PTCH 1, PTCH 2 ja SMO tüüpi membraanivalkude ning SUFU ja DYRK1 poolt reguleeritud transkriptsiooniaktivaatorite GLI1, GLI2 ja GLI3 otse geneetilisele transkriptsioonile, kusjuures järgnevale valgusünteesile eelneb organ- ja kasvajaspetsiifiline splaissing. Kuna SHH signaalsatsioonikanal juhib ka rakkude kiiret paljunemist ning eriti angiogeneesi, saab ta osaleda mitut liiki kasvajate, sealhulgas aju-, seedeorganite ja nahavähi ning samade organite mitmete vääringute eri vormide tekkel. ASP tööplaanis on esikohal SHH membraaniläbivad PTCH tüüpi retseptorvalgud ning SMO ja neist sõltuvad SUFU- ja DYRK1-reguleeritud GLI tüüpi aktivaatorvalgud. Selle keerulise regulatsiooniahela iga geneetiliselt pärilik mutatsioon, mõne fetaalse motiivi säilimine täiskasvanud organismis või GLI1 üleproduktioon muul põh-

jusel viib basaalarakukartsinoomide (BCC), mitut liiki tsüliindroomide ja teiste kasvajate arengule. Nende küsimuste detailne selgitamine on kajastatud viies publikatsioonis [20-24].

ASP biopool on varustatud kogu vajaliku teadusaparatuuriga ja rakubioloogia ning molekulaarbioloogia vajadusteks sisustatud laboratooriumidega. On olemas aparatuur DNA analüüsiks ning raku- ja koekultuuride saamiseks, preparatiivne fermentatsioon, juurdepääs töödeks laboratooriumiloomadega ja taimedega. Varustuse hulka kuuluvad külmad kambrid, radioaktiivsuslaboratoorium, taimekasvatusruumid ja kambrid, stsintillatsioonloendajad, spektrofotomeetrid, ultratsentrifuugid, horisontaalsed ja vertikaalsed elektroforesisüsteemid, geelidokumentatsiooni süsteem, kõrgsurve-vedelikkromatograafia, tsütofluorimeeter, ABI 310 genoomi- analüsaator, PCR termotsükliaparaadid, ELISA-lugejad, TRFIA-lugejad, hübriidsatsioonitermostaat, UV-sidustaja, immunofluorestsentsiaparatuur, inkubaatorid, laminaarvool-tõmbekapid, uurimismikroskoobid (fluorestsents, faaskontrast), stereomikroskoobid, videokujundisüsteem, mikroinjektsioonisüsteem, elektroporaator, kullatolmuga geenikahur, mikrotoomid, luminomeetrid, fluorimeeter, aminohapete ana-

lüsaator, fermenterid jne. Uus loomaruum on valmimas. Andmebaasid asuvad suuremahulises internetiühendusega CD-kambris.

PUBLIKATSIOONE

1. Ovadi, J., Saks, V. On the origin of intracellular compartmentation and organized metabolic systems, *Molecular and Cellular Biochemistry* 256, 5-12 (2004).
2. Saks, V. A., Kuznetsov, A. V., Vendelin, M., Guerrero, K., Kay, L., Seppet, E. K. Functional coupling as the basic mechanism of feed-back regulation of cardiac energy metabolism, *Molecular and Cellular Biochemistry* 256, 185-199 (2004).
3. Vendelin, M., Eimre, M., Seppet, E., Peet, N., Andrienko, T., Lemba, M., Engelbrecht, J., Seppet, E. K., Saks, V. A. Intracellular diffusion of adenosine phosphates is locally restricted in cardiac muscle, *Molecular and Cellular Biochemistry* 256, 229-241 (2004).
4. Oieda, C., Joseph, P., Saks, V. A., Piriou, V., Tourneur, Y. Subcellular heterogeneity in mitochondrial redox responses to K-ATP channel agonists in freshly isolated rabbit cardiomyocytes, *Molecular and Cellular Biochemistry* 256, 367-377 (2004)
5. Saks, V., Appaix, F., Usson, Y., Guerrero, K., Olivares, J., Seppet, E., Aliev, M., Margreiter, R., Kuznetsov, A. Localized control of oxidative phosphorylation within intracellular energetic units in heart cells: a possible solution of some old problems. In: M.S. Dhalla (Ed.) *Signal transduction and cardiac hypertrophy*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 265-284 (2003).
6. Appaix, F., Kuznetsov, A. V., Usson, Y., Kay, L., Andrienko, T., Olivares, J., Kaambre, T., Sikk, P., Margreiter, R., Saks, V. Possible role of cytoskeleton in intracellular arrangement and regulation of mitochondria, *Exp. Physiology* 88, 175-190 (2003).
7. Saks, V., Kuznetsov, A., Andrienko, T., Usson, Y., Appaix, F., Guerrero, K., Kaambre, T., Sikk, P., Lemba, M., Vendelin, M. Heterogeneity of ADP diffusion and regulation of respiration in cardiac cells. *Biophys. J.* 84, 3436-3456 (2003).
8. Andrienko, T., Kuznetsov, A.V., Kaambre, T., Usson, Y., Orosco, A., Appaix, F., Tiivel, T., Sikk, P., Vendelin, M., Margreiter, R., Saks, V. A. Metabolic consequences of functional complexes of mitochondria, myofibrils and sarcoplasmic reticulum in muscle cells, *J. Exp. Biology* 206, 2059-2072 (2003).
9. Kuznetsov, A. V., Kunz, W. S., Saks, V., Usson, Y., Mazat, J. P., Letellier, T., Gellerich, F. N., Margreiter, R. Cryopreservation of mitochondria and mitochondrial function in cardiac and skeletal muscle fibers, *Anal. Biochem.* 319, 296-303 (2003).
10. Vendelin, M., Bovendeerd, P. H. M., Saks, V., Engelbrecht, J., Arts, T. Simulating cardiac mechanoenergetics in the left ventricle, *Functional Imaging and Modeling of the Heart, Proceedings Lecture Notes in Computer Science* 2674, 72-80 (2003).
11. Aliev, M. K., Saks, V. A. Analysis of the mechanism of functioning of mitochondrial adenine nucleotide translocase using mathematical models, *Biofizika* 48, 1075-1085 (2003).
12. Seppet, E., Peet, V., Paju, K., Ress, M., Saks, V. A., Gellerich, F. N., Chen, Y., Trumbeckaite, S., Prondzinsky, R., Silber, R. E., Werdan, K., Zierz, S., Seppet, E. K. Mitochondrial function in failing human myocardium *in vivo*: Atrioventricular differences; Cardiac Remodeling and Failure, *Progress in Experimental Cardiology* 5, 459-470 (2003).
13. Tokarska-Schlattner, M., Meiler, F., Zandomenighi, G., Meier, B. H., Saks, V., Neumann, D., Wallimann, T., Schlattner, U. Do creatine and other guanidino compounds bind to phospholipid membranes? - Studies with SPR and P-31-NMR spectroscopy, *Biophysical Journal* 84, 49A-49A Part 2, Suppl. S (2003).
14. Boudina, S., Laclau, M.N., Tariosse, L., Daret, D., Gouverneur, G., Bonoron-Adele, S., Saks, V. A., Dos Santos, P. Alteration of mitochondrial function in a model of chronic ischemia *in vivo* in rat heart, *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 282, H821-831 (2002).
15. Aliev, M. K., Dos Santos, P., Hoerter, J. A., Soboll, S., Tikhonov, A.N., Saks, V. A. Water content and its intracellular distribution in intact and saline perfused rat hearts revisited. *Cardiovasc. Res.* 53, 48-58 Review (2002).
16. Vendelin, M., Bovendeerd, P. H., Saks, V., Engelbrecht, J. Cardiac mechanoenergetics *in silico*, *Neuroendocrinol. Lett.* 23, 13-20 (2002).
17. Appaix, F., Guerrero, K., Rampal, D., Izziki, M., Kaambre, T., Sikk, P., Brdiczka, D., Riva-Lavieille, C., Olivares, J., Longuet, M., Antonsson, B., Saks, V. A. Bax and heart mitochondria: uncoupling and inhibition of oxidative phosphorylation without permeability transition, *Biochim. Biophys. Acta* 1556, 155-167 (2002).
18. Boudina, S., Laclau, M. N., Pasquet, S., Tariosse, L., Saks, V. A., Dos Santos, P. Beneficial effect of diazoxide opening mitochondrial ATP-sensitive potassium channel

- on mitochondrial creatine kinase in chronic ischemia, *J. Mol. Cellular Cardiology*, 34, A12-A12 (2002).
19. Saks, V., Kay, L., Andrienko, T., Vendelin, M. Local restrictions of ADP diffusion between intracellular energetic units in cardiomyocytes, *Biophysical Journal* 82, 2991 Part 2 (2002).
 20. Culp, L. A., Lin, W. C., Kleinman, N. R., Kogerman, P., Judware, R., Miller, C. J., Holleran, J. L. Targeting the metastatic process, in: K. N. Syrigos, K. J. Harrington, Targeted therapy for cancer, Oxford University Press, London, 317-338 (2003).
 21. Dunaeva, M., Michelson, P., Kogerman, P., Toftgård, R. Characterization of the physical interaction of Gli proteins with SUFU proteins, *J. Biol. Chem.* 278, 5116-5122 (2003).
 22. Regamey, A., Hohl, D., Liu, J. W., Roger, T., Kogerman, P., Toftgård, R., Huber, M. The tumor suppressor CYLD interacts with TRIP and regulates negatively nuclear factor kappa B activation by tumor necrosis factor, *J. Exp. Medicine* 198, 1959-1964 (2003).
 23. Mao, J. H., Maye, P., Kogerman, P., Tejedor, F. J., Toftgård, R., Xie, W., Wu, G.Q., Wu, D. Q. Regulation of Gli1 transcriptional activity in the nucleus by Dyrk1, *J. Biol. Chem.* 277, 35156-35161 (2002).
 24. Kogerman, P., Krause, D., Rahnema, F., Kogerman, L., Unden, A.B., Zaphiropoulos, P. G., Toftgård, R. Alternative first exons of PTCH1 are differently regulated *in vivo* and may confer different functions to the PTCH1 protein, *Oncogene* 21, 6007-6016 (2002).

MITTELINEAARSETE PROTSESSIDE ANALÜÜSI KESKUS

Juht prof Jüri Engelbrecht
TTÜ Küberneetika Instituut, Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel. +372 6204160
Faks +372 6204151
je@ioc.ee
<http://cens.ioc.ee>



UURIMISRÜHMAD
MITTELINEAARSED LAINED
Juht dr Arvi Ravasoo
TTÜ Küberneetika Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel. +372 6204163
Faks +372 6204151
arvi@ioc.ee

FRAKTAALSUS JA BIOFÜÜSIKA
Juht dr Jaan Kalda
TTÜ Küberneetika Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel. +372 6204174
Faks +372 6204151
kalda@ioc.ee

MITTELINEAARNE FOTOELASTSUS
Juht dr Hillar Aben
TTÜ Küberneetika Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel. +372 6204180
Faks +372 6204151
aben@cs.ioc.ee

LAINED MEREKESKKONNAS
Juht dr Tarmo Soomere
TTÜ Meresüsteemide Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel. +372 6204303
Faks +372 6204301
tarmo@phys.sea.ee
<http://www.msi.ttu.ee>

GEOMEETRIA JA DÜNAAMIKA
Juht em prof Mairo Rahula
Tartu Ülikool
Geomeetria ja topoloogia õppetool
J. Liivi 2-614, 50409 Tartu
Tel. +3727 375 872
Faks +3727 375862
rahula@ut.ee

MITTELINEAARNE SIGNAALITÖÖTLUS
Juht prof Tarmo Lipping
TTÜ Biomeditsiinitehnika Keskus
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn
Tel. +372 620 2200
Faks +372 620 2201
tarmo@cb.ttu.ee
<http://www.cb.ttu.ee/>

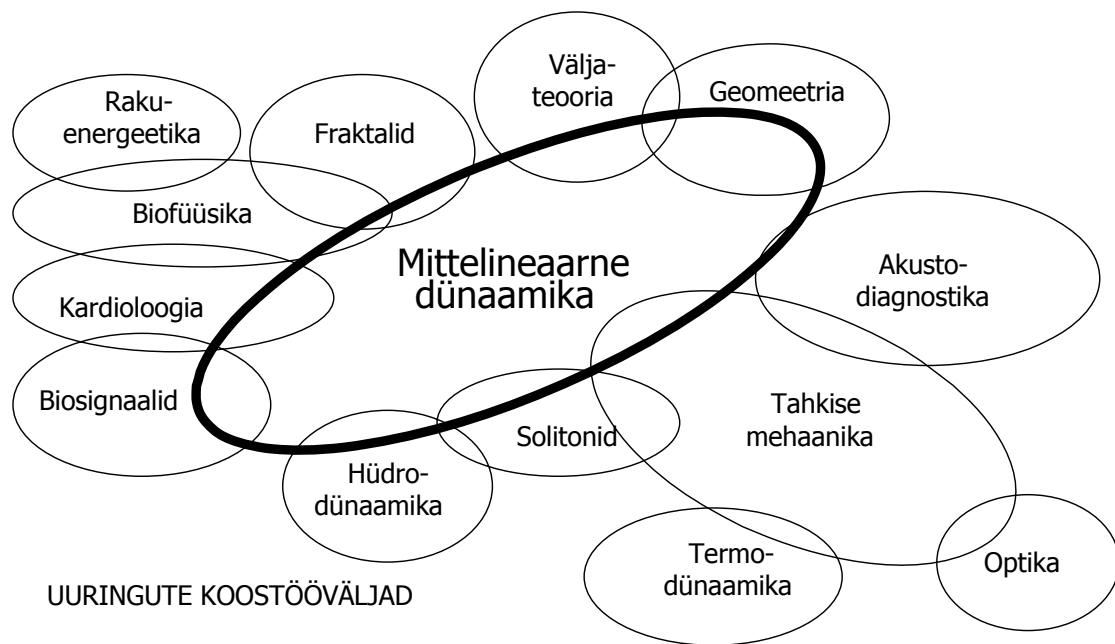
Mittelineaarse protsesside analüüsi keskus (MPAK) moodustati juba 1999. a et lõimida ühte keskusesse keerukaid mittelineaarseid protsesse uuriv teaduspotsiaal Eestis. Paljud tänapäeva teaduse lõiketeral olevad probleemid, mis pärinevad tahkiste ja vedelike mehhanikast, biofüüsikast ja optikast või on seotud loodusnähtuste fraktaalsusega ja diferentsiaalvõrrandite teooriaga, on koondatud mittelineaarse dünaamika raami.

See raam haarab nii koherentseid (sh solitonide dünaamika) kui ka kaootilisi protsesse ja on selgelt interdistsiplinaarse iseloomuga. Mittelineaarsus on looduse üks fundamentaalseid omadusi põhjustades aditiivsuse kadu. Ilma mittelineaarsuseta ei ole võimalik kirjeldada paljusid looduslikke nähtusi ega konstrueerida kõrgtehnoloogilisi seadmeid.

Keskuse uuringud haaravad:

- Mittelineaarsed lained: laineväljade analüüs mikrostruktuuriga tahkistes, koherentsed lainesaamblid, solitonid ja pinnalained, faasisiirdefrondid, akustodiagnostika materjalide omaduste määramiseks, löögidünaamika;
- Fraktaalsus ja biofüüsika: biofüüsikaliste protsesside modelleerimine, südamedünaamika koos rakuenergeetikaga *in silico*, südamerütmi muutlikkus, turbulents difusioon, statistiline topograafia ja üleujutus, ökonofüüsika;
- Mittelineaarne fotoelastsus: pingevälja tomograafia (tensortomograafia), keerukate interferentsribade interpreteerimine;
- Lained merekeskkonnas: laineteooria, multimodaalsed laineväljad, tuulelained, laineväljade anomaaliad, ekstreemlained;
- Geomeetria ja dünaamika: Lie-Cartani meetodid, vektorväljad projekteerituna tensorväljadele;
- Mittelineaarne signaalitöötlus: Füsioloogiliste signaalide (EKG, EEG) analüüs ja rakendused kardioloogias ja peaju-uuringutes.

MPAK põhieesmärkideks on olla nimetatud probleemide uurimisel teaduse lõiketeral ja loomulikult kaasa lüüa Eesti probleemide lahendamisele.



MPAK tegevuse põhisuunad on heaks kiitnud ja töö tulemustele oma hinnangu andnud Rahvusvaheline Nõukoda, kuhu kuuluvad:

Prof Josef Ballmann, Aacheni Tehnoloogiaülikool;

Prof Bengt Lundberg, Uppsala Ülikool;

Prof Gérard A. Maugin, Pariisi 6. Ülikool;

Prof H.Keith Moffat, Cambridge'i Ülikool;

Prof Valdur Saks, Grenoble'i Ülikool;

Dr Andras Szekeres, Budapesti Tehnikaülikool;

Prof Dick van Campen, Eindhoveni Tehnoloogiaülikool;

Prof Embrecht van Groesen, Twente Ülikool.

Olulisemad tulemused on järgmised:

- varjatud solitonide, solitonide koherentsusmustrite ja solitoniansamblite kontseptsioonid ja analüüs;
- faasisirdefrontide ja funktsionaalselt skaaleritud materjalide termodünaamiline modelleerimine;
- akustodiagnostika meetodid materjalide mittepurustavaks katsetamiseks;
- klaverihaamrite hüstereetiline mudel;
- südamedünaamika ja rakuenergeetika;
- 2D solitonide välja pöördülesande lahendus;
- mitmemodaalsete laineväljade kineetiline teooria;
- geofüüsikalise turbulentsi mehhanism;
- interferentsribade tekkimise mehhanism;
- optiline tensortomograafia;
- supersümmeetriate algebra ja Lie tuletised;
- mittelineaarse EEG signaalitöötlus.

Täpsem ülevaade tulemustest on esitatud töörühmade kaupa.

MPAK finantseerimine Haridus- ja Teadusministeeriumi (sihtfinantseerimine) ja Sihtasutuse ETF (grandid) poolt ulatus 2003. a 4 miljoni kroonini. Rida rahvusvahelisi grante (BMBF, NATO jt) on oluliselt suurendanud uuringute efektiivsust, momendil on käimas ESF programm (NATEMIS), programm Parrot ja EU leping PAPA, algamas on üks EU 6. Raamprogrammi projekte.

Fotoelastsusalased uuringud on toonud mitmeid rahvusvahelisi lepinguid. MPAK on sõlminud hulga rahvusvahelisi koostöölepinguid ja omab häid kontakte paljude keskustega (Pariis, Twente, Eindhoven, Helsingi, Uppsala, Grenoble, Lyngby, Torino, Aachen, Wrocław, Hong Kong, Budapest, Loughborough).

MPAK teadurid on leidnud märkimist A v Humboldti Fondi poolt, Marie Curie Fondi poolt (2 järel doktorit), ja Fulbrighti Fondi poolt. Eestis on hea koostöö KBFI, TÜ, TTÜ MSI, TTÜ GI, Tallinna Diagnostikakeskusega. Lepingud Mere- teede Ameti ja Tallinna Sadamaga käsitlevad laineväljade analüüsi.

Viimase viie aasta jooksul on kaitstud 5 PhD kraadi ja praegu on 8 PhD kraadiõppurit MPAK tiiva all. On organiseeritud rahvusvahelisi koole (2003. a Klaasipingete Kool, doktorikool "Mittelineaarsed protsessid mereteaduses").

MPAK ühtses võrgus töötab 32 Athlon tüüpi arvutist koosnev klaster. Fotoelastsuse laboris on heal tasemel polariskoobid ning unikaalne seade magnetofotoelastsus katseteks.

MITTELINEAARSED LAINED

Uurimistöö põhieesmärgiks on laineleviga kaasnevate keerukate mittelineaarsete nähtuste olemuse selgitamine ja nende mõistmine koos saadud uue informatsiooni kasutamisega rakendustes nii materjaliteaduses kui ka hüdrodünaamikas.

SOLITONIDE DÜNAAMIKA

Kasutades KdV-tüüpi mudeleid uuriti solitonide dünaamikat sellistes dispersiivsetes keskkondades, nagu sulamid või teatud mikrostruktuuriga granuleeritud materjalid, kus võivad mittelineaarsete ja dispersiivsete efektide omavahelise tasakaalu tõttu formeeruda ja eksisteerida solitonid.

Põhitulemused: (i) näidati, et eksisteerivad peidetud solitonid ja solitonide ansamblid, (ii) selgitati solitonide võimendumise mehhanism jõuväljas (vt joonis 1) ja (iii) tuvastati solitonide pikaajalisel levil tekkivad trajektoore koherentsed mustrid.

Madalas vees on dispersioon põhjustatud vee kihi lõplikust paksusest. Solitonide interaktsiooniprotsessi kirjeldamiseks võeti kasutusele interaktsioonisolitonide mõiste (vt joonis 2). Näidati kuidas konstrueerida interaktsioonimustrit ja kasutada seda pöördülesannete lahendamisel, näiteks lainete omaduste (eelkõige amplituudide) määramisel aerofotode põhjal.

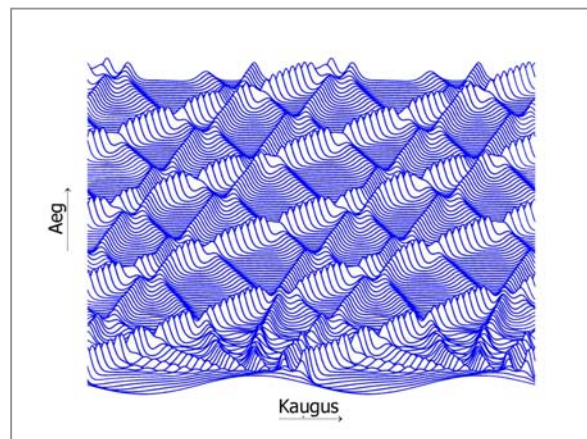
Koostööpartnerid: Pariisi 6. Ülikool, Twente Ülikool, TTÜ MSI.

TERMOMEHAANILINE MODELLEERIMINE

Lainelevi ja faasiirdefrontide analüüs termoelastsetes materjalides nõuab detailseid termodünaamilisi mudeleid. Uuriti lainete ja faasiülemineku frontide levi termoelastsetes materjalides. Lähtudes pideva keskkonna mehaanikast tuletati efektiivne numbriline algoritm, mis võimaldab arvestada materjali diskreetset struktuuri (singulaarsusi). Algoritmi täpsus garanteeritakse spetsiaalsete termodünaamiliste kontaktuurustega, mis tagavad algoritmi vastavuse termodünaamika seadustele. Kirjeldati surveaine mõju faasiülemineku frontide levile (vt joonis 3) ja määrati pingeväli funktsionaalselt skaleeritud materjalis. Tulemused on rakendatavad tehnoloogiliste protsesside projekteerimisel.

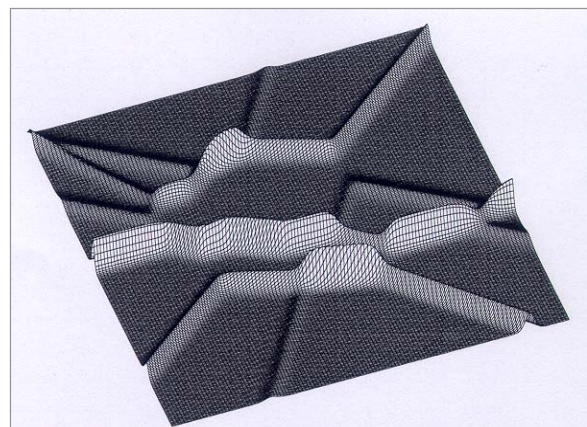
Joonis 3.

Vasakpoolsele äärepinnale rakendatud impulss-tüüpi pingest põhjustatud martensiidi ja austeniidi vahelise faasiipiiri nihe (roheline joon). Faasiipiiri ebahühtlus on põhjustatud nihkedeformatsioonist.



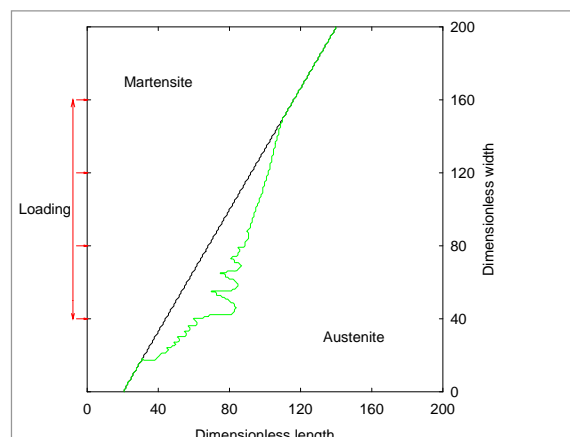
Joonis 1.

Harmoonilisest häiritusest tekkivate solitonide formeerumine jõuväljas. Teatud transformatsiooni aja möödudes tekib võimendatud solitonidest koherentne muster.



Joonis 2.

Viie kahemõõtmelise solitoni interaktsioon veepinnal. Selgelt on näha suurema amplituudiga interaktsioonisoliton ja keerukas interaktsioonimuster.



AKUSTODIAGNOSTIKA

Arendati uut ideed materjalide omaduste mittepurustavaks määramiseks mittelineaarsete ultrahelilainete abil. Esitati pideva keskkonna mehaanikal baseeruv meetod, mis võimaldab määrata (i) ruumis muutuva eelpingevälja parameetreid (vt joonis 4) ja (ii) mittelineaarsete elastsete materjalide mittehomogeenseid füüsikalisi omadusi. Uus lähenemisviis kasutab kahe sondeeriva laine interaktsioonist saadavat informatsiooni. Formuleeriti resonantsmeetod, mis põhineb häiritussageduse ja interaktsiooni-amplituudi vahelisel seosel mittehomogeenses materjalis. Uuringud moodustavad osa Euroopa TF programmist NATEMIS. Koostööpartner: Fraunhofer'i IZFP Saarbrückenis.

LÖÖK. KLAVERI HAAMRID

Klaverihaamri modelleerimisel osutub kriitiliseks vildi kui hüstereetilise materjali kirjeldamine.

Töötati välja klaverihaamri uus matemaatiline mudel. Selle katseliseks kontrollimiseks. Konstrueeriti spetsiaalne katseseade (vt foto).

Tihedas koostöös Tallinna Klaverivabrikuga teostatavate uuringute eesmärgiks on tõsta seal toodetavate tiibklaverite kvaliteeti.

PERSPEKTIIVID

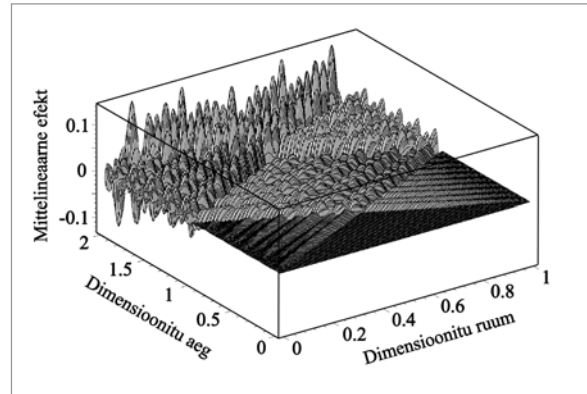
Edaspidised uuringud on suunatud mikrostruktuuriga materjalide ja dispergeeruvate lainete dünaamika kuumade probleemide lahendamisele. Uuritakse funktsionaalselt skaleeritud materjale, tuletatakse uusi materjalide mittepurustavate katsetuste meetodeid, mis baseeruvad pideva keskkonna korrektsel modelleerimisel, selgitatakse välja solitonide komplekside tekkimise mehhanismid, antakse selgitus anomaalsetele ja ekstremaalsetele laineväljadele veepinnal.

Mittelineaarsete lainete komplitseeritus sisaldab hulgaliselt uusi nähtusi, millede kirjeldamiseks töötatakse välja üldine teoreetiline baas ja lahendatakse numbriliselt testprobleemid. Väljakutseks on (i) aeg-ruumiline kaos ja spektraalanalüüs Farey järjestuse formalismi abil solitonide tekkemehhanismi selgitamisel ja (ii) hierarhilised dispersioonimehhanismid mikrostruktuursetes materjalides.

PUBLIKATSIOONE

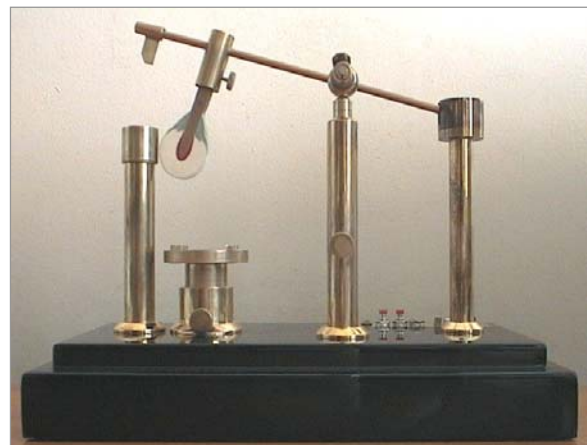
Berezovski, A., Engelbrecht, J., Maugin, G. A. Numerical simulation of two-dimensional wave propagation in functionally graded materials. Eur. J. Mech. Solids 22(2), 257-265 (2003).

Berezovski, A. Engelbrecht, J., Maugin, G. A. Thermoelastic wave propagation in inhomogeneous media. Arch. Appl. Mech. 70, 694-706 (2000).



Joonis 4.

Mittelineaarsete efektide interaktsioon eelpingega tahkises: kahe äärepinna samaaegsest häiritusest tekitatud teise harmooniku evolutsioon ja interaktsioon. Selgelt eristub amplituudide võimendamine lainete interaktsiooni piirkonnas.



Klaverihaamrite parameetrite mõõtesead. Katsete tulemina koostatakse sõltuvused jõud – kokkusurutavus ja määratakse vildi hüstereetilised parameetrid.

Berezovski, A., Maugin, G.A. Simulation of thermoelastic wave propagation by means of a composite wave-propagation algorithm. J. Comp. Physics 168, 1, 249-264 (2001).

Berezovski A., Maugin G. A. Thermoelastic wave and front propagation. J. Thermal Stresses 25, 8, 719-743 (2002).

Peterson P. Reconstruction of multi-soliton interactions using crest data for (2+1)-dimensional KdV type equations. Physica D 171, 4, 221-235 (2002).

Peterson, P., Groesen, E. van. A direct and inverse problem for wave crests modelled by interactions of two solitons. Physica D 141, 316-332 (2000).

Ravasoo A. Nonlinear longitudinal waves in inhomogeneously predeformed elastic media. *J. Acoust. Soc. Am.* 106, 6, 3143-3149 (1999).

Ravasoo, A., Lundberg, B. Nonlinear interaction of longitudinal waves in an inhomogeneously pre-deformed elastic medium. *Wave Motion* 34, 2, 225-237 (2001).

Salupere, A., Engelbrecht, J. and Peterson, P. On the longtime behaviour of soliton ensembles. *Math. Comp. Simul.* 62, 137-147 (2003).

Salupere A., Peterson P., Engelbrecht J. Long-time behaviour of soliton ensembles. Part I Emergence of ensembles. *Chaos, Solitons & Fractals* 14, 1413-1424 (2002); Part II, Periodical patterns of trajectories. *Chaos, Solitons & Fractals*, 15, 29-44 (2003).

Stulov A. Experimental and theoretical studies of piano hammer. In: Bresin, R. (Ed.) *Proc. of SMAC 03, Stockholm Music Acoustic Conference 2003 Stockholm, I*, 175-178 (2003).

FRAKTAALSUS JA BIOFÜSIKA

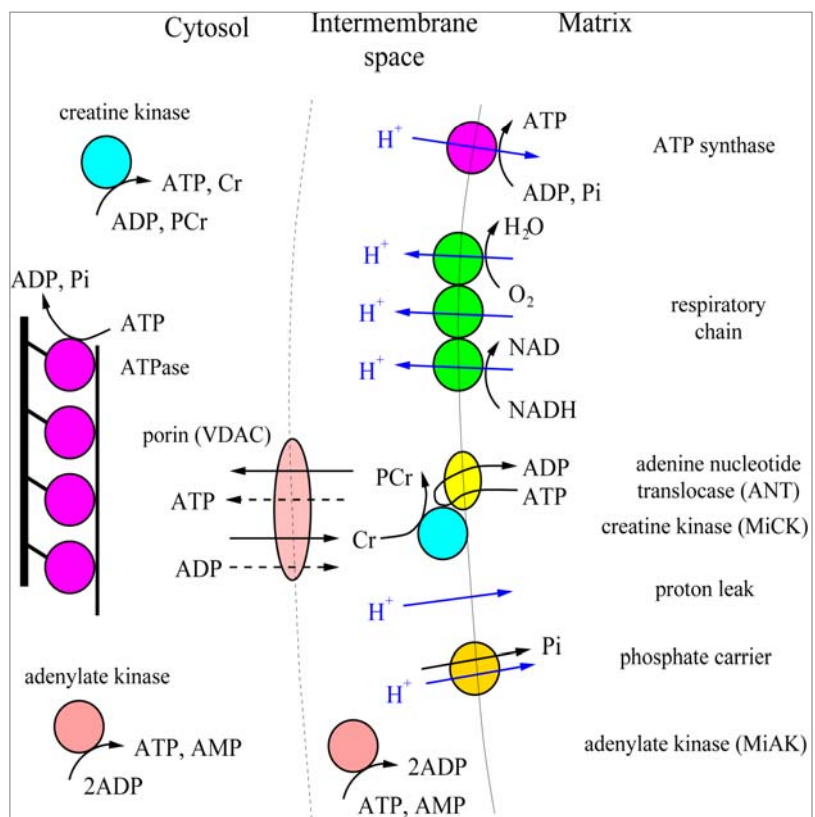
Uurimistöö põhieesmärgiks on looduslike protsesside keerukuse mõistmine ja nende protsesside kirjeldamine, mis jäävad väljaspoole klassikalise monodistsiplinaarse füüsika haaret.

AINEVAHETUS JA KONTRAKTSIOON TERVES NING HAIGES SÜDAMES

Peamist lihaserakkude energiakandjat ATP-d sünteesitakse mitokondris ning kasutatakse raku kontraktsiooniks ja rakusisese ioontasakaalu hoidmiseks. Viimastel aastakümnetel on palju diskuteeritud mehhanismide üle, mis reguleerivad ATP tootmist, et tasakaalustada ATP tarbimist muutuva töökoormuse juures. Osutub, et raku käitumine on keerukam kui võiks eeldada

tema komponentide käitumisest laboritingimustes – rakk on rohkem kui lihtsalt osiste summa. Seetõttu on rakusiseste protsesside keeruka vastasmõju uurimiseks sobiv kasutada arvutimudeleid. Oleme välja töötanud mudeli, mis simuleerib ATP tootmist, transporti ja tarbimist südamelihase rakkudes (vt joonis 5).

Täiendades biokeemiliste reaktsioonide mudelit peamiste raku osiste struktuurse infoga oleme välja pakkunud töötava südamelihase raku reaktsiooni-difusioonimudeli. Simulatsioonid selle mudeliga on heitnud uut valgust makroergiliste fosforühendite kompartmentatsioonile südamelihases nii füsioloogilises kui patoloogilises



Joonis 5. Biokeemiliste protsesside skemaatiline kujutamine südameraku reaktsiooni-difusiooni mudeli puhul.

lises olukorras. Viimasel ajal tegeleme antud mudeli integreerimisega kogu südame 3D kontraktsioonimudelisse. Selline mudel on sobiv isheemilise või infarkti läbi teinud südame kontraktsiooni uurimiseks.

SÜDAME ELEKTRILINE AKTIVATSIOON: ARÜTMIAD JA BISTABIILSUS

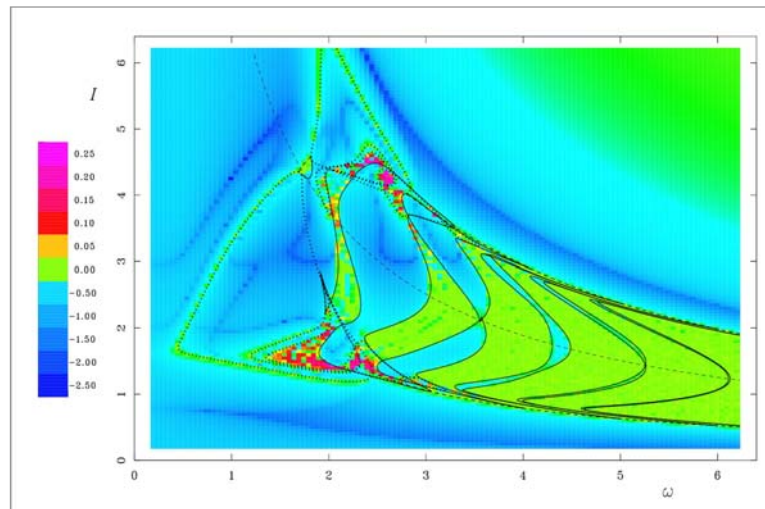
Haige süda võib käituda bistabiilselt, kus normaalne funktsioneerimine vaheldub nn reentry-tüüpi tahhükardiaga. Mittelineaarse dünaamika seisukohalt võib neid kaht töörežiimi vaadelda kui kooseksisteerivaid atraktoreid, sest muutmata väliseid faktoreid võib süda toimida ükskõik kummas neist. Üleminek ühest režiimist teise toimub tavaliselt häiringute toimetel nagu ektoopiline pulss või siis südamestimulaatori või defibrilaatori pulss. Nn reentry-tüüpi tahhükardia on võimalik ainult piisava suuruse ja geometriaga koes, milles on sobiv aktivatsioonifrondi levimise kiirus ja repolarisatsiooniaeg. Me modifitseerisime van der Poli tüüpi närviimpulsi levimise mudelit, et simuleerida elektrilise aktivatsiooni levimist nn. Purkinje kius (Purkinje kiud juhivad aktivatsiooni vatsakesesse). Selle mudeli abil suutsime esmakordselt näidata keerukate bifurkatsioonistsenaariumide võimalikkust Purkinje kius (vt joonis 6) nagu näiteks bistabiilsuseni viivad globaalsed bifurkatsioonid, ilma nn reentry-tüüpi mehhanismita.

ISEORGANISEERUVALT KRIITILISTE (IOK) SÜSTEEMIDE STATISTILINE TOPOGRAAFIA

Mitmete IOK süsteemide puhul saab süsteemi jaoks olulisi omadusi kirjeldada juhuslike eneseafiinsete (või multiafiinsete) pindade ja enesesarnaste (või multifraktaalsete) kontuurjoonte abil. Niisuguste pindade ja joonte näiteks võib tuua faasieralduspinnad mitmesuguste kasvumudelite puhul, mitmesuguste materjalide murdepinnad, turbulentsse kiirusvälja voolujooned, geoloogiliste maastike pinnad, piirgradiendiga pinnad, passiivse skaalari samatiheidusjooned, pilve perimeeter, turbulentsne vedelikupinna virvendus jne. Selliste pindade ja joonte geomeetriliste omaduste statistilist uurimist nimetatakse statistiliseks topograafiaks.

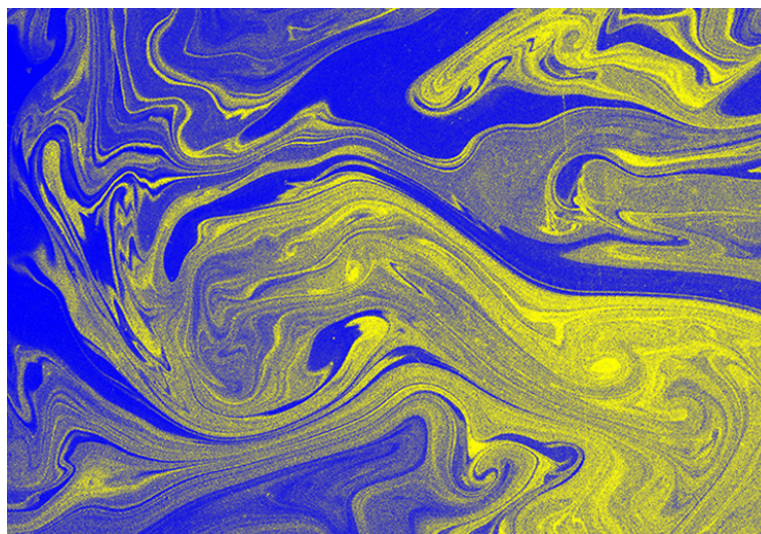
Meie viimase aja uuringute tulemustest märkigem järgmisi. Koostasime kaootiliselt seguneva passiivse skaalari multifraktaalsete omaduste kirjeldamiseks adekvaatse lihtsa mudeli (vt joonis 7). See mudel on rakendatav reostusaine, temperatuuri jms jaotuse kirjeldamiseks turbulentses voolus. Mudel võimaldab samuti hinnata keskkonnaohtlikest leketest tulenevaid riske. Lisaks eelnenule töötasime välja juhuslike eneseafiinsete pindade statistiliste omaduste efektiivseks numbriliseks analüüsiks sobiva 4-ti-

pu (4T) mudelining geoloogiliste maastike evolutsiooni kirjeldava piirgradiendiga pindade mudeli, mis on heas kooskõlas reaalsete maastike kõige üldisemate omadustega (nt diferentsiaalse karedusastmenäitaja mastaabi-tundlikkus). Lõpetuseks, võtsime kasutusele statistilise topograafia jaoks uue mõiste "ookeani rannajoon", mis negatiivse karedusastmenäitaja puhul on ekvivalentne perkolatsiooniklastriga.



Joonis 6.

Ljapunovi astmenäitaja kaart südame elektrijuhtivust modelleeriva perioodiliselt häiritud närviimpulsi võrandi jaoks. Punane värv viitab kaootilisele režiimile.



Joonis 7.

Algselt sileda värvainevälja segamine kaootilise sileda kiirusvälja poolt viib keerulise multifraktaalse värvainejaotuse moodustumiseni.

Käesolevatest ja plaanitud uurimisteemadest mainigem negatiivse kareduastmenäitajaga pindade statistiliste omaduste numbrilist uurimist, 4T-mudeli rakendamist passiivse skaalari transpordi uurimiseks kvaasistatsionaarses kiirusväljas, difusiooni numbrilist ja analüütilist uurimist turbulentse energiaspektri olemasolu korral ning geofüüsikalisi rakendusi.

MITTELINEAARSETE AJAJADADE ANALÜÜS

Mittestatsionaarsed ajajadad on oma sed väga erinevatele protsessidele, nt südame löögisagedus, aju elektriline aktiivsus (EEG), saju intensiivsus, geotektooniline aktiivsus, majanduslikud ajajadad jne. Standardsed lineaarsed statistilised mõõdud on neil puhkudel täiesti ebaadekvaatsed. Ka mittelineaarse deterministliku dünaamika mudelitel baseeruvad mõõdud pole sobilikud, üldtunnustatult peetakse sobivaimaks lähenemiseks multifraktaalset formalismi.

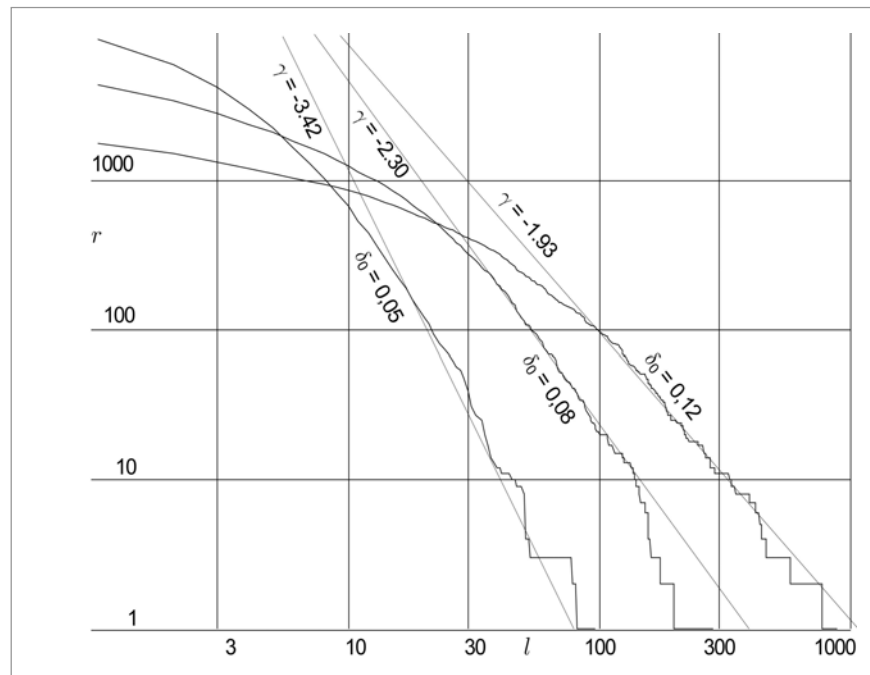
Meil õnnestus näidata, et tegelikult pole ka pelk multifraktaalne analüüs ammendav, olulisimaks puuduseks on madala muutlikkusega perioodide pikaajaline klasterdumine. Antud aspekti kirjeldamiseks võtsime kasutusele madalamuutlikkusega perioodide pikkusjaotust kirjeldava multiskaleeruva Zipf'i seaduse (vt joonis 8.).

Südamelöögi sageduse muutlikkuse kirjeldamisel pakub antud meetod olulist diagnostilist informatsiooni; ta on samuti rakendatav majanduslike ajajadade puhul. Peale selle oleme uurinud deterministliku kaose ekslikku detekteerimist põhjustavaid asjaolusid: õnnestus näidata, et südametöö ja hingamise rütmide vaheline moodi-lukustumine mängib olulist rolli mitmesuguste struktuuride moodustumisel rekonstrueeritud faasiruumis. Käimasolevatest uuringutest mainigem juhumuutlike ajajadade analüüsiks mõeldud teadaolevate meetodite võrdlevat analüüsi ning Lévi lendude rolli uurimist südamerütmi dünaamikas. Praktilise väljundi tagab koostöö Tallinna Diagnostikakeskusega.

PUBLIKATSIOONE

Kalda J. Simple model of intermittent passive scalar turbulence. *Phys. Rev. Lett.* 84, 471-474 (2000).

Kongas O., von Herten R., Engelbrecht J. Periodically driven nerve pulse equation model-



Joonis.8.

Südamelöögi sageduse madalamuutlikkusega perioodide pikkusjaotust kirjeldab multiskaleeruv Zipf'i seadus: skaleerumise astmenäitaja γ sõltub parameetrist δ_0 .

ling cardiac conduction. *Chaos, Solitons & Fractals* 10,119-136 (1999).

Saks, V., Lemba, M., Vendelin, M. et al., Heterogeneity of ADP diffusion and regulation of respiration in cardiac cells. *Biophys. J.* 84(5), 3436-3456 (2003).

Säkki, M., Kalda, J., Vainu, M., Laas, M. What does measure the scaling exponent of the correlation sum in the case of human heart rate? *Chaos* 14(1), 138-144 (2003).

Vendelin M., Bovendeerd P. H. M., Arts T., Engelbrecht J., van Campen D.H. Cardiac mechanoenergetics replicated by cross-bridge model. *Ann. Biomed. Eng.* 28. 629-640 (2000).

Vendelin M., Bovendeerd P. H. M., Engelbrecht J., Arts T. Optimizing ventricular fibres: uniform strain or stress, but not ATP consumption, leads to high efficiency. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 283, H1072-H1081 (2002).

Vendelin, M. Bovendeerd, P. H., Saks, V., Engelbrecht, J. Cardiac mechanoenergetics *in silico*. *Neuroendocrinol. Lett.* 23, 1, 13-20 (2002).

Vendelin, M., Kongas, O., Saks, V. Regulation of mitochondrial respiration in heart cells analyzed by reaction-diffusion model of energy transfer. *Amer. J. Phys. Cell Physiol.* 278(4), 747-764 (2000).

GEOMEETRIA JA DÜNAAMIKA

Uurimistöö eesmärgiks on lõpmatu "jet-ruumi" (funktsioon "jet" moodustub selle tuletiste väärtuste jadast mingis punktis) universaalsete omaduste uurimine.

Tõestatud teoreem "jet-ruumi" universaalsusest võimaldab uurida muutkonnal M mitmesuguseid diferentsiaaloperaatoreid (laplasiaan, hessiaan, seostuse kõverustensor) ning nende sümmeetriaid. Sümmeetriate tundmine omab erilist tähtsust, kui on tarvis arvutada integreeruvustegureid, leida uusi võimalusi või paljundada diferentsiaalvõrrandite lahendeid ning (esimesi) integraale, jätkata rühma operaatoreid või uurida kujutuste singulaarsusi. Tulemusena avaneb uudne nägemus diferentsiaalvõrrandite ja dünaamiliste süsteemide omapärast, seostustest kihtruumides, Lie rühmade esitustest ning invariantidest. Ilmnevad seosed klassikaliste teooriate vahel (kõrgemat järku di-

ferentsiaalgeomeetria, mähispinnad ja katastroofid, singulaarsuste stabiilsus, pideva keskkonna mehaanika).

PUBLIKATSIOONE

Abramov V., Kerner R. On certain realizations of the q -deformed exterior differential calculus. Rep. on Math. Phys. 43, 1/2, 179-194 (1999).

Abramov V., Kerner, R. Exterior differentials of higher order and their covariant generalization. J. Math. Phys. 41, 5598-5614 (2000).

Rahula M. Exponential law in the Lie-Cartan calculus. Rendiconti del Seminario de Messina. Ser- II, XIV, 3, 231-250 (1999).

Rahula, M. Loi exponentielle dans le fibré des jets, symétries des équations différentielles et repère mobile de Cartan. Balkan J. of Geometry and its Applications 5(1), 133-140 (2000).

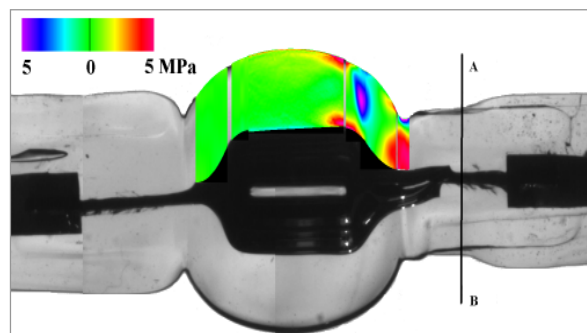
MITTELINEAARNE INTEGRAALNE FOTOELASTSUS

Uuringute eesmärgiks on laiendada integraalse fotoelastsuse võimalusi ruumiliste pingelekute mittepurustaval määramisel. Tulemuste rakendamise valdkonnaks on eelkõige jääkpingete mõõtmine klaastoodetes. Probleemi mittelineaarsus tuleneb sellest, et üldjuhul on seosed pingevälja parameetrite ja katsetulemuste vahel mittelineaarsed. Täiendav mittelineaarsus tuleneb valguskiirte kõverdumisest mittehomogeenses kaksikmurdivas keskkonnas.

Esimesel etapil uuritakse integraalse fotoelastsuse võrrandite lineariseeritud lahendi kasutuspiirkonda. On näidatud, et telgsümmeetriliste klaastoodete (pudelik, joogiklaasid, kinesiokoopide kaelatorud, jne) jääkpingete mõõtmisel annab lineaarne lähendus enamasti usaldusväärseid tulemusi. Koostamisel on algoritm, mis arvestab põhiseoste mittelineaarsust.

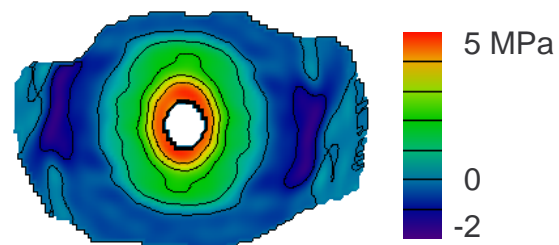
Lineaarses lähenduses on realiseeritud ka meelevaldse pingevälja tomograafiline mõõtmine fotoelastsusmeetodi baasil. Meetod baseerub uuritava lõike ja selle paralleellõike läbivalgustamisel paljudes suundades fotoelastsusparameetrite mõõtmisega. Kui klassikaline tomograafia tegeleb skalaarväljade määramisega, siis pingete uurimisel tuleb määrata tensorväli.

See keerukas tensorvälja tomograafia ülesanne on õnnestunud dekomponeerida skalaarvälja



Joonis 9.

Kõrgsurve lambi geometria ja telgpingete jaotus telgsümmeetrilises osas (keskel).



Joonis 10.

Telgpingete jaotus lõikes AB. Määratud tomograafiliselt kasutades 180 erinevat läbivalgustamise suunda. Valge laik keskel on elektrood.

tomograafia ülesanneteks üksikutele pingetensori komponentidele. Meetod on Küberneetika Instituudi fotoelastsuse laboratooriumis realiseeritud automaatpolariskoobi AP-05 SM baasil, mis on varustatud katsekeha automaatse pööramise seadmega.

Näitena on joonisel 9 näidatud ühe kõrgsurve lambi geometria ning joonisel 10 fotoelastsustomograafiaga määratud pingeväli.

PUBLIKATSIOONE

Aben, H., Ainola, L., Anton, J. Integrated photoelasticity for nondestructive residual stress measurement in glass. *Optics Lasers Eng.* 33, 49-64 (2000).

Aben, H., Anton, J., Errapart, A. Automatic measurement of residual stresses in glass articles of complicated shape. *Verre* 9, 44-49 (2003).

Aben, H., Anton, J., Errapart, A. Measuring of tempering stresses in axisymmetric glass articles. *Proc. 2nd Internat. Colloquium on Modelling of Glass Forming and Tempering.* Valenciennes 276-281 (2002).

Aben, H., Errapart, A., Ainola, L., Anton, J. Photoelastic tomography in linear approximation. *Proc. Internat. Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics.* Nagoya, 6p. (CD) (2003).

Ainola, L., Aben, H. Alternative equations of magnetophotoelasticity and approximate solution of the inverse problem. *J. Opt. Soc. Am. A* 19, 1886-1893 (2002).

Ainola, L., Aben, H. Transform equations in polarization optics of inhomogeneous birefringent media. *J. Opt. Soc. Am. A* 18, 2164-2170 (2001).

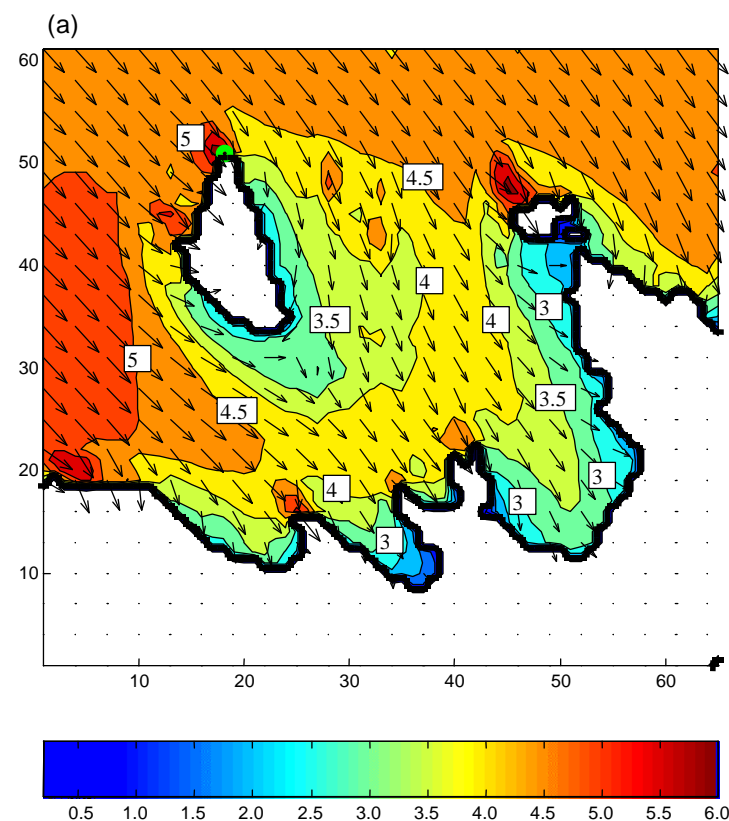
LAINED MEREKESKKONNAS

Töörühma huvid hõlmavad peamiselt mitmesuguseid mittelinearseid nähtusi erinevates lainesüsteemides realistlikus merekeskkonnas. Lainetevahelisest vastasmõjust tingitud muutusi paljukomponendilistes lainesüsteemides uuritakse nõrgalt mittelineaarsete lainete interaktsioonide kineetilise teooria raames. Sagedaseks uurimisobjektiks on Rossby lained (atmosfääris ja ookeanis esinevad suuremastaabilised lainelised liikumised). Täpsustatakse tuulelainete mudeleid, eelkõige Läänemere pinnalainete spetsiifika ja anomaaliate paremaks kirjeldamiseks. Viimastel aastatel on rühma huvifääri sattunud kiirlaevade poolt tekitatud lainete spetsiifilised omadused.

HUVITAVAD UURIMISVALDKONNAD

Mitmeid lainesüsteeme (Rossby lained ja siselained ookeanides ning atmosfääris) tuleb kirjeldada erinevatesse vertikaalsetesse moodidesse kuuluvate komponentide superpositsioonina. Lainetevahelise energiavahetuse intensiivsus sõltub siis nii interaktsiooni- kui ka siduskoefitsientidest. Viimased kirjeldavad moodidevahelise energiavahetuse intensiivsust. Multimodaalse kineetilise võrrandi näitena analüüsitakse mitmekihilises ookeanis levivate Rossby lainete vahelist energiavahetust kirjeldavat võrrandit.

Selle lainesüsteemi iseärasuseks on, et eri moodidesse kuuluvad lained võivad olla ühesuguste perioodidega. Tuletati siduskoefitsientide ilmutatud avaldised kolmekihilise keskkonna

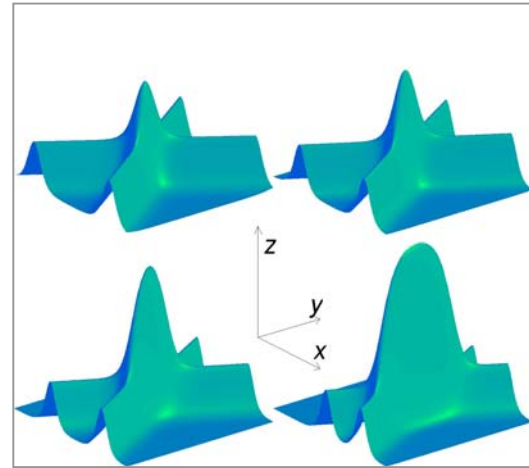


Joonis 11. Oluline lainekõrgus (m) ja lainete leviku suund Tallinna lähel ekstreemse loodetormi haripunktil 15.11.2001.

jaoks. Näidati, et kihtide teatava paksuse puhul osa moodsivahelisest energiavahetusest hääbub. Tuletati hääbumise piisavad ja tarvilikud tingimused. Kõige ulatuslikum hääbumine leiab aset siis, kui keskmine kiht moodustab poole mere sügavusest ning pinna- ja põhjakiht veerandi. Selline olukord on ebatavaline avaookeanis, kuid esineb võrdlemisi sageli Läänemeres.

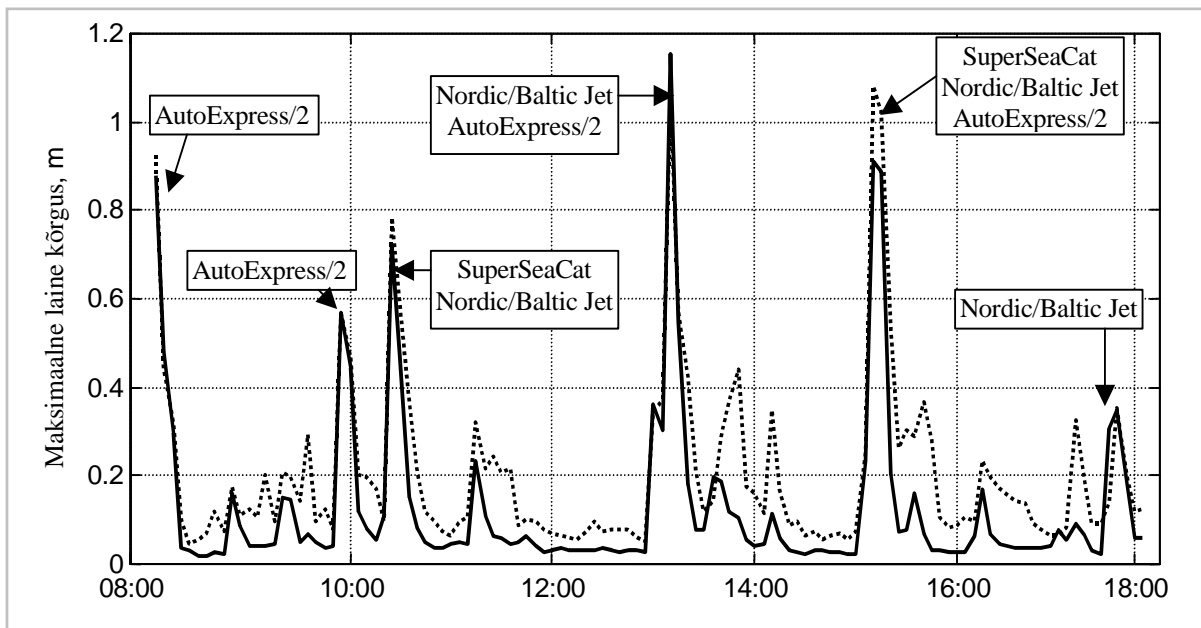
Kineetilise võrrandi termodünaamilisele tasakaalule vastavate analüütiliste lahendite hulga struktuur sõltub konkreetsest lainesüsteemist. Tõestati, et see struktuur sõltub põhiliselt sellest, kas interakteeruvate lainete arv on paaritu või paarisarv. Lainemõju jäävuse seadus kehtib ainult paarisarvu lainete interaktsiooni puhul. Teatavatel tingimustel eksisteerivad mitteanalüütilised ja/või negatiivsetele energiatele vastavad lahendid. Analüüsi selliste lahendite stabiilsust, füüsikalist mõtet ning realiseerumise võimalikkust.

Ajalooliste andmete baasil demonstreeriti, et tuule režiim nii Läänemere avaosas kui ka selle suuremates poolsuletud piirkondades on väga keerukas, kusjuures tuule esinemissagedus ning maksimaalne tuule kiirus erinevatest suundadest varieerub suurtes piirides. Tuuletingimuste anisotroopia omakorda mõjutab olulisel määral lainetuse tingimusi üksikutele merealadele. Tuule-



Joonis 13. Veepinna kaju ülipikaharjaliste solitonilaadsete lainete harjade lõikumise piirkonnas sõltuvalt harjade lõikumisnurgast.

lainete statistikat ning võimalikke lainekõrguse anomaaliaid uuriti kolmanda põlvkonna spektraalse lainemudeli WAM abil. Selgus, et teatavatel madalaveelistel aladel võib lainekõrgus tugevates tormides kuni 2 m võrra ületada lainekõrgust avamerel. Mitmetel merealadel sõltub lainetuse kliima palju enam tuuletingimuste anisotroopiast kui tuule jooksumaast või ranniku geometriast.



Joonis 12. Laevalainete pikalaineliste (perioodid > 5 s) osiste (pidevjoon) ja kogu laevalainete paketi (punktijoon) maksimaalne kõrgus Aegna kai lähistel 14.04.2002.

Kiirleavade liiklus Tallinna lahel on viimastel aastatel drastiliselt suurenenud. Suvel ületavad erinevad kiirleavad lahe kuni 70 korda päevas. Sageli sõidavad nad kriitilisele lähedase kiirusega ning tekitavad spetsiifilisi ülipikaharjalisi laineid.

Laevalainete osakaal lainetuse kogubilansis moodustab kuni 10% laineenergiast ning kuni 40% lainete võimsusest. Laevalainete kõrgeimate osiste kõrgus on sageli 1 m ning periood 10-15 s. Selliseid looduslikke laineid Tallinna lahel ei esine. Seetõttu tekitavad laevalained 5-20 m sügavuses vees ebaharilikult suuri vee kiirusi. Tiheda liikluse tõttu moodustavad laevalained Tallinna lahe dünaamikas uue olulise teguri, mille mõjul võivad kiireneda rannaprotsessid ning märgatavalt muutuda lahe ökosüsteemi funktsioneerimise tingimused.

Ülipikaharjaliste solitonilaadsete lainete interaktsiooni madalas vees analüüsiti Kadomtsev-Petviashvili võrrandi raames koostöös mitte-lineaarsete lainete töörühmaga (J. Engelbrecht, P. Peterson). Selliseid laineid, mis lõikuvad suhteliselt väikese nurga all, tekitavad sageli lähedastel kurssidel liikuvad kiirleavad. Lainesüsteem jagati primaarseteks laineteks ning nende poolt tekitatud interaktsioonisolitoniks.

Viimane reprodutseerib ebaharilikult suurt vee pinna hälvet laineharjade lõikumispiirkonnas ning on teatavas mõttes Machi tüve analoog.

MITTELINEAARNE SIGNAALITÖÖTLUS

Uurimistöö eesmärgiks on informatsiooni saamine füsioloogiliste süsteemide, eelkõige peaaju ja südame, seisundi kohta analüüsides neist lähtuvaid bioelektrilisi signaale. Füsioloogilised protsessid on oma olemuselt mittelineaarsed. Toimivad keerulised tagasiside- ja regulatsioonimehhanismid. Seetõttu on mittelineaarsete analüüsimeetodite tundmisel ja rakendamisel tähtis koht nende protsesside kirjeldamisel ja mõistmisel.

Bioelektrilised signaalid võime liigitada spon-taanseteks ja esile kutsutud signaalideks. Viimaste puhul on tegemist organismi vastega mingile teatud liiki stimulatsioonile, näiteks muutused elektroentsefalogrammis (EEG, aju bioelektrilist aktiivsust mõõtev signaal) visuaalse stimulatsiooni puhul.

Näidati, et lainete lõikumisel realistlikes tingimustes võib lainekõrgus üksikutel merealadel suureneda kuni neljakordseks lõikuvate lainete kõrgusega võrreldes.

TUNNUSTUSED

Riiklik teaduspreemia 2002. a tehnikateaduste alal: T. Soomere koos J. Elkeni (töörühma juht), T. Kõutsi, J. Kase ja U. Liiviga tööde paketi "Saaremaa süvasadama võimalike asukohtade hüdrodünaamilised ja geoloogilised uuringud".

PUBLIKATSIOONE

Peterson, P., Soomere, T., Engelbrecht, J., van Groesen, E. Interaction soliton as a possible model for extreme waves in shallow water. *Nonlin. Proc. Geophys.* 10, 6 503-510 (2003).

Soomere T. Anisotropy of wind and wave regimes in the Baltic Proper. *J. Sea Res.* 49, 4, 305-316 (2003).

Soomere, T. Coupling coefficients and kinetic equation for Rossby waves in multi-layer ocean. *Nonlin. Proc. Geophys.* 10, 4/5, 385-396 (2003).

Soomere, T. New insight into classical equilibrium solutions of kinetic equations. *J. Nonlin. Sci.* 11/4, 305-320 (2001).

Soomere, T., Zilitinkevich, S. S. Supplement to 'Third-order transport due to internal waves and non-local turbulence in the stably stratified surface layer'. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 128, 581A, 1029-1031 (2002).

MIKROLAINEKIIRGUSE JA VALGUS-STIMULATSIOONI MÕJU EEG SIGNAALILE, TÄHELEPANUVÕIMELE JA MÄLULE

Elektromagnetilise stimulatsiooni mõju mehhanismid ei ole siiani selged, küll aga pakuvad need huvi nii närvisüsteemi töö põhimõtete selgitamise kui ka ravimeetodite (psüühiliste haiguste ravi, taastusravi) täiustamise seisukohalt. Viimaste aastate jooksul on uurimisgrupp läbi viinud hulgaliselt katseid selle mõju väljaselgitamiseks. Need katsed jagunevad kahte kategooriasse: kiirguse mõju otsene uurimine EEG signaali põhjal ning kaudne uurimine psühholoogiliste testide abil. Mõlemal puhul on kasutatud väikese võimsusega (normidest umbes 10 korda nõrgemat) moduleeritud kiirgust sagedusega 450 MHz.

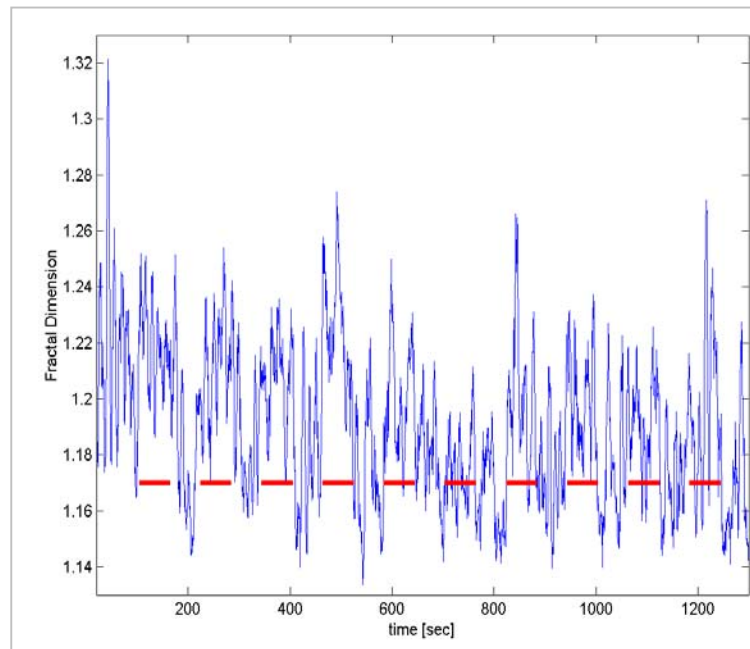
Rida katsete seeriaid on näidanud, et mikrolainekiirgus kui inimese poolt otseselt mittemunnetetav mõjur (mikrolainekiirguse sensor inimesel puudub) tekitab EEG signaali nivoos muutusi, mis on väiksemad kui valgusstimulatsiooni poolt tekitatud muutused, kuid statistiliselt siiski märgatavad. Kõige tugevam mõju on 7 Hz sagedusega moduleeritud kiirgusel. Lühiajalise stimulatsiooni (1 min) mõju on aju võimeline kompenseerima. Muutused EEG signaalis hakkavad ilmema kolmanda või neljanda kiiritustsükli jooksul. Sealjuures on mõju väga individuaalne. Kiirguse mõjul EEG signaali parameetrite hajuvus suureneb.

Huvitav on märkida, et lineaarsed signaalitöötamise meetodid (näiteks spektraalanalüüs) ei võimalda avastada väikesi lühiajalisi muutusi signaalis. Mittelineaarsete meetodite puhul aga (näiteks fraktaalidimensioon) on võimalik täheledada selget korrelatsiooni stimulatsiooni ja arvatatud parameetri väärtuse vahel (vt joonis 14).

Mikrolainekiirguse mõju inimese tähelepanuvõimele ja mälule oli erinev keerukamate ja lihtsamate testide juures. Võib arvata, et nõrk väline ärritaja (mikrolainekiirgus) tekitab ajus vastureaktsiooni, mis stimuleerib ajutegevust ja tulemused kergemate ülesannete lahendamisel paranevad. Raskemate ülesannete puhul aga aju ei suuda enam välist ärritajat kompenseerida ja tulemused halvenevad.

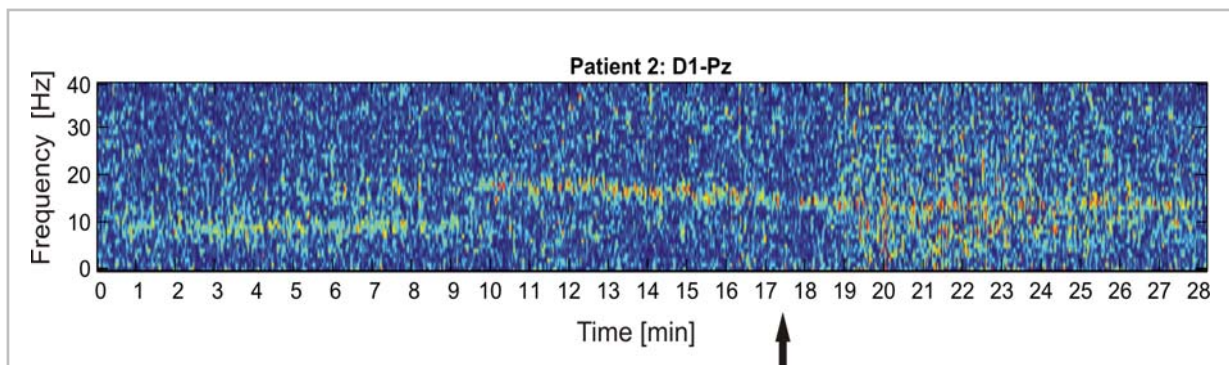
ANESTEESIA SÜGAVUSE HINDAMINE JA ANESTEESIAST TINGITUD NÄHTUSTE UURIMINE EEG SIGNAALI PÕHJAL

Anesteesia sügavust on traditsiooniliselt hinnatud kaudsete tunnuste järgi nagu näiteks patsiendi reaktsioon verbaalsele stimulatsioonile, motoorsed refleksid jne. Selline hindamine osutub siiski mõningatel juhtudel ebaadekvaatseks.



Joonis 14. EEG fraktaalidimensiooni korreleeruvus mikrolainekiirgusega (punasega märgitud lõigud).

Viimasel aastakümnel on esitatud mitmeid meetodeid mis võimaldavad anesteesia sügavust hinnata EEG signaali põhjal. Nenedest tuntuim on bispektraalindeks, mis on jõudnud ka tööstuslikult toodetavatesse anesteesia monitoridesse. Anesteesia sügavuse hindamine põhineb anesteesia kui nähtuse kirjeldamisel ja selle mõistmisel. Koostöös soome teadlastega uuritakse ühe levinuima moodsa anesteetiku, propofoli, mõju EEG signaalile. Hinnates koherentsust süvaelektroodilt (thalamuse piirkonnast) ja peanahalt mõõdetud signaali vahel leidsime me hiljuti huvipakkuva nähtuse: anesteesia süvenedes sünkroonse rütmi sageduses toimub hüpe 10 Hz piirkonnast 20 Hz piirkonda, misjärel sagedus aeglaselt väheneb (joonis 15).



Joonis 15. Süvaelektroodi ja peanahalt mõõdetud EEG vaheline koherentsus anesteesia käigus. Noolega on tähistatud hetk mil signaalis ilmneb sööst-supressioon.

Samuti uurisime me sügavas anestesias esineva sööst-supressiooni signaalimustri eri komponentide omavahelist sõltuvust püüdes neid lahutada sõltumatute komponentide analüüsi kasutades. Kuigi nende tulemuste füsioloogiline tähendus ei ole veel kaugeltki selge, on kirjeldatud nähtus oluliseks sammuks propofoli toime mehhanismide mõistmisel.

SÜDAME RÜTMIHÄIRETE DETEKTEERIMINE JA LIIGITUS

Südame rütmihäirete uurimine koostöös prantsuse ja poola teadlastega on andnud arvestatavaid praktilisi tulemusi südamestimulaatorite tüürimisalgoritmide osas. Uuringud on jätkunud eesmärgiga hinnata kardialese äkksurma enustamise võimalikkust. Uuringute sihiks on selgitada, kas on võimalik leida spetsiifilisi muutusi normaalses EKG signaalis enne vatsakeste tahhükardia või fibrillatsiooni poolt tekitatava eluohtliku rütmihäire tekkimist. Peamiselt uuriti südame repolarisatsioonifaasi (ajaintervall, peale südame elektrilist aktivatsiooni, mille käigus südame lihased taastuvad järgmiseks kokkutõmbeks). Üks huvitavamaid parameetreid selles osas on nn RT-lõigu kestus, mis iseloomustab südame taastusfaasi esimesi momente ja kust saavad alguse enamuse eluohtlikest rütmihäiretest. Repolarisatsioonifaasi parameetrite uurimiseks kasutati aproksimaalset entroopiat kui meetodit mis eristab andmeajasid regulaarsuse mõõdu järgi. Tulemused näitavad, et aproksimaalse entroopia väärtused suurenesid ja selle ööpäevane dünaamika vähenes ventrikulaarsete rütmihäirete kasvuga. Praegused tulemused lubavad väita, et suurema äkksurma riskiga patsientide puhul toimuvad spetsiifilised muutused EKG signaalis juba enne rütmihäirete ilmnemist. Käesolev töö toimub koostöös Eesti Kardioloogia Instituudi ja Tallinna Diagnostikakeskusega.

Edasised uuringud on suunatud mittelineaarsete signaalitöötlusmeetodite kasutamisele olemasoleva EEG andmebaasi signaalide analüüsiks ja katsete teostamisele, mis on otseselt suunatud erinevate mõjurite toimemehhanismide selgitamisele ajus.

PUBLIKATSIOONE

Blinowska, A., Pencionelli, A., Bardossy, A., Ollitreal, J., Walkanis, A., Wojtasik, A., Jaworski, Z., Wielgus, A., Sadowski, M., Hinrikus, H., Meigas, K., Lass, J., Kaik, J. Non-linear transfer electronic device and use thereof in a control device, international patent application publication number WO 00/52630, publ. 08.09.00.

Lass, J., Kaik, J., Meigas, K., Hinrikus, H., Blinowska, A. Evaluation of the quality of rate adaptation algorithms for cardiac pacing. *Europace* 3, 221–228 (2001).

Lass, J., Tuulik, V., Hinrikus, H. Modulated micro-wave effects on EEG alpha-waves. *Med. Biol. Eng. Comput.* 37: S105-108 (1999).

Lass, J., Tuulik, V., Ferenets, R., Riisalo, R., Hinrikus, H. Effects of 7Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int. J. Rad. Biol.* 78, 10, 937-944 (2002).

Lipping, T., Ferenets, R., Puumala, P., Suominen, K., Karvonen, E., Sonkajärvi, E., Alahuhta, S., Heikkinen, E., Erola, T., Baer, G., Jäntti, V. EEG independent component and coherence analysis from scalp and depth electrodes during propofol anesthesia. In: *Proc. of the 25th IEEE EMBS Annual Intern. Conference, Cancun, Mexico, September 17-21, 2471-2474* (2003).

EESTI KÄITUMIS- JA TERVISETEADUSTE KESKUS

Juht prof Jaanus Harro
Tartu Ülikooli Psühholoogia osakond, Tiigi 78, 50410 Tartu
Tel. +372 737 5911
Faks + 372 737 5900
Jaanus.Harro@ut.ee
<http://psych.ut.ee/~ekttk/>

UURIMISRÜHMAD

TAJU JA ISIKSUS
Juht prof Jüri Allik
TÜ psühholoogia osakond
Tiigi 78, 50410 Tartu
Tel. +372 737 5905
Faks +372 737 5900
Juri.Allik@ut.ee

PSÜHHOFÜSIOLOOGIA
Juht prof Jaanus Harro
TÜ psühholoogia osakond
Tiigi 78, 50410 Tartu
Tel. +372 737 5911
Faks +372 737 5900
Jaanus.Harro@ut.ee

ARENGU- JA KOOLIPSÜHHOLOOGIA
Juht prof Eve Kikas
TÜ psühholoogia osakond
Tiigi 78, 50410 Tartu
Tel. +372 737 5902
Faks +372 737 5900
Eve.Kikas@ut.ee

TAJU JA TEADVUS
Juht prof Talis Bachmann
TÜ Õigusinstituut
Kaarli pst 3, 10119 Tallinn
Tel. +372 627 1891
Faks +372 627 1889
Talis.Bachmann@ut.ee

PEREKOND JA HEAOLU
Juht prof Dagmar Kutsar
TÜ sotsioloogia osakond
Tiigi 78, 50410 Tartu
Tel. +372 737 5929
Faks +372 737 5900
dagmarkutsar@hotmail.com

SUITSIDOLOOGIA
Juht prof Airi Värnik
Eesti-Rootsi Suitsidoloogia Instituut
Pärnu mnt 104, 11312 Tallinn
Tel. +372 650 6188
airiv@online.ee

BIOSTATISTIKA JA TERVISETEENUSED
Juht prof Raul-Allan Kiivet
TÜ tervishoiu instituut
Ravila 19-4085, 50311 Tartu
Tel. +372 737 4191
Faks +372 737 4192
Raul.Kiivet@ut.ee

TERVIST MÕJUTAV KÄITUMINE
Juht dr Maarike Harro
Tervise Arengu Instituut
Hiiu 42, 11619 Tallinn
Tel. +372 651 4381
Faks +372 670 6814
Maarike.Harro@tai.ee

ÜLD- JA MOLEKULAAREPIDEMIOLOOGIA
Juhid prof Mati Rahu, prof Toomas Veidebaum
Tervise Arengu Instituut
Hiiu 42, 11619 Tallinn
Tel. +372 651 4300
Faks +372 651 4381
Toomas.Veidebaum@tai.ee, Mati.Rahu@tai.ee

KINANTROPOMEETRIA
Juht prof Toivo Jürimäe
TÜ kehakultuuriteaduskond
Jakobi 5-115, 51013 Tartu
Tel. +372 737 5372
Faks +372 737 5373
Toivo.Jurimae@ut.ee

TOITUMISE JA SPORDIFÜSIOLOOGIA
Juht prof Vahur Ööpik
TÜ kehakultuuriteaduskond
Jakobi 5-305, 51013 Tartu
Tel. +372 737 5366
Faks +372 737 6366
Vahur.Oopik@ut.ee

Nüüdisajal arenevad üha kiiremini kaks ühiskonnale suure praktilise tähtsusega väga laiaulatuslikku ja multidistsiplinaarset teadusvaldkonda – käitumisteadused (*behavioural sciences*) ja terviseteadused (*health sciences*), millele on oma väga suur metodoloogiline mitmekülgus.

Samas on nende suundade metodoloogiline arsenal ja vahel ka põhilised uurimisküsimused sarnased. Eesti Käitumis- ja Terviseteaduste Keskuse (EKTTK) eesmärgiks on tagada maailmatasemel teadustööks vajalikud tingimused Eestis juba loodud käitumis- ja terviseteaduslikule kompetentsile ning kindlustada efektiivse integreeritud kraadiõppe kaudu edasine areng.

EKTTK peamised uurimisteemad on taju- ja tunnetusprotsessid, isiksuseomadused ning nende bioloogiline ja kultuuriline tagapõhi, lapse areng, laste tervise hindamine ja edendamine, individuaalsete erinevuste püsivuse hindamine ja neurobioloogiline modelleerimine, tervise füsioloogilised, psühholoogilised ja sotsiaalsed mõjurid, isiksuse ja käitumise konvergeeruv mõju tervisele ning tervist mõjutavate tegurite longitudinaalne ja mitmetasandiline modelleerimine. Keskuse viieliikmelisse rahvusvahelisse juhtkomiteesse kuuluvad professorid Neil Armstrong (Exeteri Ülikool, Ühendatud Kuningriik), Steven Blair (Cooperi Instituut, Dallas, USA), Risto Näätänen, Helsinki Ülikool, Soome), Endel Tulving (Toronto Ülikool, Kanada) ja Björn Wittrock (Uppsala Ülikool, Rootsi Sotsiaalteaduslike Süvauuringute Keskus).

EKTTK soodustab ühtaegu süvenemist kitsamais teadusvaldkonnas ning koostöökontakte erinevate erialade vahel. Korraldades ühiselt doktoriõpet käitumis- ja terviseteaduste laiemas valdkonnas antakse tulevastele teadlastele ja tippspetsialistidele varajane kogemus, et taotleda tuleb parimat metodoloogilist kompetentsi oma kitsamas tegevusvaldkonnas, kuid rakendada seda sageli interdistsiplinaarselt. Keskus loob doktorantidele intsendiivid parimate töötlemuste taotlemiseks. Regulaarselt toimuvad interdistsiplinaarsed seminarid ja aastakonverents on pannud aluse juba mitmele uuele koostööprojektile. Keskusel on praegu kuus HTM sihtfinantseeritavat teemat, üks järeldoktori sihtfinantseeritav teema, 27 ETF granti ja mitmeid välislepinguid, osaletakse mitmes rahvusvahelises võrgustikus. Alanud on EC 6. raamprogrammi integreeritud projekt *NEWMOOD* ja Euroopa Teadusfondi kureeritava Euroopa Sotsiaaluuringu Eesti projekt. Keskusel on kasutada moodne, suures osas viimastel aastatel soetatud aparatuur neurobioloogilisteks, käitumis- ja liikumisteaduslikeks uuringuteks ning asjakohane riist- ja tarkvara andmetötluseks.



EKTTK rahvusvahelise kuratooriumi liige professor Endel Tulving pidamas loengut keskuse kraadiõppuritele.

Keskuse uurijad on saavutanud laialdase rahvusvahelise tunnustuse selliste tulemustega, nagu näiteks koos kolleegidega Helsinki ülikoolist ajakirjades *Nature* ja *Nature Neuroscience* avaldatud artiklites kirjeldatud foneemide töötluspaiga kindlakstegemine ajus, kollektivismi hierarhilise struktuuri väljaselgitamine, depressiooni teoreetiline modelleerimine ja uused eksperimentaalsed afektiivsete häirete mudelid, visuaalse maskeerimise psühhofüsioloogiline teooria, alkoholi väga olulise osa demonstreerimine meeste suitsidaalses käitumises ja mõnede haiguste riskitegurite epidemioloogilised analüüsid.

TAJU JA ISIKSUS

Rühma koossies: prof Jüri Allik (PhD), Anu Realo (PhD), Olev Must (PhD), Kairi Kreegipuu (PhD), Talvi Kallasmaa (PhD), doktorandid Aave Hannus (MSc), Kenn Konstabel (MSc), Kaia Laidra (MSc), Kätlin Nummert (MSc), Helle Pullmann (MSc), Monika Schmidt (MSc), Raivo Valk (MSc), Toivo Aavik (MSc), Aire Mill (MSc) ja Maris Kaskmann (MSc).

Selle uurimisrühma peamised uurimisvaldkonnad on nägemistaju (silmailiigutuste programmeerimine, liikumise tajus), isiksus, vaimsed võimed ning kultuuridevaheline psühholoogia. 2003. aastal on rühma liikmetel *ISI Web of Science*'is refereeritavates ajakirjades ilmunud trükist 10 artiklit ja 5 on avaldamiseks vastu võetud. Viimase paari aasta uurimistulemustest väärivad äramärkimist järgmised.

Taju uurimissuuna olulisemaks saavutuseks on matemaatilise mudeli loomine, mis aitab seletada seda, kuidas programmeeritakse kavatsetava liigutuse parameetreid, näiteks liigutuse suunda ja amplituudi. Mudeli rakendamine andmetele näitas, et vastupidiselt üldlevinud arvamusele silma sakaadiliste liigutuste korral ei ole liigutuse programm esindatud ühe tervikliku vektorina, vaid kujul, kus nõutava liigutuse amplituud on selgelt eristuv liigutuse suunast. Liigutuste programmeerimise uurimiseks loodud originaalne ajalise disassotsiatsiooni meetod ja kasvuprotsesside mudel on rakendatavad teistes informatsiooni töötlemise ülesannetes, kus on vajalik separaatsete tunnuste sidumine ja koordinaatsioon. Samuti uuriti, kuidas saab inimene hakkama liikuva objekti ajastamise ja lokaliseerimisega. Tavaliselt seletatakse liikuva objekti lokaliseerimise ajaliste viivistega, mis on tingitud töötlusprotsesside aeglusest. Õnnestus näidata, et tegemist on lubamatu praktikaga, kuna subjektiivse asukoha ja ajastuse otsused ei ole omavahel kooskõlas.

Isiksusepsühholoogia suuna üheks oluliseks saavutuseks on maailmas kõige kasutatavama ja teoreetiliselt enim põhjendatud isiksuse mõõdiku NEO-PI-R uue versiooni adapteerimine Eesti oludele, mis ühtlasi võimaldas uurida isiksuseomaduste struktuuri kultuurilise variatiivsuse allikaid. Koos maailma juhtiva isiksusetooria dr. Robert McCraega (kuulub maailma enimsiteeritud sotsiaalteadlaste esikümnesse) avaldati *Kluwer/Plenum* kirjastuse väljaandel toimetatud kogumik, mis käsitleb ühes kultuuris kindlaks tehtud isiksuseomaduste taksonoomia rakendatavust teistes kultuurides. Viie faktori

teooria (*Five-Factor Theory*) on katse organiseerida tänapäeval isiksuse kohta teada olevad andmed ühte koherentsesse teoorilisse skeemi. Selle teooria pakkusid 1996. aastal välja Robert McCrae ja Paul Costa. Ühe selle teooria autoriga kahasse kirjutatud artikkel on kõige põhjalikum ja kaasaegsem teoreetiline kokkuvõtte viie faktori teooriast. Viie faktori edasiarenduse raames õnnestus teha märkimisväärne avastus – isiksuse omaduste globaalne geograafiline jaotus ei ole juhuslik, vaid allub kindlale korrale.

Uurides inimeste uskumusi enda inimesetundmise võime kohta selgus üllatuslikult, et need ei ole seotud tegeliku võimega mõista teise inimese sisemisi vaimseid seisundeid, ära tunda emotsionaalseid seisundeid ja teise inimese isiksuslikke jooni. Erinevalt tegelikust sooritusest ei olnud hinnangud oma võimetele seotud inimese vaimsete võimete, vaid aga seotud isiksuseomadustega.

Vaimsete võimete valdkonnas on uuritud Flynn'i efekti (intelligentsustesti tulemuste näiv kasv igas järgmises põlvkonnas/kohordis) põhjusi ning leitud, et tõus puudutab eelkõige alateste, mis on nõrgemalt seotud üldintelligentsusega.

Rahvusvahelise koostööprojekti raames (*Social Representations of HIV/AIDS in Central and Eastern Europe*) uuriti hoiakute ja väärtuste seost seksuaalkäitumisega. Inimestel, kes väärtustavad elus avatust muutustele, hedonismi ning eneseupitamist, kalduvad olema riskantsemad ka oma seksuaalkäitumises, samas kui kõrgema kollektivismi skooriga inimesed on seksuaalkäitumises konservatiivsemad ja alalhoidlikumad. Demonstreeriti, et sotsiaalsel hoiakutel ja representatsioonidel võib olla oluline osa HIV/AIDS'i epideemia levikus.

PUBLIKATSIOONE

Allik, J., McCrae, R.R. A five-factor theory perspective. In: McCrae, R.R., Allik, J. (Eds.) *The Five-Factor Model of Personality Across Cultures*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 105-124 (2002)

Allik, J., McCrae, R. R. Towards a geography of personality traits: patterns of profiles across 36 cultures. *Journal of Cross-Cultural Psychology* 35, 13-28 (2004).

Allik, J., Toom, M., Luuk, A. Planning of saccadic eye movement direction and amplitude. *Psychological Research* 67, 10-21 (2003).

Goodwin, R., Kozlova, A., Kwiatkowsk, A., Nguyen, Luu L. A., Nizharadze, G., Realo, A., Külvet, A., Rämmer, A. Social Representations of HIV/AIDS in Central and Eastern Europe. *Soc. Sci. Med.* 56, 1373-1384 (2003).

Goodwin, R., Realo, A., Kwiatkowska, A., Kozlova, A., Nguyen, Luu, L. A., Nizharadz, G. Values and sexual behavior in Central and Eastern Europe. *Journal of Health Psychology* 7, 45-56 (2002).

Kallasmaa, T., Allik, J., Realo, A., McCrae, R. R. The Estonian version of the NEO-PI-R: An examination of universal and culture-specific aspects of the five-factor model. *European Journal of Personality* 14, 265-278 (2000).

Konstabel, K., Realo, A., Kallasmaa, T. Exploring the sources of variations in the structure of personality traits across cultures. In: McCrae R. R., Allik J. (Eds.) *The Five-Factor Model of Personality across cultures*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2002).

Kreegipuu, K., Allik, J. Perceived onset time and position of a moving stimulus. *Vision Research* 43, 1625-1635 (2003).

Kreegipuu, K., Allik, J. Confusion of space and time in the flash-lag effect. *Perception* (in press) (2004).

McCrae, R. R., Allik, J. (Eds.) *The Five-Factor Model of Personality across cultures*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2002).

Must, O., Must, A., Raudik V. The secular rise in IQs: In Estonia, the Flynn effect is not a Jensen effect. *Intelligence* 31, 461-471 (2003).

Must, O., Must, A., Raudik, V. The Flynn Effect for gains in literacy found in Estonia is not a Jensen Effect. *Personality & Individual Differences* 34, 1287-1292 (2003).

Realo, A., Allik, J., Nõlvak, A., Valk, R., Ruus, T., Schmidt, M., Eilola, T. Mind-reading ability: beliefs and performance. *Journal of Research in Personality* 37, 420-445 (2003).

PSÜHHOFÜSIOLOOGIA

Rühma koosseis: prof Jaanus Harro (MD, DMSc [meditsiinidoktor]), Marika Eller (PhD), Riina Häidkind (PhD), Margit Kirk (BSc), doktorandid Evelyn Kiive (MSc), Marika Paaver (MSc), Margus Tõnissaar (MSc), Aet Altoa (MSc) ja Tanel Mällo (MSc).

Peamised uurimissuunad on depressiooni eksperimentaalne ja teoreetiline modelleerimine, noradrenergilise ja dopamiinergilise närviülekanne vastasmõjud ja neid mõjustavate neuropeptiidide neurokeemia, individuaalsete erinevuste psühhofarmakoloogia ja impulsiivsuse bioloogiline psühholoogia. Üldiseks fookuseks on seega afektide neurobioloogiline regulatsioon ja selle tähendus käitumisele.

Uurimisrühmas on käesoleval ajal kaks teadurit, üks laborant, kolm doktoranti ja viis magistranti. Uurimisrühmal on 1999. aastast sihtfinantseeritav teema, käesoleval ajal kaks Eesti Teadusfondi uuringutoetust, ja jätkub andmete analüüsimine, mis koguti 2001-2003 lepingulisel uurimistöös Maanteeameti tellimisel. Uurimisrühm on aastatel 1998-2003 avaldanud 42 artiklit/peatükki rahvusvahelistes eelretsenseeritavates ajakirjades või suurte kirjastuste raamatutes. Rühma juhi töödele on viidatud umbes 1500 korda.

On välja arendatud depressiooni laiahaardelisim patogeneetiline teooria ning loodud mitu uutset eksperimentaalset depressioonimudelit, mis peaksid aitama uute, senitundmatute toime mehhanismidega depressiooniravimite väljaselgitamisel. On demonstreeritud seni kirjeldamata aspekte dopamiinergiliste närviprotsesside kontrollmehhanismidest teiste transmittersüsteemide poolt ja lokaliseeritud ajus afektiivsuse aluseks olevaid spetsiifilisi neurokeemilisi protsesse. Kui suurem osa uurimistööst tehakse katseloomadel, siis mõnede konstruktiivsete uurimise toimub ka inimesel isiksuse ja käitumise biomarkerite otsimisega. Äsja näidati koos teiste uurimisrühmadega, et aju serotoniinineuronite talitlusvõime markeriks oleva vereliistakute ensüümi monoamiinide oksüdaasi (v-MAO) aktiivsus on oluliselt madalam käitumisimpulside puuduliku kontrollij puhul – joobes autojuhtimiselt tabatud meestel, kellel on ka keskmisest kõrgem düsfunktsionaalne impulsiivsus. Teises, longitudinaalses uuringus ilmses, et v-MAO aktiivsus ennustab regulaarset suitsetamist vanemas teismeliseas, kusjuures see seos on mittelineaarne – suitsetajaks muutumist ennustab erinevne keskmisest.

Uurimisrühma strateegia on põhinenud erinevate lähenemisviiside looval, kuid metodoloogili-



Psühhofüsioloogia laboratooriumis.

selt korrektsel kombineerimisel. Metodoloogilise kompetentsi arendamiseks toimub töö ühiste uurimisprojektide kallal koos Groningeni Ülikooli biomonitooringu instituudiga (topeltsondmikrodialüüsi meetodika virgatsainesüsteemide vastasmõjude uurimiseks, Ben Westerink), Uppsala Ülikooli närviteaduste instituudiga (transkriptsioonifaktorite uurimine ELISA- ja EMSA-meetodeil, Lars Oreländ) ja Karolinska Institutet'i närviteaduste instituudiga (neuropeptiidide ja nende vastaste antikehade immunomeetoditel määramine, Tomas Hökfelt). Uurimisrühmal on ulatuslik koostöövõrgustik Tartu Ülikoolis, sealhulgas psühhofarmakoloogilise ravimiarenduse uurimisrühmana Arstiteaduskonna Meditsiinitehnoloogia Keskuses Biomeedikumis. Hea koostöö toimub ka Tallinna Pedagoogikaülikooli ja Tervise Arengu Instituudiga. Psühhofüsioloogia uurimisrühmal oli oluline roll Käitumis- ja Terviseteaduste Keskuse idee algatamisel 2001. aastal, keskuse loomisel ja pärast selle tippkeskuseks valimist ka keskuse tegevuse korraldamisel.

Uurimisrühmal on küllaldane käitumisfarmakoloogiaaparatuur ning vahendid isiksuse biomarkerite uurimiseks ja väga moodne aparatuur ajusisesteks neurokeemiauuringuteks vabalt liikuvatel katseloomadel. Arengule aitab kaasa EC 6. raamprogrammi integreeritud projekt NEWMOOD (Nature 428, 686, 2004), milles uurimisrühm osaleb ühena 13 partnerist. NEWMOOD on multidistsiplinaarne – molekulaargeneetikast ja genoomikast inimese aju kuvamiseni ja ravimiarenduseni – teadus- ja aren-

dusprogramm depressiooni uuringuteks, mille käigus laieneb oluliselt uurimisrühma aparatuuribaas ja lisandub oskusteavet uutelt koostööpartneritelt üheksas riigis.

PUBLIKATSIOONE

Altoa, A., Harro, J. Effect of CCK₁ and CCK₂ receptor blockade on amphetamine-stimulated exploratory behaviour and sensitization to amphetamine. *European Neuropsychopharmacol.* 14, 324-331 (2004).

Damberg, M., Eller, M., Tõnissaar, M., Oreländ, L., Harro, J. Levels of transcription factors AP-2 α and AP-2 β in the brainstem are correlated to monoamine turnover in the rat forebrain. *Neurosci. Letters*, 313, 102-104 (2001).

Eensoo, D., Paaver, M., Pulver, A., Harro, M., Harro, J. Low platelet MAO activity associated with high dysfunctional impulsivity and antisocial behaviour: evidence from drunk drivers. *Psychopharmacol.* 172, 356-358 (2004).

Harro, J. On Holy Ground: Modern neuropsychopharmacology in the old laboratories of Buchheim, Schmiedeberg and Kraepelin in Tartu/Dorpat. In: Ban, T. A., Healy, D., Shorter, E. (Eds) *From Psychopharmacology to Neuropsychopharmacology and the Story of the CINP as Told in Autobiography*. Animula, Budapest (in press).

Harro, J., Fischer, K., Vansteelandt, S., Harro, M. Both low and high activity of platelet monoamine oxidase increase the probability of becoming a smoker. *European Neuropsychopharmacol.* 14, 65-69 (2004)

Harro, J., Meriküla, A., Lepiku, M., Modiri, A.-R., Rinken, A., Oreländ, L. Lesioning of the locus coeruleus projections by DSP-4 treatment: the effect on amphetamine-induced hyperlocomotion and dopamine D₂ receptor binding in the rat. *Pharmacol. Toxicol.* 86, 197-202 (2000).

Harro, J., Oreländ, L. Depression as a spreading adjustment disorder of monoaminergic neurons: a case for primary implication of the locus coeruleus. *Brain Res. Rev.* 38, 79-128 (2001).

Harro, J., Tõnissaar, M., Eller, M., Kask, A., Oreländ, L. Chronic variable stress and partial 5-HT denervation by parachloroamphetamine treatment in the rat: effects on behavior and monoamine neurochemistry. *Brain Res.* 899, 227-239 (2001).

Häidkind, R., Kivastik, T., Eller, M., Kolts, I., Oreländ, L., Harro, J. Denervation of the locus coeruleus projections by treatment with the selective neurotoxin DSP-4 reduces dopamine release potential in the nucleus accumbens

shell in conscious rats. *Neurosci. Lett.* 332, 79-82 (2002).

Kask, A., Harro, J., von Hörsten, S., Redrobe, P., Dumont, Y., Quirion, R. The neurocircuitry and receptor subtypes mediating anxiolyticlike effects of neuropeptide Y. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 26, 259-283 (2002).

Mällo, T., Berggård, C., Eller, M., Damberg, M., Orelund, L., Harro, J. Effect of long-term bloc-

kade of CRF₁ receptors on exploratory behavior, monoamines and transcription factor AP-2. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 77, 855-865 (2004).

Panksepp, J., Harro, J. The future of neuropeptides in biological psychiatry and emotional psychopharmacology: Goals and strategies. In: Panksepp, J. (Ed) *Textbook of Biological Psychiatry*, Wiley Press, 661-681 (2004).

ARENGU- JA KOOLIPSÜHHOOGIA

Rühma Koosseis: prof Peeter Tulviste (PhD, DSc), prof Eve Kikas (PhD), prof Tiia Tulviste (PhD), Luule Mizera (PhD), doktorandid Tiina Teder (MSc), Triin Hannust (MSc) ja Kristiina Tropp (MSc).

Arengu- ja koolipsühholoogia uurimisrühm uurib kultuuri – täpsemalt, koduse kasvatuse ja koolihariduse – mõju lapse arengule. Teoreetilised alused on välja töötanud Peeter Tulviste. Kui arengupsühholoogia uurimisgrupi põhitööd on seotud koduse sotsialisatsiooniga, siis koolipsühholoogia grupp käsitleb kooli mõju mõtlemisele, aga ka erivajadustega laste arengut ja nende efektiivsema abistamise võimalusi.

ARENGUPSÜHHOOGIA uurimissuunas käsitletakse verbaalset sotsialisatsiooni – nii seda, kuidas sotsialiseeritakse last tema kultuurikeskkonnale omasel moel keelt kasutama, kui ka keelt kui sotsialisatsioonivahendit. Uuritakse nii vahetu suhtlemiskonteksti kui laiema sotsiokultuurilise konteksti mõju ema ja lapse suhtlemisele ja laste omavahelisele suhtlemisele. Lisaks igapäevase suhtlemise videosalvestustele kodus ja lasteaias saadakse taustinformatsiooni, uurides emade väärtuseelistusi ja lastekasvatuseesmärke.

Võrdlev uurimus kodusest suhtlemisest murdealistega lastega näitas, et Eestis elavad emad erinesid oma direktiivse suhtlemisstiili poolest mitte üksnes ameerika emadest, vaid ka emadest Rootsis ja Soomes, kaasa arvatud eesti emadest Rootsis. Samuti selgus, et rootsi emad olid niisama jutukad nagu ameerika emad, erinedes selle poolest kõigist soome-ugri valimistest. Eesti, Rootsi ja Soome üks- ja kakskeelsetes peredes peeti oluliseks erinevaid väärtusi ja norme. Eestis elavad emad hindasid eneseregulatsiooni, loovust ja sõltumatust vähem oluliseks kui Rootsis elavad emad. Suurem osa

rootsi ja soome emadest pidas kõige olulisemaks kasvatuseesmärgiks “et laps usuks oma võimetusse”, samal ajal kui eesti emad ütlesid, et kõige olulisem on “kasvatada oma lapsest kohusetundlik ja kindlameelne inimene” ja “et lapsest kasvaks tubli ja töökas inimene”.

Kokkuvõtteks võib öelda, et eesti emade sotsialisatsioonistiil on traditsioonilisem ja vähem demokraatlik kui soome ja rootsi emadel.

KOOLIPSÜHHOOGIA uurimissuuna tööd on andnud panuse vaidlusele, kas laste mõisted on teooriatesse integreeritud või fragmentaarsed, kuidas on seotud mõtlemise ja võimete tase ning teadmised ja kuidas mõjutab teadmiste muutumist õpetamine. Oleme uurinud astronoomia ja keemia valdkonna mõisteid. Uurimused on näidanud teadmiste fragmentaarsust, kuid ka seda, kuidas nii kooskõlalised sünteetilised mudelid kui verbalismid tekivad õppimise käigus. Eesti kooliõpetuse õpetajakesksuse ja faktidele kontsentreeruva õpetamise tõttu leidub tavakoolide õpilastel rohkem verbalisme, kuid õpetavate eksperimentide käigus on näidatud ka sünteetiliste mõistete teket ja selle põhjust.

On analüüsitud koolipsühholoogi tegevusi ja klientide rahulolu Eestis ja võrreldud neid teiste maade vastavate näitajatega. Eesti koolipsühholoogide tegevused on eelkõige lapsekesksed ja aeganõudvad. Kliendid ja psühholoogid ise on sellise tegevusmudeliga rahul, samas on see majanduslikult kulukas, mistõttu mujal vähe kasutatav. Töötatakse välja ja kohandatakse laste võimete ja arengu teste, kuid see töö on alles algusjärgus. Need tulemused omavad kindlat praktilist väärtust Eesti kontekstis, kuna võimaldavad tõhustada erivajadustega õpilaste abistamist.

PUBLIKATSIOONE

De Geer, B., Tulviste, T. Behaviour regulation in the family context in Estonia and Sweden. *Pragmatics* 12, 3, 329-346 (2002).

Kikas, E. The influence of teaching on students' explanations and illustrations of day/night cycle and seasonal changes. *European Journal of Psychology of Education* 15, 281-295 (2000).

Kikas, E. Pupils as consumers of school psychological services. *School Psychology International* 24, 20-32 (2003).

Kikas, E. School psychology in Estonia: Expectations of teachers and school psychologists versus reality. *School Psychology International* 20, 103-115 (1999).

Kikas, E. University students' conceptions of different physical phenomena. *Journal of Adult Development* 10, 139-150 (2003).

Saul, H., Kikas, E. Difficulties in acquiring theoretical concepts: A case of high-school chemistry. *Trames* 7, 99-119 (2003).

Tulviste, T. Can differences in mother-child interaction be explained by context and collectivistic attitudes expressed by mothers? *Applied Psychology* 22, 541-554 (2001).

Tulviste, T. Socialization at meals: A comparison of American and Estonian mother-adolescent interaction. *Journal of Cross-Cultural Psychology* 31, 537-556 (2000).

Tulviste, T., Gutman, P. A comparison of value preferences and attitudes toward collectivism of institution-reared and home-reared teenagers. *European Journal of Psychology of Education* XVIII, 33-42 (2003).

Tulviste, T., Kants, L. Conversational styles of mothers with different value priorities: comparing Estonian mothers in Estonia and Sweden. *European Journal of Psychology of Education* 16, 221-229 (2001).

Tulviste, T., Mizera, L., De Geer B., Tryggvason M.-T. A silent Finn, a silent Finno-Ugric, or a silent Nordic? A comparative study of Estonian, Finnish and Swedish mother-adolescent interactions. *Appl. Psychology*, 24, 249-265 (2003).

Tulviste, T., Mizera, L., De Geer, B., Tryggvason, M.-T. Verbal comments as tools of family socialization: A comparison of Estonian, Swedish and Finnish mealtime interaction. *Language in Society* 31, 655-678 (2002).

Tulviste, P. Activity as an explanatory principle in cultural psychology. In: Chaiklin, S. (Ed.) *Activity theory and Social Practice: Cultural-historical Approaches*. Aarhus University Press, Aarhus (1991).

Tulviste, P. The cultural-historical development of verbal thinking. Commack, NY: Nova Science (1991).

TAJU JA TEADVUS

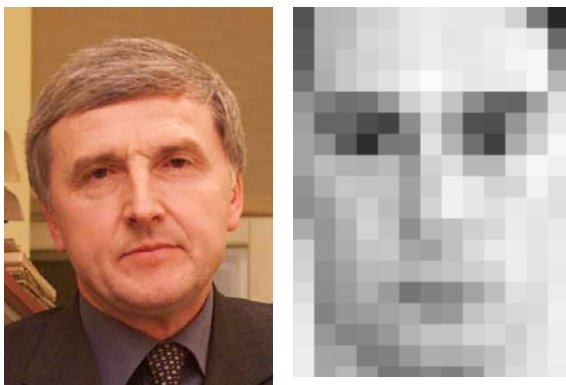
Rühma koosseis: prof Talis Bachmann (PhD, DSc), doktorandid Endel Pöder (MSc) ja Iiris Luiga (MSc); Keit Kaadu (MSc).

Uurimisrühm on viimastel aastatel uurinud eelkõige visuaalsete kujutiste taju mikrogeneesi, ruumitählepanu, maskeerimist ja *flash-lag* efekti. Koostöös saksa kolleegidega on toimetatud teadusartiklite kogumik kognitiivsetest protsessidest ajalis-ruumiliste sündmuste tajus. Artiklina ilmus selles Bachmann'i loodud perseptiivse retušeerimise teooria ülevaade. Selle teooria raames antakse lisaks varem esitatud uudsele maskeerimisnähtuste seletusele ka terve rea esmapilgul üksteisest kaugel asetsevate mikrogeneetiliste nägemisfenomenide sidus seletus. Valminud on monograafia, milles esitatakse süstemaatiline ülevaade mikrogeneesi probleemist teadvusuuringute kontekstis. Muuhulgas tunnistavad Francis Crick ja Christof Koch, et nad nõustuvad enamiku seisukohta-

dega, mis selles raamatus on esitatud (*Nature Neuroscience*, 6, 119-126, 2003).

Flash-lag on tajuefekt, mis tekib pidevalt muutuva (nt liikuva või värvi muutva) objekti ja hetkeks selle kõrval sähvatava muutumatu objekti võrdlemisel: sähvatav objekt näib pidevalt muutuvast objektist tunnusterusel maha jäävat, ehkki ta tegelikult esitati muutuva objektiga võrdsena. Bachmann ja Pöder näitasid, et sähvatava objekti mahajäämus tekib ka siis, kui objektijada tunnusterusel ei muutu. Järgnevalt pakuti välja perseptiivse retušeerimise teoorial põhinev seletus kõigile *flash-lag* fenomenidele ning tutvustati jadas esitatud objektide töötlemisel jada esimeses epohhis aset leidvat tajukiirendust kui universaalset tajuprintsipi.

Visuaalsete kujutiste (nt nägude) taju uurimises on oluline koht kontrasti ruumisageduste, lokaal-



Prof Talis Bachman (vasakul) ja ruumiliselt kvanditud näo kujutis.

sete tunnuste ja üldkonfiguratsiooni suhtelise rolli väljaselgitamisel visuaalses äratundmisprotsessis. Heaks meetodiliseks abivahendiks on siin ruumiliselt kvanditud kujutiste kasutamine (vt illustratsioon). Selle valdkonna rahvusvahelistes töodes on harva jäetud tsiteerimata artiklit, milles esmakordselt süstemaatiliselt kvantimisastet varieerides leiti kujutise äratundmise seisukohalt kriitiline kvantimisaste ning ekspositsioonija paradoks. Ühes uuematest töedest kasutati kvanditud kujutisi kui ennetavaid maske nägude kvantimata testkujutistele. Kvanditi juhuslikku müra, testnäost erinevaid nägusid ning testnägu ennast. Leiti, et erinevate maskide ja kvantimisastmete mõjul saadud äratundmistaseme erinevused viitavad konfiguratsioonitunnuse suuremale osakaalule nägudetajus võrreldes ruumisageduse ja lokaalsete tunnustega. Leiti, et jämedakoeliselt esitatud testnäost erinev maskeeriv nägu ei häiri testnäo mikrogeeneesi algust ja võib esineda testi surrogaadina tajuprotsessi alguses. Huvitav on inglise kolleegidega saadud katsetulemus, mis näitab, et jämedalt kvanditud videokujutis rääkija näost ei nullista McGurk'i efekti, kus kuuldava foneemiga konfliktis oleva viseemi mõjul tekib illusoorne kuulmistaju.

Tähelepanu-uuringutes on oluliseks probleemiks eesmärkkobjektide efektiivset otsingut võimaldavate pertseptiivsete tunnuste kogum. Selgub, et eesmärkkobjekti elemendi suhtelise asukoha põhjal on seda eesmärki fooniobjektide hulgast kerge leida siis, kui elemendi suhtelise asukoha muutus on selline, mis defineerib eesmärkkobjekti fooniobjektidest erinevaks kui erineva tunnusega objekti ning et ruumiliselt kattuvate kiiresti järjestikku esitatud objektide jadas saab eesmärkkobjekti kergesti selekteerida ka tema suurustunnuse alusel. Kui tajuobjektideks on numbersümbolid, siis võib nende tajumisel ilmnevat valikulist kitsale ruumispektri ribale hää-

lestatust seletada mitte töötlussüsteemi karakteristikuna vaid sümboli enda ruumispektri eripärana. Demonstreeritud on eelosundaja töötuskoormuse kasvu mõju puudumist ruumitähelpanu eelhäälestusele. Teoreetiliselt on kommenteeritud asendusmaskeerimise fenomeni alal tekkinud vaidlust.

PUBLIKATSIOONE

Bachmann, T. Identification of spatially quantised tachistoscopic images of faces: How many pixels does it take to carry identity? *Eur. J. Cogn. Psychol.* 3, 87-103 (1991).

Bachmann, T. Microgenetic approach to the conscious mind. John Benjamins, Amsterdam/Philadelphia (2000).

Bachmann, T. Origins of substitution. *Trends Cogn. Sci.* 5(2), 53-54 (2001).

Bachmann, T. Twelve spatiotemporal phenomena, and one explanation. In: Aschersleben, G., Bachmann, T., Müsseler, J. (Eds.) *Cognitive contributions to the perception of spatial and temporal events*. Amsterdam, Elsevier/North-Holland, *Advances in Psychology* 129, 173-206 (1999).

Bachmann, T., Luiga, I., Pöder, E. Forward masking of faces by spatially quantised random and structured masks: On the roles of wholistic configuration, local features and spatial-frequency spectra in perceptual identification. *Psychological Research/Psychologische Forschung* (in press) (2003).

Bachmann, T., Luiga, I., Pöder, E., Kalev, K. Perceptual acceleration of objects in stream: evidence from flash-lag displays. *Consciousness and Cognition* 12(2), 279-297 (2003).

Bachmann, T., Mäger, K., Sarv, M., Kahusk, N., Turner, J. Time course of spatial-attentional focusing in the case of high processing demand on the peripheral precue. *Eur. J. Cogn. Psychol.* 11(2), 167-198 (1999).

Bachmann, T., Pöder, E. Change in feature space is not necessary for the flash-lag effect. *Vision Res.* 41(9), 1103-1106 (2001).

MacDonald, J., Andersen, S., Bachmann, T. Hearing by eye: how much spatial degradation can be tolerated? *Perception* 29(10), 1155-1168 (2000).

Pöder, E. Search for feature and for relative position: measurement of capacity limitations. *Vision Res.* 39, 1321-1327 (1999).

Pöder, E. Size-based selection in rapid serial visual presentation. *Vision Res.* 41, 2221-2234 (2001).

Pöder, E. Spatial-frequency spectra of printer characters and human visual perception. *Vision Res.* 43, 1507-1511 (2003).

PEREKOND JA HEAOLU

Rühma koosseis: prof Dagmar Kutsar (PhD), doktorandid Mare Ainsaar (MSc), Avo Trumm (MA), Anu Laas (MA), Katre Pall (MA), Kadri Koreinik (MA) ja Marju Selg (MA).

Perekonna- ja heaolu-uuringute rühma uurimissuunad on järgmised:

- Leibkondade ja indiviidide psühholoogiline ja majanduslik toimetulek üleminekuühiskonnas; vaesus ja sotsiaalne stress. Põhitulemused: meetod vaesuspiiri arvutamiseks; sotsiaalse stressi ja toimetuleku mudel; vaesuse vähendamise strateegiate hindamine.
- Üleminekuühiskonna sotsiaalpoliitilised probleemid: sotsiaalne heaolu, demokratiseerimine, sotsiaalne tõrjutus ja reintegratsioon. Põhitulemused: elutingimuste hindamise meetod Balti riikides; sotsiaalse tõrjutuse ja hõlmatus mudel ja kontseptuaalne raamistik.
- Perekonnapoliitika võrdlev analüüs. Põhitulemused: perekonna tekkimise ja peresuhete kvaliteedi ja stabiilsuse analüüs; Eesti perepoliitika kontseptsioon; abikaasade interpersonaalne taju; metodoloogiline raamistik perepoliitika võrdlevaks analüüsiks.
- Lapsepõlveuuringud. Põhitulemused: lapsepõlvesotsioloogia rakendamise skeem; leibkonna majandusliku olukorra mõju hindamine suhtelisele deprivatsioonile.

Pere- ja heaolu-uuringute rühm osaleb EL 5. raamprogrammist rahastatavas üle-Euroopalises projektis "Improving Policy Responses and Outcomes to Socio-Economic Challenges: changing family structures, policy and practice" (IPROSEC), mille raames uuritakse Euroopa sotsiaaldemograafilisi arenguhooni, keskendudes perekonna muutuvatele struktuuridele ja suhetele. Tulemused näitavad, et Euroopa Liidu naabritega võrreldes on Eestis alates 1960ndatest aastatest olnud kõige suurem abiellumuse langus, samal ajal kui abiellumisvanus on üks madalamaid ning teismeliste abortide arv üks kõrgemaid. Perekonnavormid Eestis on kahekümnenda sajandi lõpuks läbinud Euroopa kiireima arengu deinstitutionaliseerumise suunas, sellele vaatamata aga säilitanud pereloome tavapärase aja. Eesti valitsused on sellistele arenguhoontele reageerinud suurema tunnustuse andmisega mittetraditsioonilistele perefarmidele, seda eriti Lõuna-Euroopa ja teiste kandidaatmaadega võrreldes.

Uurimisrühm osaleb EL COST projektis "Children's Welfare" (2001–2005), mis keskendub lapse majandusliku toimetuleku, ajakasutuse ning lapse diskursuse temaatikale. Valmimas on raamat kõikide maade laste olukorra ülevaadetega (2–3 köites) ning ettevalmistamisel on kaheosaline lapsepõlve sotsioloogilist perspektiivi edasiarendav raamat. Regionaalsel tasemel on uurimisgrupp partneriks Norra ja Baltimaade teadlastele, teemaks elutingimused võrdlevalt Baltimaades ja Norras, keskendumisega sotsiaalsele tõrjutuse ja kaasatuse temaatikale (vt <http://www.faf.no>).

Rühma juhtimisel osaleb Eesti algavas Euroopa Teadusfondi kureeritavas Euroopa Sotsiaal-uuringu projektis.

PUBLIKATSIOONE

Kabun, K. Women, work and family life in transition: the case of post-socialist Estonia. *Cross-National Research Papers* 6 (4), 28–37 (2003).

Karelson, K., Longo, V., Niméus, O., Träger, J. Perceptions of the impacts of public policy on family formation in Germany, Italy, Sweden and Estonia. *Cross-National Research Papers* 6, 29–40 (2003).

Karelson, K., Pall, K. Estonian self-reliance. *Cross-National Research Papers* 6, 40–5 (2003).

Kutsar, D.(Ed.) *Living Conditions in Estonia Five Years Later*. Tartu University Press, Tartu (2002).

Kutsar, D.(Toim.) *Millist perepoliitikat me vajame?* Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu (2003).

Kutsar, D., Tiit, E.-M. Changing family structures and alternative paths to family formation in Estonia. *Cross-National Research Papers* 6, 52–9 (2003).

Kutsar, D., Tiit, E.-M. Comparing social indicators in Estonia and the European Union. *Cross-National Research Papers* 2, 35-42 (2000).

Kutsar, D., Trumm, A., Oja, U. New democracy: boundaries and resources for development. In: MacPherson, S., Wong, H.-K. (Eds.) *Brookfies Social Development and Societies in Transition*, Ashgate, Sydney 248-264 (1998).

SUITSIDOLOOGIA

Rühma koosseis: prof Airi Värnik (MD PhD), doktorant Kairi Kõlves (MA), Merike Sisask (MSc), doktorant Karmel Saveljev (MSc)

Suitsidoloogia rühmas (Eesti-Rootsi Suitsidoloogia Instituut, ERSI) uuritakse suitsiidide põhjusi ja nende ennetamise võimalusi nii ühiskonna kui indiviidi tasandil, samuti nende kombinatsioonid.

ÜHISKONNA TASAND. Rahvusvahelise tuntuse andsid ERSIle ulatuslikud suitsiidide epidemioloogilised uuringud endise NSV Liidu vabariikides, mis käsitlesid suitsiidide levimust ja trende spetsiifilistes gruppides erinevates sotsiaalpoliitilistes, majanduslikes ja kultuurilistes tingimustes. Wasserman-Värniku uurimisgrupp avas tee uuringutele, mis interpreteerisid muutusi suitsiidide ja ka teiste välispõhjustest tingitud surmade sagedustes üleminekuühiskondades, tuues välja sotsiaalse patoloogia. Esmased sellealased tööd on publitseeritud *Acta Psychiatrica Scandinavica Supplementumi* kuues artiklis. Koostöös Rootsi kolleegidega on käimas jätkuuringud.

Uuringu disaini planeerimise järgus on *WHO/Euro* ja *Mental Health Europe* ühisprojekt "Country-based Guidelines for Suicide Prevention Programs for Europe," mille raames töötatakse välja suitsiidide preventsiiooni programmide efektiivsuse mõõtmise strateegiaid (prof Airi Värnik osaleb kui juhtgrupi liige ja kirjasustevuse kuraator).

INDIVIIDI TASAND. Eestis esmakordselt rakendatud töömahuka psühholoogilise autopsia meetodil on taastatud aastatel 1989 ja 1999 suitsiidi sooritanute elu ja surma üksikasjad ning kirjeldatud suitsiidisurma leina eripära (kokku 504 juhtumit). 1999. a suitsidentidele on moodustatud representatiivne kontrollgrupp. Ulatusliku materjali analüüsi lisandub analoogilise materjali kogunud Frankfurti Goethe Instituudi psühhiaatriakliiniku uurimisgrupp, kellega koostöös on alates järgmisest aastast kavandatud ühispublikatsioonid.

WHO unifikatsioonid uuringute raames osaleb ERSI alates 1995. a WHO/EURO "Multicentre Study on Parasuicide" suitsiidikatsete monitooringus (28 keskust Euroopas) ja aastatel 2001–2004 WHO SUPRE-MISS suitsiidikatsete uuringus, esindades Euroopat ülemaailmselt valitud 8 keskuse hulgas, kellelt koguneb materjal üle 4000 suitsiidikatse sooritanu ja kontrollgrupi kohta koos spetsiifilise jätkuhoolduse efektiivsuse testimisega.

ÜHISKONNA JA INDIVIIDI TASAND KOMBINATSIOONIS. Rahvusvahemuste integratsiooni komplitseeritud probleemid tänapäeva Eestis kui siirdeühiskonnas tõstatasid vajaduse uurida suitsiidisurma erisusi eestlastel ja mitte-eestlastel, analüüsida alkoholi riskitegurina välditavate surmade ja suitsidaalse käitumise preventsionis ning jälgida spetsiifilisi auto- ja heteroagressiooni trende Baltikumis.

Suitsidoloogia uurimisrühma tihe seotus Tartu Ülikooli sotsiaalteaduskonnaga lisab uuringutele vajalikku multidistsiplinaarsust. ERSI on kujunenud asutuseks, kus valmistatakse ette noori suitsidoloogiaalaste väitekirjade kaitsmiseks erinevates kõrgkoolides ja instituutides (Kairi Kõlves, Karmel Saveljev ja Helen Biin Tartu Ülikoolis, Merike Sisask Karolinska Instituudis Stockholmis, Piret Laur Nordic School of Public Health Göteborgis). Nimetatud osa tööst on hoogustunud seoses EKTTK loomisega.

PUBLIKATSIOONE

Schmidtke, A., Weinacker, B., Apter, A., Batt, A., Berman, A., Bille-Brahe, U., Botsis, A., De Leo, D., Doneux, A., Goldney, R., Grad, O., Haring, C., Hawton, K., Hjelmeland, H., Kelleher, M., Kerkhof, A., Leenars, A., Lönnqvist, J., Miche, K., Ostamo, A., Salander-Reneberg, E., Sayl, I., Tajahashi Y., Van Heeringer, C., Värnik, A., Wasserman, D. Suicide rates in the world: Update. *Archives of Suicide Research* 5, 81-89 (1999).

Värnik, A. Suicide in the Baltic countries and in the former republics of the USSR. Karolinska Institute, Stockholm (1997).

Värnik, A. (Ed.) Suitsiidiuuringud – Suicide Studies. Estonian-Swedish Suicidology Institute 10th anniversary collected papers. Iloprint, Tallinn (2003).

Värnik, A., Tooding, L.-M., Palo, E., Wasserman, D. Henry & Short Theories Tested on Data from the Baltic States. *Archives of Suicide Research* (in press).

Värnik, A., Wasserman, D., Palo, E., Tooding, L.-M. Registration of External causes of death in the Baltic States 1970-1997. *European Journal of Public Health* 11, 84-88 (2001).

Wasserman, D., Värnik, A. Changes in life expectancy in Russia. *The Lancet* 357, 2058 (2001).

Wasserman, D., Värnik, A. *Perestroika* in the former USSR: history's most effective suicide preventive programme for men. In: Was—

serman, D. (Ed.), *Suicide – an unnecessary death*, Martin Dunitz, London 253-258 (2001).

Wasserman, D., Värnik, A., Dankowicz, M., Eklund, G. *Suicide preventive effects of *perest-**

roika in the Former USSR: the role of alcohol restriction. *Acta Psychiatr Scand.* 98, 394, 1-44 (1998).

BIOSTATISTIKA JA TERVISETEENUSED

Rühma koosseis: prof Raul-Allan Kiivet (MD, PhD), Krista Fischer (PhD), Anneli Uusküla (MD, PhD), Liis Rooväli (MD), doktorandid Taavi Lai (MD), Jarno Habicht (MD), Ly Rootslane (MSc), Oleg Novikov (MSc).

Rühma peamised uurimissuunad on tervishoiuteenuste vajaduse hindamine, arstiabi kättesaadavus ja kvaliteet, HIV ja sugulisel teel levivate haiguste epidemioloogia Eestis, meditsiiniliste andmete analüüsi metodoloogia, samuti farmakoepidemioloogia ja farmaköökonomika.

Haiglaravi kasutamise uuringud on näidanud, et haiglaravi kasutamise aeg on pöördvõrdelises seoses elukohast lähimasse haiglasse kuluva sõidu ajaga. See seos ei olnud siiski oluline vältimatute hospitaliseerimiste korral. Haiglaravi kättesaadavus on kõige suurem probleem vanuritele. Astmaravi uuringud näitavad selle vastavust tõendus põhiste standarditele. Psühhiaatrias leiti väga suur variatiivsus medikamentoose ravi ja teiste ravipraktikate rakendamisel; sama haigla erinevate psühhiaatrite vahelised erinevused olid suuremad kui maadevahelised erinevused.

Eritlemaks individuaalseid vajadusi tervishoiuteenuste järele, kasutasime valideeritud küsimustikke SF-36 ja EuroQoL. Viidi läbi postiküsitlus Tartu Ülikooli Kliinikumi patsientide hulgas, kelle hospitaliseerimise põhjuseks olid kroonilised haigused (gastroenteroloogilised, reumaatilised, kopsu- ja südamehaigused). Tulemusi võrreldi üldpopulatsiooni andmetega. Reumatoidartriidiga patsiendid tunnetasid oma tervislikku seisundit kõige halvemana, neil oli haigusega seoses ka enim sotsiaalseid probleeme.

Tervishoiuteenuste kasutamise ja sotsiaalmajandusliku seisundi (SES) seoste analüüsil leidsime, et madalama SESga grupid kasutavad tervishoiuteenuseid vähem, näiteks madalama haridustasemega inimesed kasutavad kõrgharidusega inimestest vähem eri- ja hambaarstide teenuseid. Haridus on Eestis olulisemaid tervist mõjutavaid sotsiaalmajanduslikke faktoreid. Ma-

dalam haridus on seotud ka väiksema sissetuleku ja madalama sotsiaalse staatusega, kuid hariduse mõju tervisele ilmneb varem. Samuti leiti regionaalseid erinevusi: maainimesed käivad linnaelanikest vähem eri- ja hambaarstide juures, kuid kasutavad sagedamini üldarsti teenuseid. Eesti maakondade vahelised erinevused haiglaravi kasutamise osas on ligi 25%.

HIV ja sugulisel teel levivad haigused on Eestis suurenevaks probleemiks, kuid nende epidemioloogiat on vähe uuritud. HIV epideemia levib Eestis kõige enam süstivate narkomaanide seas, kuid puuduvad usaldatavad andmed nii HIV levimuse kui ka süstitavate mõnuainete tarvitamise kohta. Sugulisel teel levivate haiguste (STLH) leviku peatamisel on kriitiline roll arstidel; olulised on varane diagnoos ja õige ravi. 11% juhtudest oli STLH puhul välja kirjutatud ravim vastuolus tõendus põhise meditsiini soovistustega; 9% juhtudest oli ravim valitud küll õigesti, kuid liiga väikeses doosis; seega oli ravi vähemalt 20% juhtudest ebaadekvaatne.

Analüüsitud on suremuse ning tervishoiuteenuste kasutamise muutusi, mis on kriitilise tähtsusega teenuste õigeks planeerimiseks. On välja antud raamat, mis annab ülevaate Eesti elanike tervisest, suremusest, tervist mõjutavate tegurite muutumisest 1990ndatel, tervishoiuteenuste arengust ning sotsiaalmajanduslikest mõjudest tervisele.

On laiendatud olemasolevaid ja arendatud uusi meetodeid meditsiiniliste andmete analüüsiks ebatäielike andmete korral. Puuduolev info võib kallutada tulemusi ning muuta küsitavaks põhjuslikud järeldused. Struktuursed keskmise mudelid annavad ka puuduliku info korral õige tulemuse; Fischer ja Goetghebeur on kohandanud seda tüüpi mudeleid platseebo-kontrollrühmaga katsetele. Kavas on seda metodoloogiat üldistada, laiendades seda kaht raviviisi võrdlevaile uurimustele, kordusmõõtmistega uurimustele ning epidemioloogilistele vaatlusuurimustele. Lisaks hindamismeetoditele on vajalik arendada mudeli diagnostikat kõigis eelmainitud olukordades.

PUBLIKATSIOONE

Fischer, K., Goetghebeur, E. Structural mean effects of noncompliance. Estimativ interaction with baseline prognosis and selection effects. *J. Am. Stat. Assoc.* (in press) (2004).

Harro, J., Fischer, K., Vansteelandt, S., Harro, M. Both low and high activities of platelet monoamine oxidase increase the probability of becoming a smoker. *European Neuropsychopharmacology* 14, 65-69 (2004).

Kiivet, R. Eesti inimeste haigestumise ja tervishoiuteenuste kasutamine. *Eesti Arst* 81(4), 206-10 (2002).

Kiivet, R., Harro, J. (Eds.) *Eesti rahva tervis / Health in Estonia 1991–2000*. Tartu (2002).

Kiivet, R. A., Kaur, I., Lang, A., Aaviksoo, A., Nirk, L. Costs of asthma treatment in Estonia. *European Journal of Public Health* 11, 89-92 (2001).

Kunst, A. E., Leinsalu, M., Kasmel, A., Habicht, J. Social inequalities in health in Estonia. Main document. Ministry of Social Affairs, Tallinn (2002).

Lai, T., Kiivet, R., Kallikorm, R., Salupere, R. Patsientide hinnangud oma tervisele krooniliste haiguste korral. *Eesti Arst* 80(10), 450-455 (2001).

Llerena, A., Kiivet, R. A., Dahl, M. L., Sanchez Vega, J., Rootslane, L., Wettermark, B. Psychotropic drug use in non-psychiatric departments of three European university hospitals. *Nordic Journal of Psychiatry* 54, 61-65 (2000).

Muda, P., Kampus, P., Zilmer, M., Zilmer, K., Kairane, C., Ristimäe, T., Fischer, K., Teesalu, R. Homocysteine and red blood cell glutathione as indices for middle-aged untreated essential hypertension patients. *Journal of Hypertension* 21, 2329-2333 (2003).

Pärna, K., Rahu, K., Fischer, K., Mussalo-Rauhamaa, H., Zhuravleva, I., Umbleja, T., Rahu, M. Smoking and associated factors among adolescents in Tallinn, Helsinki and Moscow: a multilevel analysis. *Scandinavian Journal of Public Health* 31, 350-358 (2003).

Rooväli, L., Kiivet R.A. Haiglaravi kasutamine ja kättesaadavus Eestis. *Eesti Arst* 82(6), 388–394 (2003).

Uusküla, A., Kalikova, N., Zilmer, K., Tammai, L., DeHovitz, J. The role of injecting drug use in the emergence of HIV in Estonia. *International Journal of Infectious Diseases* 6, 23-27 (2002).

Uusküla, A., Nygard, J. F., Kibur-Nygaard, M. Syphilis as a social disease: experience from the post-communist transition period in Estonia. *Int. J. STD AIDS*, (in press) (2004).

TERVIST MÕJUTAV KÄITUMINE

Rühma koosseis: Maarike Harro (MD, PhD), Kersti Pärna (MD, PhD), Diva Eensoo (MA), Argo Soon (MD, MA), doktorandid Liis Merenäkk (MSc) ja Inga Villa (MSc).

Peamised uurimisvaldkonnad on isiksuseomaduste ning riskeeriva käitumise vaheliste seoste hindamine ning liikumisharrastuse ja toitumise hindamine koolilastel longituuduuringutes. Uppsala Ülikooli Närviteaduste osakonnast õpitud vereliistakute ensüümi monoamiinoksüdaas-B aktiivsuse mõõtmismetoodika lõi võimaluse hinnata riskeeriva käitumise seost ensüümi aktiivsusega.

Viimastel aastatel on lisaks eeltoodud suunale hakatud rohkem kontsentreerima sekkumisprogrammide efektiivsuse hindamisele, mida tingis praktiline vajadus suurendada sekkumisprogrammide efektiivsust.

Uurimisrühmas on praegu üks teadur, 2 töötajat (eksternina doktoriõppes), 3 doktoranti ning 4 magistranti.

Alates 1999. aastast on osaletud tervishoiu instituudi sihtfinantseeritava teema täitmisel, käesoleval ajal on rühmal kaks Eesti Teadusfondi uuringutoetust ja lepinguline uurimistöo Haigekassa finantseerimisel. Uurimisrühma peamised finantseerimisallikad on olnud Eesti Teadusfond, Rahvatervise Sihtprogramm, Haigekassa tervist edendavate projektide fond.

Koostöös taju ja isiksuse uurimisrühmaga demonstreeriti, et eksisteerib seos riskiva käitumise ning isiksuseomaduste vahel. Peamiseks riskivale käitumisele viitavaks isiksuseomaduseks on madal meelekindlus. Koostöös psühfysioloogia uurimisgrupiga oleme näidanud, et seos teatud käitumise eripärade ning vereliistakute ensüümi monoamiinoksüdaas-B (MAO)

aktiivsuse vahel kaob, kui võtta arvesse suitsetamist. Koostöös psühhofüsioloogia ja biostatistika uurimisgrupiga oleme näidanud, et nii keskmisest madalam kui kõrgem MAO aktiivsus suurendab tõenäosust olla edaspidi regulaarne suitsetaja.

Uurimisrühma strateegia on põhinenud interdistsiplinaarsel ja rahvusvahelisel koostööl.

Seoses uurimisrühma juhi suundumisega Tervise Arengu Instituudi (TAI) direktori kohale, on võimalused koostöökaks veelgi tihedamad. TAI töötab üldise ja molekulaarse epidemioloogia uurimisrühm.

TAI on juhtasutuseks neljale riiklikule programmile. Alates 2003 sügisest kureerib TAI ka suuremahulist *Global Fundi* poolt finantseeritavat HIV nakkuse vastast programmi. Seoses nende programmidega hakkab tervisekäitumise grupi huvi fokuseeruma üha rohkem sekkumisprogrammide efektiivsuse hindamisuuringutele. Tervisekäitumise grupi töö tulemuslikkus sõltub kraadiõppe efektiivsusest, koostööst nii Eestis kui rahvusvahelisel tasandil ning finantseerimise olemasolust.

PUBLIKATSIOONE

Eensoo, D., Paaver, M., Pulver, A., Harro, M., Harro, J. Low platelet MAO activity associated with high dysfunctional impulsivity and antisocial behaviour: evidence from drunk drivers. *Psychopharmacology* 172, 356-358 (2004).

Harro, M. Laste ja noorukite kehalise aktiivsuse ning kehalise võimekuse mõõtmise käsiraamat. Tartu Ülikool (2001).

Harro, M., Eensoo, D., Kiive, E., Merenäkk, L., Alep, J., Oreländ, L., Harro, J. Platelet monoamine oxidase in healthy 9- and 15-years old children: the effect of gender, smoking and puberty. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry* 25, 1497-1511 (2001).

Harro, M., Riddoch, C. Physical activity patterns. In: Armstrong N., Van Mechelen, W. (Eds.) *Paediatric Exercise Science and Medicine*, Oxford University Press, Oxford, 77-84 (2000).

Harro, J. Vansteelandt, S., Fischer, K. Harro, M. Both low and high activity of platelet monoamine oxidase increases the probability of becoming a smoker. *European Neuropsychopharmacology* 14, 65-69 (2004).

Kiive, E., Eensoo, D., Harro, M., Harro, J. Platelet monoamine oxidase activity in association with childhood aggressive and hyperactive behaviour: the effect of smoking? *Personality and Individual Differences* 33(3), 355-363 (2002).

Merenäkk, L., Harro M., Kiive, E., Laidra, K., Eensoo, D., Allik, J., Oreländ, L., Harro, J. Association between substance use, personality traits and platelet MAO activity in preadolescents and adolescents. *Addictive Behaviors* 28, 1507-1514 (2003).

Pärna, K. Passive smoking among adolescents in Estonia. *Hum. Exp. Toxicol.* 18, 229-32 (1999).

Pärna, K., Rahu, K., Fischer, K., Mussalo-Rauhamaa, H., Zhuravleva, I., Umbleja, T., Rahu, M. Smoking and associated factors among adolescents in Tallinn, Helsinki and Moscow: a multilevel analysis. *Scandinavian Journal of Public Health* 31, 350-358 (2003).

Pärna, K., Rahu, K., Rahu, M. Patterns of smoking in Estonia. *Addiction* 97, 871-876 (2002).

Riddoch, C. J., Andersen, L. B., Wedderkopp, N., Harro, M., Klasson-Heggebo, L., Sardinha, L. B., Cooper, A., Ekelund, U. Physical activity levels and patterns of 9 and 15 year old European children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, 86-92 (2004).

Viru, A., Harro, M. Biological aspects of physical activity and health. In: Riddoch, C., McKenna, J. (Eds.) *Perspectives on Health and Exercise*, Palgrave MacMillan Limited Publishers, 229-262 (2002).

Villa, I., Alep, J., Harro, M. Eesti koolilaste tootumine viimasel 15 aastal. *Eesti Arst* 81(1), 9-18 (2002)

ÜLD- JA MOLEKULAAREPIDEMIOLOOGIA

Rühma koosseis: prof Mati Rahu (PhD), prof Toomas Veidebaum (PhD), Tiiu Aareleid (MD PhD), Mall Leinsalu (PhD), Mare Tekkel (MD PhD), Alex Baburin (MSc), Kaire Innos (MD PhD), Kaja Rahu, Sigrid Vorobjov (MSc),

Tatjana Veidemann (MD PhD), doktorant Piret Veerus (MD).

Rühma tuumiku moodustab Tervise Arengu Instituudi (endise Eksperimentaalse ja Kliinilise

Meditsiini Instituudi) epidemioloogia ja biostatistika osakond ja sinna kuulub 13 töötajat. Neist on PhD kraadiga viis ja magistrikraadiga kaks, uurimisrühmas töötab kaks andmeanalüütikut. Alates aastast 2000 on kaitstud kaks doktoriväitekirja ning valmimas on samapalju. Lisaks nimetatutele kuuluvad hetkel osakonna, ent mitte uurimisrühma koosseisu Eesti Meditsiiniline Sünniregister, Eesti Abordiregister (kokku neli töötajat) ning Eesti Uimastiseire Keskus (kolm töötajat).

Peamised teadustööd käsitlevad vähi, tuberkuloosi ja mitmete teiste haiguste esinemist ja riskitegureid, kutse- ja radiatsiooniepidemioloogiat, reproduktiivtervist, haiguste ja teiste tervisega seotud sündmuste registreerimist ning andmekvaliteeti. Paljud teadusprojektid on oma olemuselt registripõhised uuringud – nende tegemisel tuginetakse meditsiiniregistrites ja teistes andmekogudes sisalduvate andmete linkimisele, mis on maailmas muutunud epidemioloogiliste ja teiste rahvatervishoiu-alaste uuringute lahutamatuks meetodiks.

Viimaste aastate tähtsamad tööd: Epidemioloogilised andmeressursid Eestis: registrid, andmebaasid ja nende kvaliteet (K. Innos); Euroopa Liidu ühisprojekt Vähihaigete elulemus Eestis ja teistes Euroopa riikides (T. Aareleid); Emakakaelavähi esinemine ja inimese papilloomiviirus Soomes ja Eestis: vaktsineerimisprogrammide eeldused (M. Kibur-Nygård); seitsme Euroopa riigi ühisuuring Makula degeneratsioonist tingitud nägemispuue Euroopa vanuritel: levimus ja riskitegurid (M. Rahu); koos Soome teadlastega tehtav randomiseeritud mõjutusuuring Hormoonasendusravi postmenopausis – hüved ja ohud (P. Veerus), et välja selgitada hormoonasendusravi pikaajaline efekt tervisele, sotsiaalne efekt vananemisele ja efekt tervishoiuteenuste kasutamisele; viie riigi ühisuuring Tšernobõli veteranide kiirgusannuste rekonstrueerimine (M. Tekkel), mille eesmärk on teha kindlaks Tšernobõli tuumajaama avarii tagajärjel kiiritust saanud isikute kiirgusannused; Eesti-Soome ühisprojekt Radiatsioonitekkelised molekulaargeneetilised muutused Eesti lastel ja täiskasvanutel (M. Tekkel, T. Veidebaum); Sotsiaalmajanduslik ebavõrdsus ning selle toimemehhanismid vaimse ja kehalise tervises seisundi määramisel (M. Leinsalu); Geneetiliste ja molekulaarsete biomarkerite valideerimine keemilise kantserogeneesi korral põlvkivikeemiatööstuse töölistel (T. Veidebaum).

Uurimisrühma olulised viimaste aastate saavutused:

- Eesti epidemioloogiliste andmeressursside arvelevõtmine, kirjeldamine ja hindamine,
- surmaandmebaasi loomine koostöös Eesti Statistikaametiga,
- Eesti rahvastiku tervise iseloomustamine ja andmebaasi loomine Eesti Terviseuuringu raames,
- jätkuv haiguste, eriti vähi esinemise käsitamine Eestis ning võrdlevalt Eestis ja välismaal riikides,
- Eesti andmeid sisaldava Põhja-Euroopa vähiatlase ilmumine,
- Eesti osalemine globaalses vähiseiresüsteemis.

PUBLIKATSIOONE

Aareleid, T., Brenner, H. Trends in cancer patient survival in Estonia before and after the transition from a Soviet republic to an open market economy. *Int. J. Cancer* 102, 45-50 (2002).

Innos, K., Horn-Ross, P. L. Recent trends and racial/ethnic differences in the incidence and treatment of ductal carcinoma in situ of the breast in California women. *Cancer* 97, 1099-1106 (2003).

Innos, K., Rahu, K., Rahu, M., Baburin, A. Sicides among cancer patients in Estonia: a population-based study. *Eur. J. Cancer* 39, 2223-2228 (2003).

Kauppinen, T., Pajarskiene, B., Podniece, Z., Rjazanov, V., Smerhovsky, Z., Veidebaum, T., Leino, T. Occupational exposure to carcinogens in Estonia, Latvia, Lithuania and the Czech Republic in 1997. *Scand. J. Work Environ. Health* 27, 343-345 (2001).

Kibur, M., af Geijerstamm, V., Pukkala, E., Koskela, P., Luostarinen, T., Paavonen, J., Schiller, J., Wang, Z., Dillner, J., Lehtinen, M. Attack rates of human papillomavirus type 16 and cervical neoplasia in primiparous women and field trial designs for HPV16 vaccination. *Sex Transm. Inf.* 76, 13-17 (2000).

Kiuru, A., Auvinen, A., Luokkamaki, M., Makkonen, K., Veidebaum, T., Tekkel, M., Rahu, M., Hakulinen, T., Servomaa, K., Rytomaa, T., Mustonen, R. Hereditary minisatellite mutations among the offspring of Estonian Chernobyl cleanup workers. *Radiat. Res.* 159, 651-655 (2003).

Koupilova, I., Rahu, K., Rahu, M., Karro, H., Leon, D. A. Social determinants of birthweight and length of gestation in Estonia during the transition to democracy. *Int. J. Epidemiol.* 29, 118-124 (2000).

Leinsalu, M., Grintšak, M., Noorkõiv, R., Silver, B. Eesti Terviseuuring: metodoloogiaülevaade – Estonian Health Interview Survey: Methodological Report. EKMI – Institute of Experimental and Clinical Medicine, Tallinn, 194 (1998).

Mackenbach, J. P., Kunst, A. E., Groenhof, F., Borgan, J. K., Costa, G., Faggiano, F., Jozan, P., Leinsalu, M., Martikainen, P., Rychtarikova, J., Valkonen, T. Socioeconomic inequalities in mortality among women and among men: an international study. *Am. J. Public Health* 89, 1800-1806 (1999).

Marcon, F., Zijno, A., Crebelli, R., Carere, A., Veidebaum, T., Peltonen, K., Parks, R., Schuler, M., Eastmond, D. Chromosome damage and aneuploidy detected by interphase multicolour FISH in benzene-exposed shale oil workers. *Mutat. Res.* 445, 155-166 (1999).

Pukkala, E., Söderman, B., Okeanov, A., Storm, H., Rahu, M., Hakulinen, T., Becker, N., Stabenow, R., Bjarnadottir, K., Stengrevics, A.,

Gurevicius, R., Glatte, E., Zatonski, Men, T., Barlow, L. *Cancer Atlas of Northern Europe*. Cancer Society of Finland, Helsinki, 69, 2001.

Rahu, M., Rahu K., Baburin, A., Leon, D. Alkoholisõltuva suremuse hariduserinevused Eestis – kas meil on vaja seda teada? *Eesti Arst* 82, 85-92 (2003).

Rahu, M. Health effects of the Chernobyl accident: fears, rumours and the truth. *Eur. J. Cancer* 39, 295-299 (2003).

Tekkel, M., Rahu, M., Loit, H.-M., Baburin, A. Risk factors for pulmonary tuberculosis in Estonia. *Int. J. Tuberc. Lung. Dis.* 6, 887-894 (2002).

Winkelmann, R. A., Okeanov, A., Gulak, L., Remennik, L., Rahu, M., Storm, H. H. *Cancer Registration Techniques in the New Independent States of the Former Soviet Union*. IARC Technical Report No 35. IARC, Lyon, VI + 198 (1998).

KINANTROPOMEETRIA

Rühma koosseis: prof Toivo Jürimäe (PhD), Vello Hein (PhD), Jaan Loko (PhD), Ants Nurmekivi (PhD), Jaak Jürimäe (PhD), Terje Sööt (MSc), Leila Oja (PhD), doktorandid Andre Koka (MSc), Aire Leppik (MSc), Jarek Mäestu (MSc).

Viimasel viiel aastal on uuritud laste kehalise aktiivsuse, motoorse võimekuse, antropomeetria näitajate, mootorsete vilumuste ja bioloogilise arengu vahelisi seoseid. Uuringute tulemused on suures osas avaldatud monograafias "Growth, Physical Activity and Motor Development in Prepubertal Children".

Süvendatult on uuritud laste keha koostise määramisega seotud probleeme. Mõnevõrra üllatuslikult leiti, et keha rasvaprotsendi määramisel on antropomeetria näitajatest sageli übermõeldud olulisemad kui nahavoltide paksused. Siiski on suhteliselt täpsel DXA meetodil määratud rasvaprotsent (nii keha kui ka eraldi käte, jalgade ja kere rasvaprotsent) usutavas seoses nahavoltide paksustega. Keha bioelektrilise takistuse määramise meetodiga arvatud rasvaprotsent on suurel määral seotud laste antropomeetria näitajatega, eriti nahaluse rasvkoe paksuse osas. Kokkuvõtvalt on mitmete analoogsete uuringute tulemused publitseeritud ka rahvusvahelises kogumikus.

Mitmeid keha koostise määramise ning vere lipiididega seotud probleeme on uuritud koostöös Graz'i Ülikooli (Austria) teadlastega, mille tulemusena on avaldatud mitmeid artikleid tippajakirjades.

Tippportlastest on kõige rohkem uuritud sõudjaid. Erinevate uuringute tulemusena on esitatud testide kompleks hindamiseks nii sõudjate üldist kui ka erialast treenitust. Suurt tähelepanu on pööratud ülepingutuse ja ületreenituse määramisele sõudjatel kasutades erinevaid biokeemilisi markereid, kusjuures suurt tähtsust võib siin omada vere leptiinisalduse muutuste jälgimine. Perspektiivikad on ka kompleksuuringud,



Osa uurimisrühmast – osalejad Euroopa Spordikolledži aastakongressil Salzburgis juulis 2003.

kus biokeemiliste markerite kõrval kasutatakse ka psühholoogilisi teste.

Kesk- ja pikamaajooksjatele on välja töötatud uus hindeskaala hindamaks sportlaste valmisolekut intervalljooksude puhul alustada uut jooksulõiku. Siit järeldus, et sportlaste valmisoleku hinnangud on tugevas seoses nende südame löögisagedusega, kuid mitte vere laktaadisaldusega.

PUBLIKATSIOONE

Jürimäe, T., Hills, A. (Eds.) *Body Composition Assessment in Children and Adolescents*. Karger, Basel (2001).

Jürimäe, T., Jürimäe, J. *Growth, Physical Activity and Motor Development in Prepubertal Children*. CRC Press, Boca Raton, (2000).

Jürimäe, T., Jürimäe, J., Leppik, A. Relationship between bioelectrical resistance and somatotype in 9- to 10-year-old children. *Ann. NY Acad. Sci.* 904, 187-189 (2000).

Jürimäe, J., Mäestu, J., Jürimäe, T. Leptin as a marker of training stress in highly trained male rowers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 90, 533-538 (2003).

Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Jürimäe, T., Sööt, T. Relations among heavy training stress, mood state, and performance for male junior rowers. *Percept. Mot. Skills* 95, 520-526 (2002).

Jürimäe, T., Sudi, K., Jürimäe, J., Payerl, D., Rüütel, K. Relationship between plasma leptin

levels and body composition parameters measured by different methods in postmenopausal women. *Am. J. Hum. Biol.* 15, 6, 628-636 (2003).

Jürimäe, T., Sudi, K., Payerl, D., Leppik, A., Jürimäe, J., Müller, R., Tafeit E. Relationship between bioelectrical impedance and subcutaneous adipose tissue thickness measured by lipometer and skinfold calipers in children. *Eur. J. Appl. Physiol.* 90, 1-2, 178-184 (2003).

Karu, T., Nurmekivi, A., Lemberg, H., Pihl, E., Jürimäe, T. Relationship between perceived readiness to run and physiological variables during repeated 2000 m boat in middle-distance runners. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 10, 1, 33-36 (2000).

Leppik, A., Jürimäe, T., Jürimäe, J. Influence of anthropometrical parameters of the body composition measured by bioelectrical impedance analysis or DXA in children. *Acta Paediatr.* (in press) (2004).

Mäestu, J., Jürimäe, J., Jürimäe, T. Hormonal reactions during heavy training stress and following tapering in highly trained male runners. *Horm. Metab. Res.* 35, 2, 109-113 (2003).

Sudi, K., Jürimäe, J., Payerl, D., Pihl, E., Möller, R., Tafeit, E., Jürimäe, T. Relationship between subcutaneous fatness and leptin in male athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33, 8, 1324-1329 (2001).

TOITUMISE JA SPORDIFÜSIOLOOGIA

Rühma koosseis: prof Vahur Ööpik (PhD), prof Mati Pääsuke (PhD), Lennart Raudsepp (PhD), Tamara Janson (MD, PhD), Eve Pihl (MD, PhD), Kalle Karelson (PhD), Luule Medijainen (MSc), Jaan Erelaine (MSc), Merike Kull (MSc), Saima Timpmann (MSc), Helena Gapeyeva (MD, PhD), doktorandid Ivi Saaremets (MSc), Karin Tammik (MSc), Saima Kuu (MSc), Ege Johanson (MSc), Eric Roots (MSc), Roomet Viira (MSc)

Uurimisrühm on viimastel aastatel tegelenud mitmete toidulisandite toime väljaselgitamisega kõrge treenitusega sportlaste ainevahetusele ja kehalisele töövõimele. Kreatiini monohüdraat on käesoleval ajal sportlaste seas maailmas kõige laialdasemalt tarbitav toidulisand. Süsteemselt on käsitletud kreatiini kasutamise efektiivust kahevõistluse alade sportlastel kehakaaluga manipuleerimise foonil. Uuringud süsinikuahela keskmise pikkusega rasvhapete manustamise

toimest kesk- ja pikamaajooksjatel on näidanud, et kõnealuste ühendite regulaarne tarbimine kutsub organismis küll esile kindlasuunalisi ainevahetuslikke muutusi, kuid nende vastupidavusliku töövõimet suurendav efekt, mida tootjad ja turustajad rõhutavad, on küsitav. Naatriumtsitraadi manustamisega lühiajaliselt enne kehalist pingutust on võimalik sihipäraselt mõjutada nii energeetilisi protsesse skeletilihastes töö ajal kui ka organismi vedelikutasakaalu ning saavutada vastupidavuslikku töövõimet suurendav efekt. Tippspordis rakendatavad suured koormused on seotud oluliste metaboolsete ja hormonaalsete muutustega organismis. Meie uuringud on näidanud, et adekvaatne kehaline koormus ning hea kardiovaskulaarne võimekus seostuvad madalama oksüdatiivse stressi ning põletikuliste näitajate tasemega vereseerumis. Antud valdkonnas toimub tihe



Aeroobse võimekuse mõõtmine.



Liigutustegevuse biomehaanilised uuringud BTS ELITE 2002-ga.

koostöö mitmete Eesti tippspordlastega, täiendamaks rutiinseid testimismeetodeid ning vältimaks ületreenitusseisundit.

Sportliku treeningu mõjul närvilihassüsteemis toimivate adaptiivsete muutuste selgitamisele pühendatud uuringud on näidanud, et kiirusjõutreening kutsub esile lihaste jõu ning kontraktiooni- ja lõõgastumise kiiruse olulise suurenemise, kusjuures vastupidavustreeninguga olulisi nihkeid lihaste kontraktiilsetes omadustes ei kaasne. Viimasega kaasneb aga motoneuronite reflektorse erutuvuse tõus, samuti närvi-lihassüsteemi väsimusresistentsuse suurenemine. Lihaste kontraktiilsete omaduste ealiste muutuste uurimisel on selgunud, et alajäsemete lihaste jõud hakkab naistel langema 40. ja meestel 50. eluaastatel ning lihaste kontraktiooni ja lõõgastumise kiirus hakkab vähenema nii meestel kui ka naistel 50. eluaastatel. Uuringutest on selgunud, et vanemaealistel mõõdukalt väljendunud Parkinsoni tõvega patsientidel on alajäsemete lihaste funktsionaalne võimekus alanenud võrreldes samas vanuses tervete indiviididega eelkõige jõugenereerimise aeglustumisega erinevate liigutusülesannete täitmisel, kusjuures neil ei esine olulist langust lihaste maksimaaljõus. On alustatud inimese liigutustegevuse biomehaanilisi uuringuid, kasutades modernset aparatuurikompleksi BTS ELITE 2002.

Laste ja noorte tervisekäitumist mõjutavate psühhosotsiaalsete faktorite väljaselgitamisele suunatud uuringud on näidanud, et noorukite kehalist aktiivsust määravatest teguritest on olulisemad lähedaste (sõbrad, eakaaslased, lapsevanemad) kehaline aktiivsus, kehaline enesetaju ja rahuolu ning kehaliste harjutuste nautimine. Tuleb aga märkida, et psühhosotsiaalsete tegurite mõju noorukite kehalisele aktiivsusele on longitudinaalselt küllaltki varieeruv.

PUBLIKATSIOONE

Pihl, E., Zilmer, K., Kullisaar, T., Kairane, C., Pulges, A., Zilmer, M. High-sensitive C-reactive protein level and oxidative stress-related status in former athletes in relation to traditional cardiovascular risk factors. *Atherosclerosis* 171, 321-326 (2003).

Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H. Twitch contractile properties of plantarflexor muscles in power and endurance trained athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80, 448-451 (1999).

Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H. Neuro-muscular fatigue during repeated exhaustive submaximal static contractions of knee extensor muscles in endurance-trained, power-trained

and untrained men. *Acta Physiol. Scand.* 166, 319-326 (1999).

Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Sirkel, S., Sander, P. Age-related differences in twitch contractile properties of plantarflexor muscles in women. *Acta Physiol. Scand.* 170, 51-57 (2000).

Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Maamägi, H. Comparison of twitch contractile properties of plantar flexor muscles in young and 52- to 63-year-old men. *J. Aging. Phys. Activity* 10, 160-168 (2002).

Pääsuke, M., Möttus, K., Ereline, J., Gapeyeva, H., Taba, P. Lower limb performance in older female patients with Parkinson's disease. *Aging. Clin. Exp. Res.* 14, 185-191 (2002).

Viira, R., Raudsepp, L. Psychosocial correlates of physical activity among seven through eighth grades. *J. Hum. Mov. Stud.* 44, 501-517 (2003).

Viru, A., Hackney, A.C., Välja, E., Karelson, K., Janson, T., Viru, M. Influence of prolonged continues exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans. *Eur. J. Physiol.* 85, 578-585 (2001).

Ööpik, V., Pääsuke, M., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J., Gapeyeva, J. Effects of creatine supplementation during recovery from

rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 42(3), 330-339 (2002).

Ööpik, V., Pääsuke, M., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J., Smirnova, T. Effect of creatine supplementation during rapid body mass reduction on metabolism and isokinetic muscle performance capacity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78, 83-92 (1998).

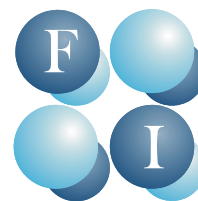
Ööpik, V., Saaremets, I., Medijainen, L., Karelson, K., Janson, T., Timpmann, S. Effects of pre-exercise sodium citrate ingestion on endurance performance capacity in well-trained college runners. *Br. J. Sports Med.* 171, 321-326 (2003).

Ööpik, V., Timpmann, S., Medijainen, L., Lemberg, H. Effects of daily medium-chain triglyceride ingestion on metabolism and endurance performance capacity in well-trained runners. *Nutr. Res.* 21, 1125-35 (2001).

Ööpik, V., Timpmann, S., Medijainen, L., Pääsuke, M., Gapeyeva, H., Ereline, J., Roots, E. Short-term creatine supplementation and high intermittent intensity working capacity. In: Martos, E. (Ed.) XXVII FIMS World Congress of Sports Medicine. Monduzzi Editore, Bologna, 223-226 (2002).

TARTU ÜLIKOOLI FÜÜSIKA INSTITUUT

Juht dr Kristjan Haller
TÜ Füüsika Instituut, Riia 142, 51014 Tartu
Tel. + 372 742 8102
Faks + 372 738 3033
dir@fi.tartu.ee
<http://www.fi.tartu.ee>



UURIMISRÜHMAD

VALGUSTUNDLIKE MATERJALIDE SPEKTROSKOPIA

Juht prof Jaak Kikas
TÜ Materjaliteaduse instituut
Tähe 4, 51010 Tartu
Tel. + 372 73 75541
jaak@physic.ut.ee

NANOTEHNOLOOGIA

Juht dr Kristjan Haller
EV Haridus- ja Teadusministeerium
Munga 18, 50088 Tartu
Tel. + 372 735 0211
Kristjan.Haller@hm.ee

BIOFÜÜSIKA

Juht dr Arvi Freiberg
TÜ Füüsika Instituut
Riia 142, 51014 Tartu
Tel. + 372 738 3024
freiberg@fi.tartu.ee

KESKKONNA RADIOAKTIIVSUS

Juht dr Enn Realo
TÜ Füüsika Instituut
Riia 142, 51014 Tartu
Tel./faks + 372 738 3035
realo@fi.tartu.ee

TEOREETILINE FÜÜSIKA

Juht prof Vladimir Hižnjakov
TÜ Füüsika Instituut
Riia 142, 51014 Tartu,
Tel. + 372 738 3017
hizh@fi.tartu.ee

OPTIKA

Juht prof Peeter Saari
TÜ Füüsika Instituut
Riia 142, 51014 Tartu
Tel. + 372 738 3016
psaari@fi.tartu.ee

KIIRITUSFÜÜSIKA

Juht prof Aleksandr Luštšik
TÜ Füüsika Instituut
Riia 142, 51014 Tartu
Tel. + 372 738 3026
luch@fi.tartu.ee

Tippkeskus hõlmab tervet Tartu Ülikooli Füüsika Instituuti, kõiki selle laboreid, uurimisrühmad vastavad üldjootes sihtfinantseeritavate teemade uurimiskollektiividele. Instituut on vanimaid ja kaalukamaid teadusasutusi Eestis. Ta on asutatud 1947. aastal, algselt tollase Eesti NSV Teaduste Akadeemia Füüsika, Matemaatika ja Mehaanika Instituudina. Instituudis/keskuses on töös ligi 80 teaduste doktorit (PhD, DSc).

Teadustegevuse põhisuunad:

- materjaliteadus (uuritakse/arendatakse laserite, luminescentsvalgustite ja -kuvarite, kiirgusdosimeetrite ja gaasiandurite materjale) – VALGUSTUNDLIKE MATERJALIDE SPEKTROSKOPIA, NANOTEHNOLOOGIA, KIIRITUSFÜÜSIKA uurimisrühmad, teooriatugi – TEOREETILISE FÜÜSIKA rühmalt;
- aine süvastruktuuri teooria (objektiks elementaarosakesed ja väljad, molekulid ja tahkised) – TEOREETILISE FÜÜSIKA rühm;
- laserfüüsika ja laseroptilised tehnoloogiad (eksimeerlaserite arendamine, ülikoondatud laserikimbud) – OPTIKA rühm;
- keskkonnafüüsika (radioaktiivsus Eestis) – KESKKONNA RADIOAKTIIVSUSE rühm;
- biofüüsika (fotosünteesi mikroprotsessid) – BIOFÜÜSIKA rühm.

Instituut/tippkeskus püüab kaasa aidata kõrgtehnoloogilise tööstuse kujunemisele ja arengule Eestis. Erilist huvi pakuvad Eesti ettevõtetele (Tartu väikefirma Estla, Tallinna väikefirma Neweks) ultraviolettkiirgust andvate eksimeerlaserite arendused, samuti arendustööd tööstuses ja meditsiinis vajalike gaasiandurite uute tüüpide väljatöötamisel. Rootsi tööstusettevõtte NQUIP Lundis toodab õppetöös ja tööstuses kasutuskõlblikku teravikmikroskoobi robustset varianti. On alustatud töid väljatransistoride valmistamise tehnoloogia väljatöötamiseks C₆₀ monokristalli baasil.

Tõhus on tippkeskuse koostöö Eesti keskkonnahoolde asutustega, Eesti radioaktiivsuse ja selle levikuohutude, samuti radioaktiivsete jäätmete käitlemise nõustamise alal, ka TÜ Nahahaiguste kliinikuga laserravi seadmete alal.



Joonis 1.
TÜ FI põhilisi uurimisobjekte: helendavad kristallid. Neid kasvatatakse kohapeal.

Eriti agaralt tehakse koostööd Rootsi, Saksamaa, USA, Soome ja Itaalia teaduskeskuste ja ülikoolidega, kuid ka Läti, Leedu, Hollandi, Prantsusmaa, Taani, Islandi, Kanada jt maade teadlastega. Teadlasvahetus on tunduvalt aktiveerunud alates 2001. aastast Euroopa Komisjoni rahalisel toetusel: aastal 2000 sai Instituut Euroopa Komisjoni teaduse tippkeskuseks (Centre of Excellence).

Aastail 2001-2003 on keskuses tehtud uuringute alusel kaitstud 5 doktori- ja 10 magistritööd, praegu on teoksil 8 doktori- ja 9 magistritööd.

Markantsematest toetustest võiks mainida:

- NATO "Science for Peace" grant SFP-973510 uute stsintillaatorite väljatöötamiseks (S. Zubovits, 2000-2003);
- Organisatsiooni NORFA grant sünkrotronkiirgusel baseeruva elektronspektroskoopia uurimusteks (A. Kikas, 2003-2006);
- Leping TÜFI ja OSRAM SYLVANIA Development Inc. (Beverly, USA) vahel spektraaltransformaatorite ja gaaslahendusseadmete väljatöötamiseks (A. Luštšik, 2000-2001);
- INCO-Copernicus grant, Contract ERBIC15CT lühilainelise laseroptika väljatöötamiseks (V. Denks, 1997-2000);
- Kanada Kosmoseagentuuri (Canadian Space Agency) leping nr. 9FO28-6-6045/001/XCD kiirituskindlate lasermaterjalide ja sageduskordistavate kristallide täiustamiseks (V. Denks, 1996-97).

Valik tähtsamaid seadmeid:

VALGUSTUNDLIKE MATERJALIDE SPEKTROSKOOPIA: ülikõrglahutusega (1 MHz) laserspektromeeter firma Coherent skaneeritava ühesagedusliku värvilaseri baasil üksikmolekulide spektroskoopia ja spektraalsäkkamise tarbeks; laserspektromeeter kahemõõtmeliste kiirgusergastusspektrite mõõtmiseks;

aeglahutusega (kuni 10 ns) kõrgtundlik spektromeetiline kompleks väikeste ainehulkade (nanokiled, kvantpunktid) karakteriseerimiseks (temperatuurid kuni 2 K, püsomagnetväljad kuni 4T);

kõrgrõhusüsteem (15 kbar) madalatemperatuurseks (2-300 K) optiliseks pneumospektroskoopiaks;

optiliselt detekteeritud mikrolaine resonantsi (ODMR) spektromeeter.

NANOTEHNOLOOGIA:

kaks aatomkihtsadestamisseadet;

laserablatsiooni seade;

teravikmikroskoop AutoProbe CP;

lähiväljamikroskoop NSOM-100;

elektrondifraktomeeter;

Auger' elektronspektromeeter.

BIOFÜÜSIKA:

Pikosekundilise ajalise lahutusega fluorestsentspektromeeter, mis baseerub Coherent värvlaseril;

Ti:safiir tahkislaser (Spectra Physics) sälkamispektroskoopiaks koos CCD kaameraga (Andor) varustatud registreerimissüsteemiga;

mitu erinevat kõrgrõhusüsteemi, sh teemantalasitel põhinev rakk (Diacell), mis võimaldab optilisi mõõtmisi rõhkude vahemikus 0-30 kbar ja temperatuuride vahemikus 4-300 K;

Zeiss mikroskoobil, Spex spektromeetril, Andor CCD kaameral ja EGG laviinfotodiodil põhinev mikrospektroskoopiline mõõtesüsteem;

ajas korreleeritud üksikute fotonite registreerimise süsteem (Ortec) kiirguse subnanosekundiliste kustumisaegade mõõtmiseks.

KESKKONNA RADIOAKTIIVSUS:

kõrge lahutusega madalafooniline HPGe γ -spektromeeter;

madalaenergeetiline madalafooniline HPGe γ -spektromeeter (ORTEC, USA);

maa-ala pidevseire monitor AAM-90;

radoonimonitor RM-3B.

OPTIKA:

meditsiiniotstarbeline vaskaurudel töötav alalis-laser (1,5 W, valgusjuhiga suunatav roheline kiir);

katseseade uurimaks tahkiste elektronjuhtivust ülimaladalatel temperatuuridel (kuni 0,3 K) ja tugevates magnetväljades (kuni 2,5 T);

lennuaja-mass-spektromeeter optiliste materjalide ja optiliste pinnakatete laser-indutseeritud erosiooni ja kahjustuste uurimiseks;

kogu nähtava valguse ja ultraviolet- ning vaakuultraviolettpiirkonnas töötavad kiirguse spektromeetrid, mis on varustatud arvutijuhitavate ICCD kaameratega (Andor Tec. Inc.);

interferomeetria ja holograafia nõutele vastava täpsuse ja vibratsioonikindlusega optiline laud katseseadmetega ülilühikese kestusega valgusvälksignaali ja valgusväljade disainimiseks ja uurimiseks, mis sisaldab pikosekundvälkevõlvserit (Spectra Physics), sünkrokaneeeringuga elektronoptilist kaamerat (Hamamatsu) ja arvutijuhitavaid CCD-kaameraid, piesoelektrilisi nanosekund-täpsusega nihketranslaatoreid jm täppisoptikat.

KIIRITUSFÜÜSIKA

VUV-kaksikmonokromaatoriga katoodluminesentsi mõõteaparaat (1-10 keV elektronimpulss, $h\nu = 1,8-11$ eV);

impulss-katoodluminesentsi aeglahutusega (3-15 ns) mõõteseade (≤ 300 keV elektronimpulssid, $h\nu = 1,7-8,0$ eV, $T = 8-700$ K);

EPR spektromeeter ERS-231 (X-riba) heeliumvoolu-krüostaadiga ($T = 3,9-450$ K);

elektron-spektromeeter Gammadata-Scienta SES100;

röntgenspektromeeter RSM 500 ($h\nu = 50-1000$ eV);

aeglahutusega polarisatsioon-spektroskoopia kompleks ($h\nu = 1-6$ eV, $T = 1,7-500$ K);

termoluminesentsi registraator TLD Reader, System 310;

defektitekke uurimiskompleks eksimeerlaseriga; kristallsaatorid rasketisulavate oksiidide (kuni 3000°C) ning ülipuhaste leelishalogeniidide monokristallide kasvatamiseks ja legeerimiseks.

VALGUSTUNDLIKE MATERJALIDE SPEKTROSKOOPIA

Valguse ja aine vastastikmõju protsessid (valguse neeldumine, kiirgumine ja levik aines), mida uurib optiline spektroskoopia, on olulised nii oma rakenduste (laserid, optiline side ja infosalvestus) kui ka tähtsuse ja tähenduse poolest füüsikalisele maailmamõistmisele. Põhimõtteliselt uuele tasemele tõusid taoliste nähtuste uuringud laserite kasutuselevõttuga – FI-s viis see ühe Eesti füüsika tipptulemuseni – spektraalsälkamise nähtuse avastamiseni 1974. a ja selle baasil uute ülikõrglahutusega spektroskoopiliste meetodite loomiseni. Loogiliseks sammuks teel spektraalmeetodite järjest kasvava tundlikkuse poole sai üksikmolekulide spektroskoopia.

Spektraalsälkamine ja üksikmolekulide spektroskoopia lubab teatud tingimustel valgusega mõjutada molekule väga valikuliselt – piiril vaid ühte molekuli, millel on mingi kindel siirdesagedus. Nagu inimene rahvahulgas reageerib oma nimele, nii reageerib ka tahkises asuv lisandimolekul vaid temale omase sagedusega valguskvandile. See omadus põhineb üksiklisandite spektrites esinevatel ülikitsastel nn foononvabadel joontel. Foononvabad jooned muudavad lisandimolekulid ülitundlikeks sondideks, mis annavad teavet nende ümbruses toimuva kohta. Ühtlasi annavad nad võimaluse väga delikaatseks manipuleerimiseks ainega nano- ja sub-nanotasandil. Kasutades unikaalset (vaid 1-2 laboris maailmas kätte-



Üksikmolekulide spektroskoopia laboris.

saadavat) katsetingimuste kombinatsiooni (madalad temperatuurid + kõrged rõhud + ülimonokromaatne laserkiirgus), oleme näidanud, et taolistel tingimustel muutuvad polü-meersete klaaside omadused – neis "pressitakse kinni" relaksatsiooniprotsessid – kahaneb klaase kristallidest eristav "seesmise vabaduse" määr. Nähtuse teoreetiline mõttestamine on lubanud edasi arendada ka muudele, mida kasutatakse amorfsete süsteemide kirjeldamisel.

Kui varasemad spektroskoopilised uuringud tegelesid suuresti selliste "klassikaliste" tahkistega nagu kristallid (sh molekulaarkristallid), siis viimastel aastatel oleme laiendanud neid töid mitmetele "mitteklassikalistele" tahkistele, sealhulgas nn ühismööduta süsteemidele ("peaaegu-kristallid", kus siiski puudub nihkesümmeetria). Oleme viimastes proovilisandite abil sedastanud protsesse, mida harilikult on täheldatud vaid tugevalt korrastamata (amorfsetes) süsteemides. Lisaks optilisele kõrglahutusele on siin abiks olnud ka kahemõõtmeliste ergastus-kiirgusspektrite mõõtmine (luminesentskiirguse intensiivsuse sõltuvus ergastuse ja registratsiooni lainepikkustest). Taolistes 2D spektrites esitub spektraalinformatsioon "lahti-pakitud" kujul – nagu samakõrgusjoontega topograafilisel kaardil. Nagu kaart on teaberikkam võrreldes vaatega maastikule ühest punktist, nii on seda ka 2D spektroskoopia tavaspektroskoopiaga võrreldes.

Uurimisobjektide kõrval, mille valmistamine on võimalik suhteliselt lihtsate meetoditega, oleme järjest suuremat tähelepanu pööranud struktuuridele, mille saamine on võimalik vaid kõrgtehnoloogiliste vahenditega, aga mis pakuvad seda suuremat rakenduslikku huvi. Sellisteks on aatomkihtsadestusega (üksikute aatomkihtide kaupa) kasvatatud õhukesed oksiidkiled (titaanoksiidi erinevad faasid, tsirkoonium- ja hafniumoksiid). Valguse levik taolistes kilestruktuurides pakub ka iseseisvat rakenduslikku huvi, kiledes spektraalomadused annavad aga teavet kiledes ehituse kohta, mis on oluline aatomkihtsadestuse meetodi enese arendamiseks.

PUBLIKATSIOONE

Hizhnyakov, V., Kikas, J., Kuznetsov, An., Laisaar, A., Suisalu, A. Pressure-induced transformations of low-energy excitations in glasses. *Physica B* 316-317, 527-530 (2002).

NANOTEHNOLOOGIA

Tahkise omadused sõltuvad tugevasti aatomite paigutusviisist (pakkest) tema kristallivõres. Nanoteaduse üks eesmärke on leida seoseid nanomeetrite (10^{-9} m) piirkonda jäävate pakkeisearasuste ja tahkise omaduste vahel. Need seosed on muutunud intensiivse eksperimentaalse ja teoreetilise uurimise objektiks. Nanouuringutel osutavad suurt abi niisugused ülisuure eristusvõimega mikroskoopia tehnikad nagu läbistatus-elektronmikroskoopia,



Laserspektroskoopia laboris.

Laserspektroskoopia laboris.

Kiisk, V., Sildos, I., Suisalu, A., Aarik, J. Spectral narrowing of self-trapped exciton emission in anatase thin films. *Thin Solid Films* 400, 130-133 (2001).

Plakhotnik, T., Palm, V. Interferometric signatures of single molecules. *Phys. Rev. Lett.* 87, 18, 183602(1-4) (2001).

Rebane, K. K. Purely electronic zero-phonon line as the foundation stone for high resolution matrix spectroscopy, single impurity molecule spectroscopy, persistent spectral hole burning, *J. Lumin.* 100, 1-4, 219-232 (2002).

Zazubovich, V., Suisalu, A., Leiger, K., Laisaar, A., Kuznetsov, An., Kikas, J. Pressure effects on the spectra of dye molecules in incommensurate and commensurate phases of biphenyl. *Chem. Phys.* 288, 1, 57-68 (2003).

tunnelmikroskoopia ja aatomjõumikroskoopia (kaks viimast koos kannavad nime "teravikmikroskoopia"). Nanoprobleemide aktuaalsusele viitab asjaolu, et pooljuhtelektroonikas, kus nanomõõtmelises pole ammu enam uus mõiste, on osa kriitilisi mõõtmeid lähenemas suurusele, mis võrdub vaid kümnekonna võreaatomi vahelise kaugusega. Tahkiste nanotehnoloogia tegeleb nanostruktuursete ja nanodimensionaalsete materjalide sünteesiga.

Rühma nanotehnoloogia-alases tegevuses on tähtis koht metalloksiidkilede aatomkihtsadestamisel, sadestatud kilede iseloomustamisel, sadestamistehnika arendamisel ja nanokilede rakenduse mitmekesistamisel.

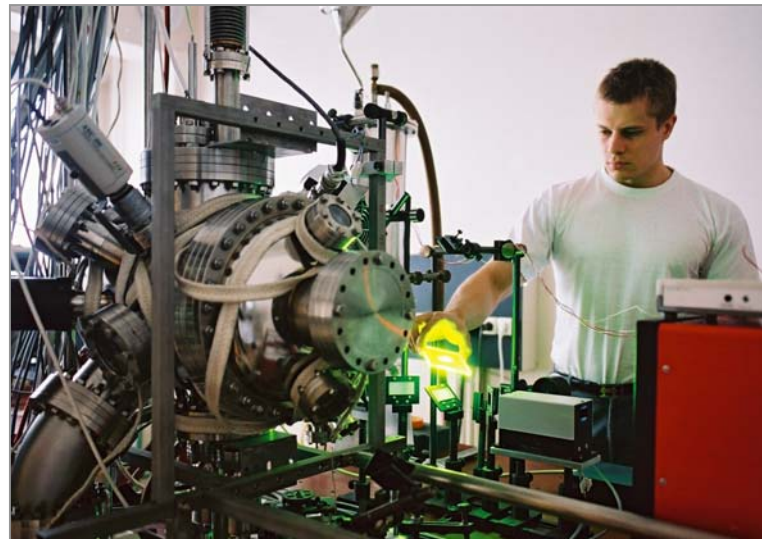
Aatomkihtsadestamine on tahkisekilede sünteesi eriline impulssmenetlus. Üles ehitatud lähteaineaurude poolt esilekutsutud iseküllastuvatele pinnareaktsioonidele, annab ta võimaluse korraldada sünteesi üksikute aatomkihtide kaupa. See tõhustab kontrolli sadestamise üle ja loob head eeldused täiuslike nanokilede valmistamiseks. Viimasel ajal tõmbab aatomkihtsadestamine endale üha rohkem tähelepanu. Elektroonikatööstus kavatseb selle menetluse toel tuua järgmise põlvkonna integreeritud komponentidesse sisse suure dielektrilise läbitavusega üliõhukesed isoleerkihid. Kuid probleeme jätkub siin veel kuhjaga. Nende ületamispüüdeid tehakse paljudes maailma laborites.

Rühmas õnnestus hiljuti saada häid tulemusi perspektiivseimaks peetava isolaatormaterjali HfO_2 aatomkihtsadestamisel uutest lähteainekombinatsioonidest. Tehti kindlaks, kuidas selle ja teiste (TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2) oksiidide sadestamisparameetrite varieerimisel muutub kile struktuur. Kasvatati parendatud elektriliste, optiliste ja luminesentsomadustega kilesid. Kõrgkvaliteedilise SnO_2 epitaksiaalkile pakke-defektivabadust ja lahutuspinna järskust demonstreerib joonis 2. Katseandmed näitasid, et kui SnO_2 kvaliteetkiled on üliõhukesed (~ 10 nm), on nad kasutatavad uuelaadsete pooljuht-gaasisensorite funktsionaalelementidena.

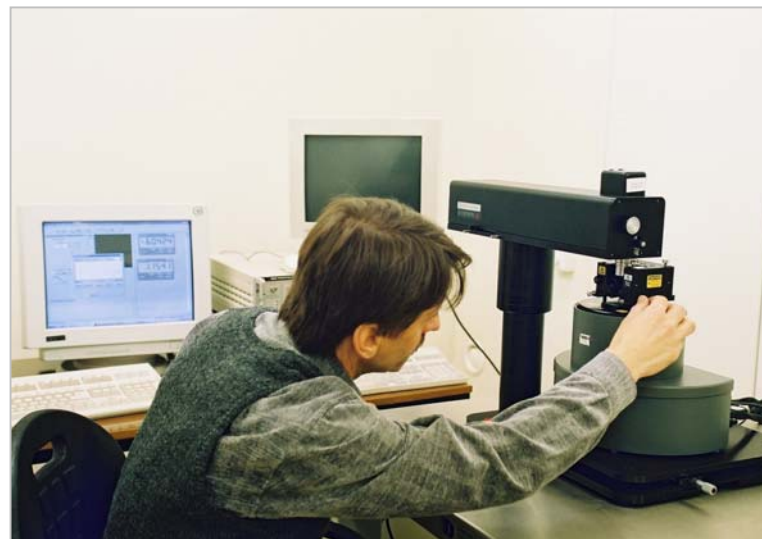
Grupis sadestatakse kilesid ka laserablatsiooniga. Laserablatsioon on samuti impulssmenetlus. Sadestamine toimub pilvest, mis tekitatakse märklaua pinna laseraurustamise teel. Menetlusel on suuri eeliseid kompleksse koostisega kilede sadestamisel. See tehnika võimaldab kilesid ka kontrollitavalt söövitada. Eksimeerlaserablatsiooniga valmistati grupis nanostruktuurseid $\text{Cr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ kilesid pooljuht-gaasisensorite jaoks.

Edasi paar sõna töödest, mis kuuluvad teravikel baseeruvate nanomõõtmistehnikate arendamise ringi.

Kõigepealt peatume teravikmikroskoopia ja läbistus-elektronmikroskoopia meetodite ühendamisel. Hübridiseerimise eesmärk on teha võimalikuks ajalis-ruumilise info saamine mõõtetaraviku ja uurimisobjekti vahelisest nanokontaktist. See info on kasulik kontakti olemuse selgitamisel. Tähtis on niisuguste parameetrite



Laserablatsioon käib.



Uuringud teravikmikroskoobiga.



Joonis 2.
Siirde $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (all) – SnO_2 (ülal) aatomlahutusega elektron-mikroskoopkujutis.

mõõdetavaks tegemine nagu kontakti lahtirebimise jõud ja elektrijuhtivus. Väljatöötatud hübriidsüsteemi südamik (joonis 3) on minimõõtmega teravikmikroskoop. Täpsemalt, see on mõnekümnest pretsiisest detailist koosnev ja kolmedimensionaalset positsioneerimist võimaldav silindrilise sümmeetriaga sõlm läbimõõduga 5 mm. Uus süsteem leidis kohese rakenduse teravikevaheliste kontaktide uurimisel.

Grupi mõõtetervike programmi raames valmistati, kasutades sool-geel menetlust, hea läbi paistvuse ja elektrijuhtivusega teravik (joonis 4). See uus odav instrument kulub marjaks ära optilise lähiväljamikroskoopia ühendamisel tunnelmikroskoopiaga. Sedasorti liitmiskatsetel on teraviku materjaliks ikka olnud looduslik juhtiv teemant. Ent nii sellel haruldasel materjalil endal kui ka tema töötlusel on üpris kõrge hind. Siit järeldub varasema lahenduse ebapraktilisus.

Veel üks grupis arendatav analüüsisuund on nanotomograafia. Nanotomograafia on meetod, mille abil saab nanotäpsusega visualiseerida uuritavate objektide pinnalähedase ruumi pakkestruktuuri. Meetodis kombineeritakse teravikmikroskoopilised mõõtmised objektikihtide järjestikuse eemaldamisega. Me kasutame söövitusseks laserablatsiooni.

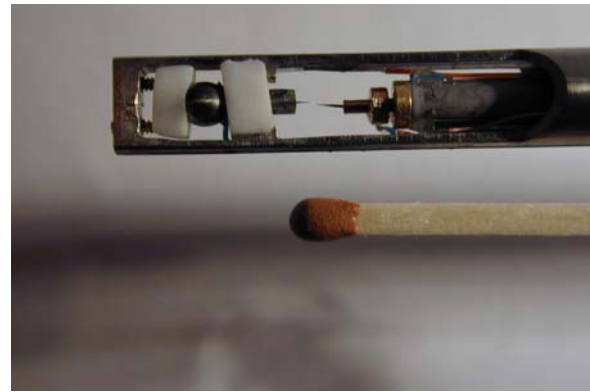
Teoreetilise vaatluse all oli nanomeetriste kilede peegeldusoptika. Leitud analüütilised seosed on kasulikud üliõhukeste kihiliste struktuuride parameetrite määramiseks optiliste mõõtmiste põhjal.

Veel lahati grupis teoreetiliselt kõrgtemperatuuriliste ülijuhtide, ferroelektrikute ja kvantparaelektrikute probleeme.

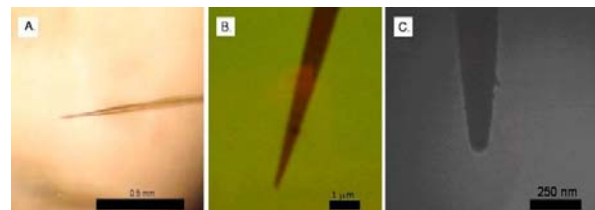
PUBLIKATSIOONE

Aarik, J., Sundqvist, J., Aidla, A., Lu, J., Saja-vaara, T., Kukli, K., Hårsta A. Hafnium tetraiodide and oxygen as precursors for atomic layer deposition of hafnium oxide thin films. *Thin Solid Films* 418, 69-72 (2002).

Adamson, P. Reflection of light in a long-wavelength approximation from a N-layer system of



Joonis 3. Elektronmikroskoopi paigaldatav teravikmikroskoop.



Joonis 4. Uus lähivälja- ja tunnelmikroskoopilist infot hankida lubav teravik erinevas suurenduses.

inhomogeneous dielectric films and optical diagnostics of ultrathin layers. I. Absorbing substrate. *J. Opt. Soc. Am. B* 20, 752-759 (2003).

Erts, D., Polyakov, B., Lohmus, A., Lohmus, R., Olin, H., Morris, M. A., Holmes, J. D. Metallic and semiconducting nanowires studied by TEM-SPM. *Phys. Low-Dimens. Struct.* 3-4, 65-74 (2003).

Kink, I., Lõhmus, R., Adamovich, M., Jaaniso, R., Saal, K., Lobjakas, M., Lõhmus, A. Three-dimensional subsurface imaging with laser ablation/AFM. *Proc. SPIE* 5123, 266-269 (2003).

Rosental, A., Tarre, A., Gerst, A., Sundqvist, J., Hårsta, A., Aidla, A., Aarik, J., Sammelselg, V., Uustare, T. Gas sensing properties of epitaxial SnO₂ thin films prepared by atomic layer deposition. *Sens. Actuators B* 93, 552-555 (2003).

BIOFÜSIKA

Biosfäär eksisteerib tänu Päikeselt saadavale energiale. Protsessi, mille abil seda energiat ammutatakse, nimetatakse fotosünteesiks. See- ga võib väita, et bioloogia algab valguse neeldumisega erilistes valgustkoguvates või antenni valgukompleksides. Bioloogilise energiamuunde efektiivsuse seisukohast on tegemist kriitilise

etapiga. Parima tulemuse saavutamiseks peab valgus neelduma võimalikult laias energiava- hemikus. Neelatud valgusenergia peab seejärel minimaalsete kadudega jõudma erilisse kohta fotosünteesilises membraanis, mida nimetatakse fotokeemiliseks reaktsioonitsentriks, kus see muudetakse keemiliste sidemetega seotud po-

tentsiaalseks energiaks. Võimalike ja termodünaamika seaduste kohaselt alati esinevate energiakadudega konkureerimiseks peab fotosünteesiline energialevi ning järgnevad elektroni siirded toimuma erakordselt kiiresti (vt joonis 5). Nimetatud parameetrid (lai spektraalvahemik ja ülikiire energialevi) seavad ranged piirid fotosünteesiliste kromoproteiinide ehitusele ja omadustele.

Mitme labori, sh käsitletav labor, ühispingutuse tulemusena selgus juba paarkümmend aastat tagasi, et antennikomplekside spektrid on mittehomogeenselt laienenud. Sellest tuleb aru saada niimoodi, et üksikult võttes on antennikomplekside spektrid küllaltki erinevad. Üheskoos aga (nagu fotosünteesilises membraanis tavaliselt) katavad nad ühtlaselt võrdlemisi laia spektrivahemiku. Ühelt poolt vaadates on sellise laia spektri olemasolu väga kasulik (vt selgitust ülalpool), kuid samal ajal tekib põhjendatud küsimus, kuidas energia sellises spektraalselt ebahühtlases keskkonnas üldse levida saab. Teatavasti sõltub energialevi kiirus ja seega tema efektiivsus energeetilisest resonantsist (energia-võrdusest) energiat ära andva ja seda vastu võtva molekuli vahel.

Suuremale energiavahele vastab aeglane levi või halvimal juhul isegi levi katkemine. Teadusžargoonis räägitakse sel puhul ergastuse lokaliseerimisest. Loodus on teravmeelselt kasutanud mitut võtet vältimaks kahjulikku energia peatumist antennis enne tema sihtmärki, st reaktsioonitsentrisse jõudmist. Neist üks peamine, eksitonide autolokalisatsioon, õnnestus meil tuvastada alles üsna hiljuti. Selle mehhanismi selgitamiseks tuleb alustada päris algusest. Valguse neeldumisel tekivad elektronergastused haaravad üheaegselt paljusid antennimolekule.

Õeldakse, et esmane ergastus on delokaliseerunud, mida kajastab ka neile omistatud eriline

nimi – eksiton. Eksitonide levi võivad häirida kromoproteiini aatomvõre soojusvõnkumised. Tavaarusaama kohaselt peeti seda võimalust tühiseks. Meil aga õnnestus tõestada vastupidist. Eksitonid lokaliseeruvad dünaamiliselt juba väga lühikese aja, kõigest ~150 fs jooksul. Erinevalt ülalkirjeldatud mittehomogeensest ehk staatilisest lokaliseerimisest põhjustab dünaamiline ehk autolokalisatsioon kiirgusspektri laienemist ja tema punanihet neeldumisspektri suhtes. Energialevi efektiivsuse tõstmise seisukohalt on sellel kaks olulist tulemit. Esiteks parandab laienenud kiirgusspekter kattumist võimaliku energia-aktseptori neeldumisspektriga. Teiseks annab spektrite punanihe energialevile kindla suuna – energeetiliselt allamäge –, võimaldades energial antennis mööda lühimat teed otse reaktsioonitsentrisse liikuda. Nendele järeldustele viinud kompleksuuringutes kasutati ülikiire (ajaline lahutusvõime ~100 fs) spektroskoopia meetodeid kõrvuti kõrglahutusspektroskoopia (spektraalne lahutusvõime ~0,1 cm⁻¹) võtetega. Katseobjekte muljuti kõrgete rõhkudega (kuni 10 kbar) ning tulemusi analüüsiti, kasutades raalmodelleerimist.

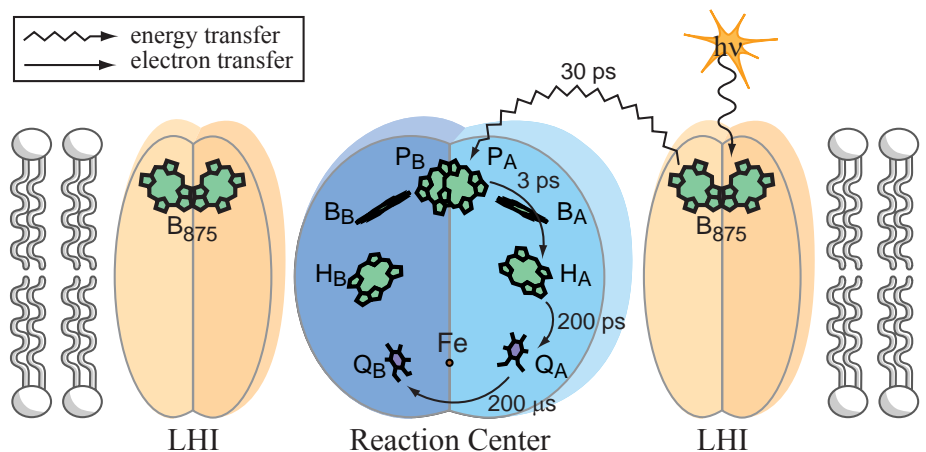
PUBLIKATSIOONE

Freiberg, A., Rätsep, M., Timpmann, K., Trinkunas, G., Woodbury, W. N. Self-trapped excitons in LH2 antenna complexes between 5 K and ambient temperature. *J. Phys. Chem.* 10, 11510-19 (2003).

Ihalainen, J. A., Rätsep, M., Jensen, P. E., Scheller, H. V., Groce, R., Bassi, R., Korppi-Tommola, J. E. I., Freiberg, A. Red spectral forms of chlorophylls in green plant PSI-A site-selective and high-pressure spectroscopy study. *J. Phys. Chem. B* 107, 9086-93 (2003).

Rätsep, M., Freiberg, A. Resonant emission from the B870 exciton state and electron-phonon coupling in the LH2 antenna chromoprotein. *Chem. Phys. Lett.* 377, 371-76 (2003).

Joonis 5
Kunstniku nägemus reaktsioonitsentri ja antennikompleksi kooslusest fotosünteesilises membraanis koos tüüpiliste energia ja elektroni siirdeaegadega.



Timpmann, K., Ellervee, A., Kuznetsov, A., Lai-saar, A., Trinkunas, G., Freiberg, A. Self-trapped excitons in LH2 bacteriochlorophyll-protein complexes under high pressure. *J. Lumin.* 102-103, 220-25 (2003).

Timpmann, K., Katilene, Z., Woodbury, N. W., Freiberg, A. Exciton self-trapping in one-dimensional photosynthetic antennas. *J. Phys. Chem. B* 105, 12223-12225 (2001).

KESKKONNA RADIOAKTIIVSUS

Keskkonnafüüsika valdkonnas ollakse FIs (tuumaspektroskoopia laboris) keskendunud radioaktiivainete koguste, nende leviku ja rände uurimisele Eestis. Radioaktiivsete ainete kiirgused on ühed salakavalamad meid ümbrusest ähvardavaist ohtudest: kuna me neid milgi kombel ei aisti, ei saa me oma meeltelt ka õigeaegset hoiatust nende eest enne, kui kehas algavad haiguslikud muutused. Nõukogude ajal siinseid kiirgusohu kuigivõrd ei uuritud ega teavitatud neist rahvast. Uurimistööd tuli alustada otsast peale.

Meie põhjarannikul leidub kõrgendatud radioaktiivsusega mineraale ja muldi. Nõukogude Liidu sõjavalmistused jätsid meile rohkesti kiirgusohu allikaid (Sillamäel uraani tootmise/rikastamise jäätmed, Paldiski tuuma-allveelaevnike õppekeskuse ulatuslikud tuumaseadmed jne). Kirde-Eestis töötavad põlevkiviküttel soojusjõuajamad, mille suits ja lendtuhk levitavad maapõuest ammutatud kütuses leiduvaid kiirguraineid. Neid jaamu peetakse koguni üheks suuremaks saasteallikaks Euroopas. Kõike seda teamegi nüüd üksikasjalikult tänu FI keskkonnauurijate töödele.

Uurimiseks on nad suutnud kujundada kõigiti kaasaegse aparatuuri, mis lisaks kiirguse mõõtmisele võimaldab välja selgitada, millised radionukliidid annavad kiirgust uurimispaigas. Rahvusvahelistel võrdlustel on sinne uurimistase, seadmed ja tulemused saanud kõrgeid hinnanguid.

Tuumaspektroskoopia laboris töötavad pideva seire seadmed, mis otsekohe annaksid märku kiirgusohu tekkest mingil põhjusel, nt mõne ümbruskonna tuumajaama avarii korral.

Aastate kestes on pinnaseproovide uurimise teel saadud üsna selge pilt radioaktiivsuse levikust Eesti maapinnas ja süvitsi. Saadud andmed on viidud rahvusvahelistesse andmekogudesse.

Uuritakse ehitiste püstitamisel kasutatud ehitusmaterjalide, samuti kõige laialdasemalt tarvitatavate kütuste – puidu ja turba ning nende tuha radioaktiivsust. Arvutil modelleeritakse radioaktiivainete levikumooduseid ja eri paikkondade elanike prognoositavaid kiirgusannuseid.

FI keskkonnafüüsikud on kaasa aidanud ka radioaktiivsete jäätmete hoidlate ohtlikkuse – nii praeguse kui ka tulevase – hindamisel. Niisugused jäätmed tulevad nt haiglatest (oma kõlblikkusaja ületanud kiiritusravi seadmed), samuti tööstusest (kiirgusallikat sisaldavad andurid, gammadefektoskoobid jmt), samuti teadus- ja õppeasutustest.

On selgitatud

- et Eestis on kogu Euroopa jaoks ainulaadseid kohti raadiumi kõrge sisalduse poolest pinnases;
- Paldiskisse jäänud tuumaseadmete ohtlikust ümbrusele;
- Tammiku radioaktiivsete jäätmete hoidla pikaajalisi keskkonnamõjusid;
- et soojusjõuajamade lendtuhk saastab nende ümbruse pinnast, vett ja õhku mitmete põlevkivis leiduvate kiirgurainetega, sh radioaktiivse pliiga. Väärib märkimist, et soojusjõuajamad annavad palju ohtralt radioaktiivset saastet võrreldes tuumajaamadega, muidugi juhul, kui viimastes suudetakse vältida avariisid.

Siiski on FI keskkonnafüüsikute uurimustele toetudes lohutav tõdeda, et radioaktiivsuse tase Eestis pole veel kusagil muutunud alar-meerivaks. Suhteliselt hästi, võrreldes näiteks põhja- ja läänepoolsete naabritega, läks meil ka Tšernobõli aatomielektrijaama katastroofi ajal ja järel: valdavad tuuled puhusid ja vihmad sadasid tollal nii, et nad ei kandnud meile liiga ohtrasti sealt vallandunud kiirgussaastet.

Koostööd tehakse Eesti Kiirguskeskusega, võetakse osa paljudest rahvusvahelistest (sh Euroopa Liidu) programmidest, aidati koostada Eesti kiirgusseadusandlust, osaletakse radioökoloogia ja kiirguskaitse õpetamisel.

PUBLIKATSIOONE

Lust, M., Realo, E. Preliminary safety assessments, Estonia: Tammiku Radon-type repository, on-site scenarios, 2002; Paldiski facilities, interim storage, 1999; Sillamäe tailings depository, 1998. In: Proc. of Seminar Radioactive Waste, Modeling and Dose Assessment, Baltic-Danish Co-operation on Radiation Protection, Risoe, Denmark, 2-6.

Lust, M., Realo, K., Realo, E. ^{137}Cs in soil profiles in NE Estonia. In: Ilus, E. (Ed.) Proceedings of the 8th Nordic Seminar on Radioecology, 25-28 Februar 2001, Rovaniemi, Finland NKS-70, Ros-kilde, ISBN 87-7893-126-6, 221-225 (2002).

Putnik, H., Realo, E. Development and problems of radioactive waste management infrastructure in Estonia. In: Efremkov, V. (Ed.) Management of Radioactive Wastes from Non-Power Applications - Sharing the Experience. Proc. of Internat. Conference, Malta, 5-9 November 2001. C&S Papers Series No. 15. IAEA-CSP-15/CD, IAEA, Vienna, ISBN 92-0-139502-7, CD-ROM, 460-465 (2002)

Putnik, H., Realo, E. Remediation and decommissioning of radioactive waste facilities in Estonia. In: Efremkov, V. (Ed.) Management of Radioactive Wastes from Non-Power Applications - Sharing the Experience. Proc. of Internat. Conference, Malta, 5-9 November 2001. C&S Papers Series No. 15 IAEA-CSP-15/CD, IAEA, Vienna, ISBN 92-0-139502-7, CD-ROM, 164-168 (2002).

Realo, E., Realo, K. Natural radionuclides in radium-rich soils in north-east Estonia. In: Baxter, M. (Ed.) Book Series "Radioactivity in the Environment", Sympos. Proc. Volume, VII Internat.

Sympos. Natural Radiation Environment (NRE-VII), 20-24 May 2002, Greece, Elsevier (accepted for publication).

Realo, K., Realo, E. Low-background low-energy HPGe γ -spectrometry of ^{210}Pb and $^{234\text{Th}}$ in environmental samples. Proc. Baltic-Danish Seminar on Sampling Techniques, Radiochemical Methods, Detectors and Measurements. Baltic-Danish Co-operation on Radiation Protection, Risoe, Denmark, 4-8 November 2002, Risoe National Laboratory, 143-146 (2002).

Realo, K., Realo, E. ^{210}Pb in Estonian soil. In: Obelić, B., Ranogajec-Komor, M., Miljanić, S., Krajcar Bronić, I. (Eds.) Radiation Protection in Central Europe: Radiation Protection and Health. Proc. of the IRPA Regional Congress, Dubrovnik, Croatia, May 20-25, 2001, IRPA/Croatian Radiation Protection Association, Zagreb, ISBN 953-96133-3-7 (CD-ROM), 5p-23, 1-6 (2002).

Uljas, A., Pahapill, L., Realo, E. Continuous monitoring of indoor radon. In: Paile, W. (Ed.) Radiation Protection in 2000's - Theory and Practice. Proc. NSFS XIII Ordinary Meeting, Turku, 25-29 August 2002, STUK-A195, STUK, Helsinki, 104-5 (2002)

TEOREETILINE FÜÜSIKA

Teoreetiline füüsika on TÜ FI üks traditsiooniline uurimisvaldkond, mis on tihedalt seotud siinsete eksperimentaaluurimustega, samuti uurimistööga TÜ füüsikaosakonnas ning TTÜs. Viljeldakse kondenseeritud aine teooriat, elementaarosakeste teooriat ja relativistlikku gravitatsiooniteooriat. Mitmed meie teoreetikute varasemad tulemused on pälvinud rahvusvahelise tunnustuse (μ^+ -mesomolekuli tuumakatalüüsi mehhanism, foononvaba joone ning sekundaarkiirguse teooria, kuuma luminesentsi avastus, mikroskoopiline elektronfaaside eraldumine kõrgetemperatuursetes ülijuhtides, faasisiirete vibroontooria, transformmeetod Ramani hajumises jm). Uurimisrühma liikmed osalevad aktiivselt kaasaegsete teadussaavutuste edastamisel üliõpilastele ja noortele teadlastele, samuti üldsusele.

Üksikuundadest lähemalt.

KONDENSEERITUD AINE TEOORIA

Kondenseeritud aine teoorias uuritakse ja enustatakse kaasaegses tehnikas ja tehnoloogias vajalike uute tahkiste ja molekulaarsüsteemide optilisi ja magnetomadusi ning osakeste rännet nendes. Erilist tähelepanu osutatakse viimastel aastatel avastatud uutele kõrgetemperatuursetele ülijuhtidele, uuritakse nende ülijuhtivuse mehhanisme ning omadusi.

Viimaste aastate põhitulemusteks selles vallas on uus teooria, mis seletab kõrgetemperatuursete ülijuhtide ebatavalisi magnetomadusi. On loodud uue ülijuhi MgB_2 omadusi seletav teooria, samuti kupraatülijuhtide kahekomponendiline mudel, mis kirjeldab nende olekumuundeid. Uuritakse isolaatorkilede, samuti orgaaniliste kilede ja fullereenide juhtivust ja ülijuhtivust.

Tegusalt viljeldakse kristallivõre võnkumiste teooriat (mittelineaarset¹ dünaamikat), uuritakse erilisi kristalli häiritusseisundeid, võresoli-

¹ Mittelineaarses teoorias ei piirduta lihtsaimate, võrdeliste seostega, vaid arvestatakse ka teoorias esinevate muutujate kõrgemate astmete panust funktsioonide väärtustesse.

tone kristallides. On arendatud teooria, mis lubab arvutada neid ergastusi reaalses kristallides, kvantefekte arvestades. Loodi mitmekvandiliste protsesside teooria, mis esmakordselt kvantfüüsikas ennustab kvantnähtuste kriitilist käitumist osakeste vastastikmõjude tugevuse muutudes. Uuritakse ka korrastamata ja tugevalt defektsete struktuuride omadusi aatomtasemel. On arendatud teooria, mis selektab klaaside anomaalset käitumist rõhu all madalatel temperatuuridel.

Üheks olulisemaks uurimisvallaks on laserikiirguse käitumine aines. Siin on põhitähelepanu suunatud uutele kvantiseeloomuga mittelineaarsetele nähtustele. Koostöös eksperimentaatoritega on neid ennustatud terve rida. Nimeatagu näiteks aine suunatud kiirguse uut mehhanismi. Laserikiirguse uurimissuund väljub kondenseeritud aine teooria tavalisest raamist, kuna ta on otseselt seotud nii kvantväljateooria aktuaalsete probleemidega kui ka kvantastrofüüsika mõningate küsimustega. Üheks aktuaalseks laseroptika uurimiseks on singulaaroptika. Selles valdkonnas on uuritud uut tüüpi (orbitaalset pöördemomenti omavate) laserikiirte vastastikmõju ainega ja on ennustatud uusi ilminguid nende kiirte murdumisel ja peegeldumisel.

Arvutatakse defektidega kristallide ning nanotehnoloogias rakendatavate pisiobjektide (aatomikobarate e klasterite, nanostruktuuride) optilisi spektreid. Leiti foononvaba joone² uus laienemismehhanism, mis on tingitud defektide ühildatud liikumise mõjust elektronüleminekutele võredefektides. Selgitati spektrite temperatuurisõltuvuse põhjusi. Töötati välja teooria, mis kirjeldab heleda laserivalguse lühikeste välgete hajumist tahkistes. Arendati mittelineaarsete optiliste ajast sõltuvate üleminekute teooriat lisanditega kristallides, kaasa arvatud foononvabadel üleminekutel põhinevat spektraalsälgamise teooriat.

Kõik see teave on vajalik uute tõhusamate laserikiirgurite, luminesentslampide, kuvariekraanide, kiirgustajurite jpm loomiseks.

ELEMENTAAROSAKESTE TEOORIA JA RELATIVISTLIK GRAVITATSIOONITEOORIA
Elementaarosakeste füüsikas käsitletakse osakeste vastastikmõjude mudeleid, mis vaatavad kaugemale praegu käibel olevast nn standardmudelist: otsitakse mittestandardsete vas-

tastikmõjude võimalikkuse ilminguid vektorbosonite tekke- ja lagunemisprotsessides kiirendites pörkuvatel kimpudel, arendatakse kõrgemate spinnidega ($s > 1/2 \hbar$) osakeste vastastikmõjude teooriaid.

Gravitatsiooni- ja stringiteoorias on tähelepanu all uut tüüpi kosmoloogilised mudelid, kus meie Universumit vaadeldakse asuvana ümbritsevas kõrgemamõõtmelises ruumis.

Käsitlemist leiavad ka üldisemad kvantteooria probleemid, muu hulgas aja operaatoriga seotud küsimused ja kvantmehhaanika modifitseerimine kõvera aegruumi taustal.

PUBLIKATSIOONE

Fedoseyev, V. Spin-independent transverse shift of the centre of gravity of a reflected and of a refracted light beam. *Opt. Commun.* 193, 9-18 (2001).

Hizhnyakov, V. Multiphonon anharmonic decay of a quantum mode. *Europhys. Lett.* 45, 508-513 (1999).

Hizhnyakov, V., Kaasik, H. Temperature dependence of nonradiative transitions: A nonperturbative theory. *J. Chem. Phys.* 116, 9485-9491 (2002).

Hizhnyakov, V., Nevedrov, D., Sievers, A. J. Quantum properties of gap modes. *Physica B* 316-317, 132-135 (2002).

Kristoffel, N., Rubin, P. Cuprate superconductivity interband model with a doping-formed spectrum. *Euro. Phys. J. B* 30, 495-400 (2002).

Kuusk, P., Saal, M. Long-wavelength approximation for string cosmology with barotropic perfect fluid. *Gen. Rel. Gravit.* 34, 12, 2135-2148 (2002).

Ots, I., Uibo, H., Liivat, H., Loide, R.-K., Saar, R. Spin polarization and alignment of the single Z boson from e^+e^- annihilation. *Nucl. Phys. B* 588, 90-100 (2000).

Rebane, I. Spontaneous emission rates of a single impurity molecule in a uniaxial host crystal. *Opt. Commun.* 217, 265-268 (2003).

Sherman, A., Schreiber, M. Resonance peak in underdoped cuprates. *Phys. Rev. B* 68, 094519, 1-8 (2003).

Tehver, I. Relaxation parameters via femtosecond CARS in multimode molecular systems. *J. Lumin.* 94-95, 605-609 (2001).

² Foononvaba joon on spektrijoon, mille kiirgumist/neeldumist ei saada kristallivõre võnkumiste teke.

OPTIKA

Rühma põhisuundade lühiiseloostumus on järgmine.

VÄÄRISGAASIDEST ÜLIMADALAIL TEMPERatuuridel KASVATATAVATE KRISTALLIDE SISEERGASTUSTE DÜNAAMIKA

Arendatakse füüsikalist arusaamist eksperimentaalselt avastatud ootamatult kiiretest võnkeenergia muundumisprotsessidest sellistes krüokristallides. Näiteid tulemustest: koos vastava tarkvaraga töötati välja rangetel kvantmehaanika reeglitel tuginev meetodika kaheaatomiliste molekulide võnkumiste kirjeldamiseks ning leiti teoreetiline seletus väärisgaaside krüokristallide kummaliste omadustega nn kuuma luminesentsi tekkele.

LAENGIKANDJATE DÜNAAMIKA POOLJUHTKRISTALLIDES, -KILEDES JA NANOSTRUKTUURIDES Osaletakse (koostöös Max Plancki Insituudiga Stuttgardis) uut tüüpi väljatransistorite valmistamise tehnoloogia loomises. Näiteid tulemustest: laias temperatuuride vahemikus ja tugevas magnetväljas tehtud katsete andmetel arendati välja niobiumtelluriidi niiditaolise nanostruktuuri magnetakistuse mudel.

LOKALISEERITUD VALGUSLAINED

Otsitakse võimalusi parimal viisil lokaliseerida elektromagnetlainete energia ajas ja ruumis ja arendada nii selliste lainete täpset teooriat ning

füüsikalist mõistmist kui ka tehnilisi meetodeid nende genereerimiseks. Esmakordselt näidati eksperimentaalselt, et optika vahenditega on võimalik tekitada seni kirjanduses vaid teoreetiliselt väljapakutud eksootiliste omadustega (ülevalguskiirusega liikumine, jms) Bessel-X-laineid ja nn fookuslainemoode.

MITMEFOOTONILISED PROTSESSID TUGEVADES LASERVALGUSVÄLJADES

Arendatakse meetodeid muundamaks väärisgaaside abil laserkiirgust nähtavast lainepikkusepiirkonnast ultravioletti s.o kõrgema energiaga footoniteks. Erinevalt paljudest teistest samas suunas töötavaist uurimis- ja arendusrühmadest maailmas rakendatakse antud rühmas selleks mittetraditsioonilisi valguslainekimpe (nn Besseli kimp jt lokaliseeritud lainete kimbud). Näiteid tulemustest: on leitud efektiivne viis kolmefotoonsete protsesside tekitamiseks ja uurimiseks spetsiaalselt diafragmeeritud Besseli valguskimpudes.

ÜLEHELIKIIIRUSEGA JUGADES MAHAJAHTUVATE MOLEKULIDE KÕRGE LAHUTUSEGA LASERSPEKTROSKOPIA

Uuringute üldeesmärk on täpselt määrata rea orgaaniliste molekulide parameetrid, mis lubavad ennustada nende keemilisi ja bioloogilisi omadusi. Näiteid tulemustest: molekulide sise-



Nahahaiguste laser-ravi rohelise kiirega vaseaurilaseriga.

võnkumistest ja pöörlemistest tekkiva spektrite peenstruktuuri analüüsiga on määratud mitmete bioloogiliselt tähtsate molekulide konstandid.

GAASLASERITE TÖÖKESKKONNA PLASMA-KEEMILISTE PROTSESSIDE SPEKTROSKOPIA
Uuringute üldeesmärk on leida nn võtme-reaktsioonid ja töötada välja soovitud inseneeridele laserifirmades uue põlvkonna kõrge efektiivsusega gaaslaserite loomiseks. Koostöös Eesti laserifirmadega on välja töötatud mitmed modifikatsioonid kompaktsed eksimeergaaslasereid. Mh üks koostööpartner Tallinnas – firma NEWEKS on müünud üle 600 laseri maailmas, sh tarbijatele nagu NASA, US Navy, Los Alamos National Laboratory, teine samas – Laser Diagnostic Instruments Ltd. – sai kuldmedali näitusel "51th World Exhibition of Innovation, Research and New Technology – Eureka" Brüsselis 2002. a meditsiinilise otstarbega lasersüsteemi "Maria" eest.

LASERFÜÜSIKA MEDITSIIINIS

Koostöös Tartu meedikutega töötatakse välja terapeutilise toimega roheline kiirega vaseaur-laseri baasil portatiivseid lasermeditsiiniseadmeid. Koostöös Tartus asuva laserifirmaga ESTLA ja TÜ Nahahaiguste kliinikuga on välja arendatud ja kliinilisse praktikasse juurutatud laserraviseade ja -metoodika raskete nahahaiguste raviks (ekseemid, troofilised haavandid, psoriaas, akne jt).

PUBLIKATSIOONE

Jalviste, J., Berden, G., Drabbels, M., Wodtke, A. M. Rotational analysis of the origin and inversion bands of the S1-S0 spectrum of acetaldehyde. *J. Chem. Phys.* 119, 6, 2748-2760 (2001).

Peet, V., Garrett, W. R., Shchemeljov, S. Near-resonance three-photon excitation profiles in xenon with segmented conical beams. *Phys. Rev. A* 63, 023804 (5) (2001).

KIIRITUSFÜÜSIKA

Kiiritus on objekti mõjutamine kiirgusega. Kiirguste all mõistetakse siinses kontekstis eeskätt kalke (ioniseerivaid) kiirgusi: röntgenkiirgust, radioaktiivseid kiirgusi, lühilainelist ultraviolettkiirgust, kiirendeist väljuvaid osakeste kimpe. Erinevalt nähtavast valgusest on need kiirgused nähtamatud-aistimatud, nende vooge saab kindlaks teha üksnes tehstajurite abil. Kiiritusfüüsika rühmas uuritakse kiirguste toimet tahkistele, peamiselt ioonkristallidele (nagu keedusool, NaCl) ja metallioksiididele (nagu kustutamata lubi, CaO), kuid ka sootuks kee-

Peet, V., Shchemeljov, S. Spectral and spatial characteristics of third-harmonic generation in conical light beams. *Phys. Rev. A* 67, 013801-013807 (2003).

Peet, V., Tsubin, R. Generation of resonance-enhanced fifth harmonic in xenon with Bessel-Gauss laser beams. *Opt. Commun.* 189, 4-6, 267-273 (2001).

Reimand, I., Aaviksoo, J. Exciton interaction with hot electrons in GaAs. *Phys. Rev. B* 61, 24, 16653 (2000).

Reivelt, R., Saari, P. Experimental demonstration of realizability of optical focus wave modes. *Phys. Rev. E* 66, 056611 (2002).

Reivelt, K., Saari, P. Optical Generation of Focus Wave Modes. *J. Opt. Soc. Am. A*, 17, 10, 1785-1790 (2000).

Saari, P. Valgusest kiiremad lained. *Horisont* 1, 4-9 (1998).

Saari, P., Reivelt, K. Evidence of X-shaped propagation-invariant localized light waves. *Phys. Rev. Lett.* 79, 21, 4135-4138 (1997).

Selg, M. Visualization of rigorous sum rules for Franck-Condon factors: spectroscopic applications to Xe₂. *J. Mol. Spectrosc.* 220, 187-200 (2003).

Selg, M., Kink, M., Kink, R., Maksimov, J., Martinson, I. Temperature dependence of laser induced hot luminescence of self-trapped excitons in solid xenon. *Surf. Rev. Lett.* 9, 609-614 (2002).

Silm, H., Paasik, K., Kingo, K., Kink, R. Vaskaurude laser nahahaiguste raviv. *Eesti Arst* 7, 406-410 (2002).

Stolovits, A., Sherman, A., Ahn, K., Kremer, R. K. Quantum interference of electrons in Ta₄Te₄Si. *Phys. Rev. B* 62, 10565-10568 (2000).

rükamatele ühenditele, nt. MgAl₂O₄, Y₃Al₅O₁₂, BaMgAl₁₀O₁₇. Kristallides on aatomid paigutunud korrapärasesse kristallivõresse, millele on omane struktuurielementide korduvus, otsekui tellisseinas.

Kiirguste toimet hakkavad paljud tahkised hellelenda e luminesseerima, muutub nende neeldumisspekter ning elektrijuhtivus, ja mis eriti oluline: kalgid kiirgused "raputavad segamini" nende kristallivõre. Viimases tekkivad aatomimõõtu defektid, mikrodefektid, nt jääb

mõni võresõlm tühjaks (tekkib võrevakants), sellest irdunud aatom või ioon aga paisatakse võres väärasendisse, "rivist välja" (tekkib interstitsiaal e irdaatom). Sellest ka neeldumisspektri teisenemine, seda nii spektri optilises kui ka raadiokiirguse piirkonnas. (Viimasel juhul mõõdetakse elektroonse paramagnetilise resonantsi, lühidalt EPR spektreid.) Muutumata ei jää ka kristalli helendusspekter.

Ühtpidi kuuluvad kiiritusfüüsika uurimised alusfüüsikasse: nad annavad uusi teadmisi ainete aatomstruktuurist ja selle muundeist kiirituse all, kristallivõres rändavatest ergastusseisunditest – laenguta eksitonidest, juhtivuselektronidest ja -aukudest jpm.

Teisalt on kiiritusfüüsikal oluline rakenduslik tähtsus, sest ta aitab välja selgitada nii kiiritustundlikke kui ka kiirituskindlaid materjale. Esiimesi vajatakse kiiritusannuse mõõturite – dosimeetrite ja kiirgustajurite valmistamiseks. Teisi on tarvis nt tuumaenergeetika seadisteks, luminesentskiirguriteks, laserikiirguriteks, laseropetikaks jne.

Rühma uurimistöö eripära seisneb:

- katseobjektide valikus,
- katsetingimuste avaras varieeritavuses,
- süsteemses lähenemisviisis.

Töörühma uurimisobjektid on loomult isolaatorid. Neid eristab seni laialt uuritud pooljuhtidest lai keelutsoon³. Sellised ained on töökõlblikud ka toatemperatuuri tunduvalt ületavas kuumuses.

Uuritavaid objekte – monokristalle, keraamilisi plaadikesi, mikrolisandeid sisaldavaid pulbreid – valmistatakse suuremalt jaolt kohapeal, töörühma jõududega, kõrgtemperatuursetel menetlustel.

Katsetingimustest on võimalik laiades piirides varieerida mõjuvate kvantide või elektronide energiat (lainepikkust röntgenialast infrapunani, elektronide energiat mõnest elektronvoldist kiirendienergiateni 300 keV), objekti temperatuuri (absoluutnulli lähistelt hõõgkuumuseni), ümbritseva gaasi rõhku üliavaakumist normaalarõhuni jne.

³ Keelutsoon on energiavahemik, mis eraldab tahkiseks liitunud aatomite kõrgeimale täidetud energiata-semele tahkise tsoonipildis vastavat valentsitsooni ja järgmisest täitmata tasemest kujunenud juhtivustsooni. Et laia keelutsooniga materjale elektrit juhtivaks muuta, on tarvis küllalt kõrgeid temperatuure või küllalt lühilainelist valgust (s.o küllalt suure energiaga valguskvante, mis suudaks keelutsooni ületada).

Perioodilidelt käivad rühma liikmed mõõtmisi tegemas Lundi ja Hamburgi kiirendikeskustes, kus kiiritatakse objekte kiirendis (sünkrotronis) tiirlevatelt ülikiiretelt elektronidelt kiirguva elektromagnetkiirguse – sünkrotronkiirgusega. Selle intensiivse kiirguse laia spektrist eraldatakse monokromaatorite abil välja kindla lainepikkusega kimbud objekte mõjutama. Lainepikkust muutes saadakse luminesentsi ergastusspektreid, defektide tekitamise mõjuspektreid jne. Viimased on graafikud, mis näitavad, kuidas defektide tekitamise saagikus sõltub tahkist mõjutavate kiirguskvantide energiast. Rühma kuuluv röntgenspektroskoopia labor teeb sünkrotronkiirgust kasutades uurimisi aatomifüüsika ja tahkisefüüsika piirimaal, selgitades kiiritamisel kristallides toimuvaid protsesse, nt suure energiaga elektronergastuste – röntgeneksitonide teket kristallides.

Objektide nähtava ja nähtamatu helenduse kõrval saadakse olulist lisateavet objektide kohta kiiritatavast aineist paiskuvate elektronide energijaotusest – elektronspektrist. Praegu on instituudis teoksil uue, elektronspektroskoopia labori rajamine. Kaasaegne elektronspektromeeter Gammadata-Scienta SES100 on juba ootel.

Uuritavale probleemile süsteemselt lähenedes kõrvutatakse sama objekti eri meetodeil saadud karakteristikuid, kuid ka karkteristikute muutust sarnaste objektide ridades (nt KCl, KBr, KI).

Uuritakse süvitsi varasematel aastatel rühma liikmete avastatud nähtusi: footonite paljunemist⁴ ja elektronergastuste võredefektideks muundumist. Mõlemad nähtused avavad kiirguste ja aine vastastikmõju senitundmatuid tahke. Selgitatakse üksikasjalikult nende nähtuste erinevaid tekkeviise. Ühtlasi on neil nähtustel tehnilisi rakendusvõimalusi: esimesel uudsete luminesentsvalgusallikate ja -kuvarite konstrueerimiseks, teisel kiirgustajurite ning – dosimeetrite täiustamisel ning kiirituskindlate materjalide otsingul/kavandamisel. Nende võimalustega tegeldaksegi.

Taotletakse luminesentsvalgustite keskkonnasõbralikkust: footonite paljunemiseefekti varal on võimalik vältida valgustites mürgiste elavhõbeaurude kasutamist, mis siiani on üldlevinud.

Tehakse pingutusi kiirete neutronite bioekvivalentsete luminesentsdosimeetrite loomiseks. Kiirete neutronite vooge tekitavad tuuma-

⁴ Footonite paljunemisel kiiratakse ühe ergastava kvandi toimel kaks või isegi mitu luminesentsi kvanti, s.o. luminesentsi kvantsaagis ületab ühte.

reaktorid ja -plahvatused. Erinevate kiirguste, nt gammakiirguse ja kiirete neutronite voogude kudesid kahjustav toime erineb tublisti ega ole lihtsalt võrdeline aines neeldunud kiirgusenergiaga. Seni käibel olevad dosimeetrid ei ole bioekvivalentsed.

Kiirituskindlaid materjale läheb vaja nt ultraviolettlaserite kimpudes kasutatava optika jaoks, sest ka laserikiirgus on teatud tingimustel tugevasti kristallivõret laostav.

Rühm on teinud tellimustöid Kanada Kosmoseagentuurile ja Euroopa Komisjonile (selgitamaks lasertehnika materjalide kiirituskindluse tõstmise teid).

Rühma liikmete ning Tšehhi ja Itaalia füüsikute tihedas koostöös saadud tulemused on leidnud kasutamist Euroopa ettevõtetes ülitundlike kiirgustajurite (stsintillatsioonloendurite) valmistamisel, mis ms leiavad rakendust meditsiinilises diagnostikas – kompuutertomograafides.

PUBLIKATSIOONE

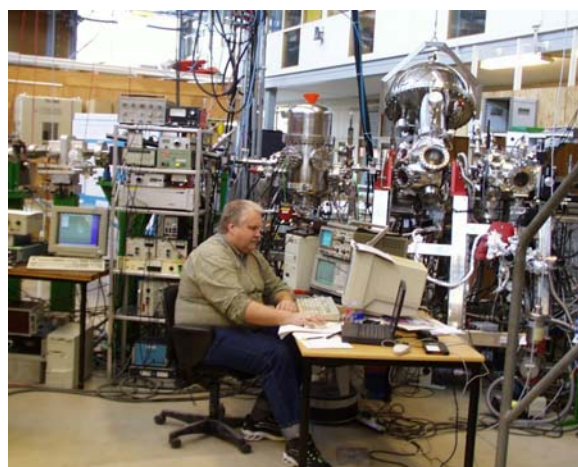
Kikas, A., Nõmmiste, E., Ruus, R., Saar, A., Martinson, I. Core excitons in Na K photoabsorption of NaF: study by resonant Auger spectroscopy. *Phys. Rev. B*, 64, 23, 235120 (2001).

Kisand, V., Kukk, E., Huttula, M., Koivukangas, A., Aksela, H., Nõmmiste, E., Aksela, S. Fragmentation and electronic decay of vacuum-ultraviolet-excited resonant states of molecular CsCl. *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* 36, 3909-3921 (2003).

Lushchik, A., Kirm, M., Kotlov, A., Liblik, P., Lushchik, Ch., Maaros, A., Nagirnyi, V., Zimmerer, G. Intrinsic and impurity luminescence and multiplication of excitations in complex oxides. *J. Lumin.* 102-103C, 38-43 (2003).

Lushchik, A., Kirm, M., Lushchik, Ch. Peculiarities of the decay of cation excitons in alkali halide crystals. *Radiat. Meas.* 33, 557-560 (2001).

Lushchik, A., Kirm, M., Lushchik, Ch., Martinson, I., Nagirnyi, V., Vasil'chenko, E. Nano-scale radiation effects in wide-gap crystals under irradiation by VUV photons. *Nucl. Instr. Meth. B* 191, 135-143 (2002).



TÜ FI teadurid töös MAX-laboris – Lundi ülikooli sünkrotronikeskuses.

Lushchik, A., Lushchik, Ch., Kotlov, A., Kudryavtseva, I., Maaros, A., Nagirnyi, V., Vasil'chenko, E. Spectral transformers of VUV radiation on the basis of wide-gap oxides. *Radiat. Meas.* (accepted).

Lushchik, Ch., Demidenko, V., Kirm, M., Kudryavtseva, I., Lushchik, A., Martinson, I., Nagirnyi, V., Vasil'chenko, E. Creation of F centres and multiplication of electronic excitations in $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{NaBr})_{2x}$ optical ceramics under VUV irradiation. *J. Phys: Condens. Matter* 13, 6133-6149 (2001).

KEEMIA JA MATERJALITEADUSE TIPPKESKUS

Juht prof Ilmar Koppel
TÜ keemilise füüsika instituut, TÜ keemiaosakond, Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5263, +372 502 8330
Faks +372 737 5264
ilmar@chem.ut.ee
<http://www.chem.ut.ee>

UURIMISRÜHMAD

KEEMILISTE ÜHENDITE STRUKTUUR JA
REAKTSIOONIVÕIME NING NENDE RAKENDUSED
KÕRGEFEKTIIVSETE MATERJALIDE JA
TEHNOLOOGIATE DISAINIS
Juht prof Ilmar Koppel
TÜ keemilise füüsika instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5263
Faks +372 737 5264
ilmar@chem.ut.ee

POOLJUHTPÄIKESEENERGEETIKA MATERJALIDE
KEEMIA, FÜÜSIKA JA TEHNOLOOGIA
Juht prof Enn Mellikov
TTÜ materjaliteaduse instituut
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn
Tel +372 620 2798
Faks +372 620 2798
enn@edu.ttu.ee

TEOREETILINE KEEMIA
Juht prof Mati Karelson
TÜ keemilise füüsika instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5255
Faks +372 737 5264
mati@chem.ut.ee

ELEKTRIT JUHTIVAD POLÜMEERMATERJALID
MITMEKIHILISTES STRUKTUURIDES
Juht prof Andres Öpik
TTÜ materjaliteaduse instituut
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn
Tel +372 620 2795
Faks +372 620 2796
andres@edu.ttu.ee

PIIRPINDADE JA TAHKISTE KEEMIA NING
RAKENDUSELEKTROKEEMIA
Juht prof Enn Lust
TÜ füüsikalise keemia instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5165
Faks +372 737 5160
enn@chem.ut.ee

Keemia ja Materjaliteaduse Tippkeskus (KMT)
on moodustatud kuuest Tartu Ülikooli keemia-
osakonna ja kolmest Tallinna Tehnikaülikooli

UUDSETE JA PRAKTILISELT OLULISTE MATERJALIDE
JA BIOAKTIIVSETE AINETE DISAIN JA SÜNTEES
Juht prof Jaak Järv
TÜ orgaanilise ja bioorgaanilise keemia instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5246
Faks +372 737 5247
jj@chem.ut.ee

INSTRUMENTAALSED ANALÜÜSIMEETODID
KESKKONNAMONITOOHINGUS JA MATERJALIDE
UURINGUTES
Juht prof Toomas Tenno
TÜ füüsikalise keemia instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 734 3056, +372 737 5181
Faks +372 7375 160
tenno@chem.ut.ee

KIIRGUSDETEKTORITE JA
LUMINESTSENTSMATERJALIDE TEOORIA, DISAIN JA
TEHNOLOOGILISED RAKENDUSED
Juht dr Mihhail Danilkin
TÜ keemilise füüsika instituut
Jakobi 2, 51014 Tartu
Tel +372 737 5538, +372 737 5253
Faks +372 7375 264
danilkin@beryll.physic.ut.ee

NANO- JA SUBMIKROONSETE KILEDE KEEMIA JA
TEHNOLOOGIA
Juht dr Malle Krunk
TTÜ materjaliteaduse instituut
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn
Tel +372 620 2798
Faks +372 620 2798
malle@staff.ttu.ee

Samaaegselt hõlmab KMT oma koosseisu ka TTÜ
uurimisrühmade baasil moodustatud EL 5.
Raamprogrammi Päikeseenergeetika Materja-lide
Tippkeskuse (juht prof Enn Mellikov).

keemia- ja tehnoloogiategaduskonna uurimisgru-
pist eesmärgiga koondada ja integreerida Eesti
Vabariigis tegutsev, juba eelnevat kõrget rah-

vusvahelist tunnustust leidnud materjali- ja keemiateaduse alane teadus- ja arenduspotentsiaal ja anda jätkuv panus uute efektiivsete, odavate ja keskkonnasõbralike elektroonika- ja energeetikamaterjalide, bioaktiivsete ainete, stereoselektiivsete katalüsaatorite, sensorite jms ning neil põhinevate seadiste ja tehnoloogiate väljatöötamise alasesse ülemaailmsesse teadus- ja arendustöösse.

KMT teadus- ja arendustöö põhisuundi:

- keemiliste reaktsioonide teooria ja rakendused (M. Karelson);
- happelis-aluselised tasakaalud ja nende kaasaegsed rakendused (I. Koppel, P. Burk, I. Leito);
- ühendpooljuhtmaterjalide ja elektrit juhtivate polümeeride alased alus- ja rakendusuringud päikeseenergeetika materjalide ja tehnoloogiate loomiseks ning arendamiseks (E. Mellikov, J. Krustok, M. Altosaar);
- bioaktiivsed ühendid (retseptorid, valgud, ensüümid) ja nende uurimine (kineetika, mehhanismid, ensüümkatalüüs, struktuursõltuvused, süntees (J. Järv, A. Uri);
- uued keemiliste molekulide sünteesimeetodid ja nende tehnoloogilised võimalused (U. Mäeorg, A. Uri, T. Rodima);
- moodsate kõrgefektiivsete jõuallikate (kütuseelemendid, superkondensaatorid, Li-ionipatareid) ja nende komponentide alased alus- ja rakendusuringud ning väljatöötused (E. Lust, J. Tamm, I. Koppel);
- elektrit juhtivate polümeeride omaduste, struktuuri ja rakenduste uurimine mitmekihilistes struktuurides (A. Öpik, K. Lott jt);
- moodsad analüüsimeetodid ja nende rakendused keskkonnakaitses (nt dosimeetriline analüüs, elektrokeemilised ja biosensorid), analüüsis ja materjalide sertifitseerimisel (I. Leito, M. Kerikmäe, L. Paama, M. Danilkin, T. Tenno, K. Tammeveski);
- nanostruktuursed materjalid ja kõrgtemperatuurne pindpinna ja tahkiste elektrokeemia (E. Lust, J. Tamm jt);
- Fotoluminestsents ternaarsetes ühendpooljuhtmaterjalides (J. Krustok);
- monoteriliste materjalide keemia ja tehnoloogia (E. Mellikov, M. Altosaar);
- uuekonstruktsioonilised päikeseelemendid (E. Mellikov, T. Varema, M. Altosaar);
- nano ja submikroonsetel kiledel baseerivate materjalide alus- ja rakendusuringud (M. Krunks, J. Hiie);
- metroloogia ja kvaliteeditagamine keemias: rakendusuringud ning vastavate teenuste osutamine (I. Leito);
- haruldaste muldmetallide ja nende derivaatide tootmise uued tehnoloogiad (M. Karelson, koostöö AS Silmetiga);
- nanotehnoloogia alased uuringud rakendatuna materjaliteaduses (M. Kerikmäe, M. Danilkin);
- proteoomi uuringutele suunatud tehnoloogiate arendamine koostöös mitmete rahvusvaheliste keemia- ja biotehnoloogia (sh proteoomika) kompaniidega (J. Järv, A. Rincken).

KMT koosseisus on üle 90 õppejõu (sh 4 Eesti TA akadeemikut ja 9 korralist professorit) ja teaduri ning ca 70 doktoranti.

Aastatel 1998–2004 on KMT personalil olnud üle 50 ETF grandit, rohkem kui 10 EL projekti, 15 siht- või järeldoktori teemat ning ESTAGi projekti, arvukalt lepinguid ja muid toetusi EV (AS SILMET, AS Elcogen jt) ja EL erasektoritest (Schenten Glasgroup, Bruker AXJ, jt, Aqua Consult GmbH, Svenska Superfarad AB, Dow Chemical Co.)

Sama perioodi jooksul on avaldatud üle 500 (sh üle 70 2003. a) vääriskirjandust, monograafia või nende osa, esitatud 10 patenditaotlust, saadud 4 EV riiklikku preemiat (I. Koppel, E. Mellikov, M. Karelson, J. Järv) ja kaitsnud 43 PhD dissertatsiooni (sh 2003.–2004. a – 20).

KMT teadus- ja arendustöö tulemustest väärivad esiletõstmist:

- uute printsiipide väljatöötamine ülitugevate superhapete ja -aluste loomiseks ning rakendused kõrgefektiivsete katalüsaatorite ja elektrokeemiliste jõuallikate komponentide loomiseks;
- uute arvutuskeemia meetodite väljatöötamine ja nende rakenduspiiride uuringud tehnoloogiliste protsesside kirjeldamisel;
- uudsete päikeseenergeetika materjalide loomine, uurimine ja rakendused;
- uuringud kõrgefektiivsete kütuseelementide ja superkondensaatorite loomiseks ja väljatöötamiseks;
- uuringud bioaktiivsete ühendite (retseptorid, valgud, ensüümid) toimemehhanismi ja rakenduste (ravimite disain) alal;
- moodsate materjalide ja analüüsimeetodite väljatöötamine ja rakendused keskkonnakaitses (termoluminestsentsdetektorid, biosensorid), analüüsis ja materjalide sertifitseerimisel.

Käesoleval ajal on KMT käsutuses ulatuslikud laboratooriumide kompleksid TÜ keemiahoones (Tartus, Jakobi 2) ja TTÜ VB korpuses.

Põhiline uurimisaparatuur, sünteesilaborid, kaasaegne tarkvara on olemas kas vahetult KMTs (FT TMR, GC-MS, skaneeriv elektronmikroskoop (SEM/EDSI EBIC), elektronkiir-aurusti, magnetron pihustussüsteem, pH-meetrid, tiitrimiskompleksid, FT IR, UV/VIS, AAS, AES, HPLC, GC, ioonkromatograafid, beeta-loendajad, tsentrifuugid, professionaalsed, kontrollitava atmosfääriga kuivkapid, kõrgtemperatuursed ahjud, AFM, STM, TLD dosimeetrised kompleksid, potentsiostaadid, polarograafid, impedantsi mõõtmisseadmed, spektrofluorimeetrid, Linux-PC klaster, Silicon Graphics, SUN ja DEC tööjaamad ning kaasaegsed kvantkeemia programmikompleksid (Gaussian03, Spartan02, Hy-

perchem, Turbomole, Jaguar) või siis meie koostööpartnerite juures kodu- või välismaal (EPR, FT ICR, TOF MALDI sünkrotron-kiirguse allikad jne).

Eriti suure moderniseerimise on läbi teinud TTÜ keemia- ja tehnoloogiateaduskonna uurimisgruppide käsutuses olev seadmepark, mis ainuüksi 2003. a jooksul on täienes ca 11 miljoni krooni väärtuses.

KMTI on tugevad ja väga laialdased koostöösidemed nii kodumaiste kui ka arvukate (üle 100) välismaiste teadus- ja arenduskoostööpartneritega Euroopast, Ameerikast, Jaapanist, Austraaliast jm.

KEEMILISTE ÜHENDITE STRUKTUUR JA REAKTSIOONIVÕIME NING NENDE RAKENDUSED KÕRGEFЕКТИIVSETE MATERJALIDE JA TEHNOLOOGIATE DISAINIS

TEADUS- JA ARENDUSTÖÖ PÕHISUUNAD

- Neutraalsete superhapete ja -aluste disain, "kasvu piirid" ja selle rakendused.
- Vähimkoordineeruvad anioonid, ioonsed vedelikud ja nende võimalik rakendamine liitiumioonpatareides ning superkondensaatorites.
- Hape – alus tasakaalude eksperimentaalne (FT ICR) ja arvutuslik uurimine gaasifaasis ja mittevahelühendites.
- Elektronstruktuuri ja lahusti mõju uurimine keemiliste ainete ja materjalide omadustele.
- Leelismetallikatioonide ja Lewis'i aluste vaheliste reaktsioonide uurimine.
- Keemiametroloogia ja kvaliteeditagamise keemias.
- Uudsed analüüsimeetodid ja nende rakendused.

PÕHILISED TULEMUSED

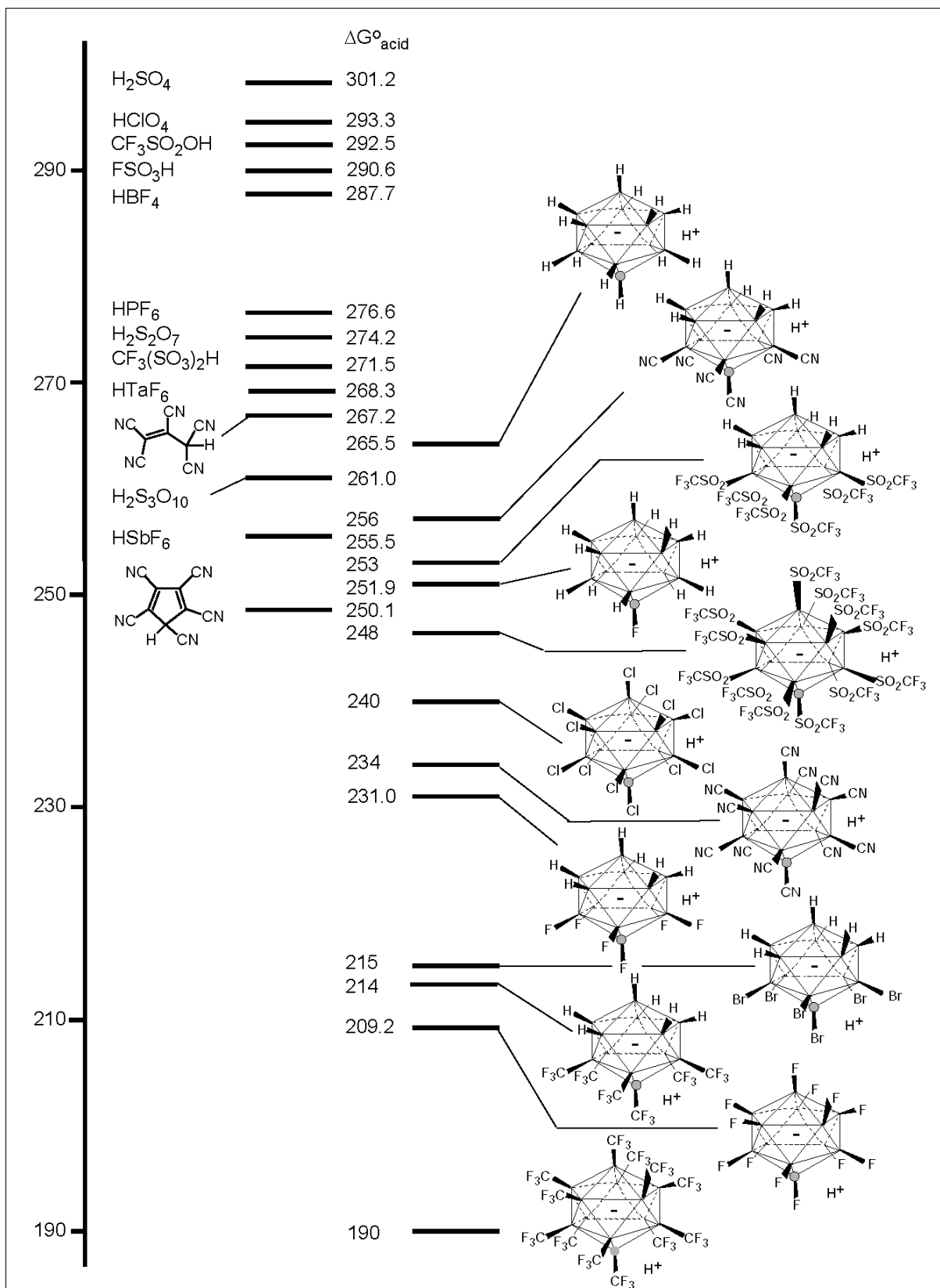
1. Töötati välja oluliselt täiustatud printsiibid ülitugevate Brønsted'i hapete disainiks, üldistades ja edasi arendades seni kasutusel olnud meetodeid ülitugevate superhapete konstrueerimiseks. Leiti, et lisaks tugevalt elektronaktseptoorsete ja hästi polariseeruvate asendusrühmade happe molekuli happelisuse tsentri lähedusse inkorporeerimisele, ekstensiivsele negatiivse laengu delokalisatsioonile happega konjugeeritud anioonis jne on vajalik disainida aniooni nii, et seal puuduksid π -elektronid ja vabad elektronpaarid ning et soovitatavalt kõrge sümmeetriaga (näiteks ikosaeedrilisega) anioonis toimuks negatiivse laengu delokalisatsioon kolmedimensionaalse sigma-aroomaatsuse kontseptsioonile vastava mehhanismi

järgi. Kirjeldatud printsiibid lubavad ennustada uute ülitugevate superhapete (näiteks closo-CB₁₁X₁₂H karboraanide derivaadid (vt joonis 1), kus X on näiteks halogeen või CF₃ rühm) olemasolu, mille happelisus ületab 70-80 suurusjärku väävelhappe vastava näitaja.

Saadud tulemused omavad suurt potentsiaali komponentide loomiseks kõrgefektivelektrokeemiliste jõuallikate (Li-ioonpatareid, superkondensaatorid, kütuseelementid), stereoselektiivsete regenereeritavate keskkonna- ja niiskusesõbralike katalüsaatorite loomisel orgaanilise sünteesi tarbeks, uute nn rohelise keemia vajadustele vastavate ionsete vedelike disainiks jne.

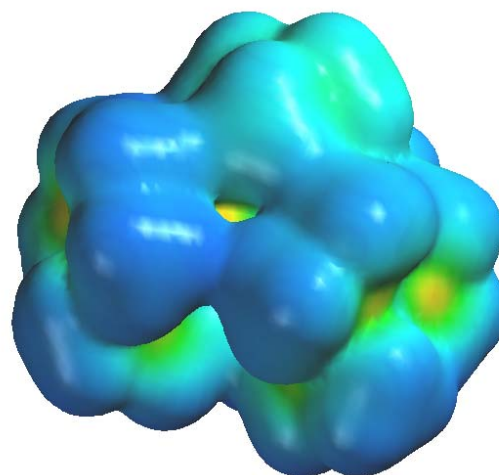
2. Fosfaseenide, fosfori üliidide ja mõnede teise superaluste omaduste nende elektronstruktuurist sõltuvuse uurimise tulemusena täpsustati ka neutraalsete Brønsted'i aluste aluselise muutumise üldiseid seaduspärasusi ning selgitati, analoogselt hapete kohta öeldule, ka superaluste kui potentsiaalselt oluliste moodsate sünteetiliste ja analüütiliste reagentide aluselise võimalikke "kasvupiire".

3. Hapete ja aluste happelis-aluselised omadused sõltuvad sageli väga olulisel määral keskkonnaefektidest (solvendist), kusjuures võivad oluliselt muutuda nii uuritavate hapete ja aluste suhteline tugevus (järjestus), kui ka selle intensiivsus. Seega on mitmesuguste sünteetiliste, tehnoloogiliste ja ka analüütiliste rakenduste puhul oluline teada happelis-aluseliste tasakaalude solventsõltuvuste kvantitatiivseid aspekte.



Joonis 1. Neutraalsete superhapeste gaasifaasilise happeliseuse ($\Delta G^{\circ}_{\text{acid}}$, kcal/mol) skaala. Happeliseus kasvab ülevalt alla.

On loodud ulatuslik ühtne hapete ja aluste happelisuse-aluselise skaala polaarse solvendis – atsetonitriilis ning nn ionpaarse aluselise skaala vähepolaarse solvendi THF keskkonnas. Esmakordselt maailmas õnnestus välja töötada ulatuslik hapete tugevuse spektrofotomeetrilise määramise meetodika apolaarse lahusti heptaani keskkonnas, kasutades titrandina lipofiilset speralust $t\text{-BuP}_4$ (joonis 2), mille protoneerimise tulemusena tekkinud suuremõõtmeline positiivse laengu ulatusliku delokalisatsiooniga kation on nimetatud keskkonnas lahustuv ja nõrgalt interakteeruv happeaniooniga.



Joonis 2.
Lipofiilse superaluse $t\text{-BuP}_4$ molekul.

- Selgitati välja mitmed olulised seaduspärasused, mis määravad leelismetallikatioonide (nt Li^+) ja Lewis'i aluste vahelise interaktsiooni intensiivsuse, sõltuvalt katiooni iseloomust ning neutraalsete ja anioonsete Lewis'i aluste elektronstruktuurist.
- Metroloogia ja kvaliteeditagamise keemias. On töötatud välja mõõtemääramatuse hindamise protseduurid, mõõtetulemuste jälgitavuse kriteeriumid, meetodite valideerimise ja laboritevaheliste võrdlusmõõtmiste protseduurid. Analüüsilaborid ja tööstusettevõtted ilmutavad suurt huvi selle teema vastu ja koostöö on juba käimas.

Viimase viie aasta jooksul on publitseeritud ca 70 artiklit, kaitstud 11 PhD dissertatsiooni.

Uurimisrühmal on arvukad koostööpartnerid USA-s, Jaapanis, Saksamaal, Hispaanias, Prantsusmaal, Austraalias, Rootsis, Venemaal, Ukrainas jm.

PUBLIKATSIOONE

Abboud, J.-L. M., Koppel, I. A., Alkorta, I., Della, E. W., Müller, P., Davalos, J.Z., Burk, P., Koppel, I., Pihl, V., Quintanilla, E. Stereoelectronic, strain and medium effects on the protonation of cubylamine, a Janus-like base. *Angew. Chem. Int. Ed.* 42/20, 2281-2285 (2003).

Abboud, J.-L. M., Koppel, I. A., Davalos, J. Z., Burk, P., Koppel, I., Quintanilla, E. Protonation of cubane in the gas phase: A high-level Ab initio and DFT study. *Angew. Chem. Int. Ed.* 42/19, 1044-1046 (2003).

Burk, P., Koppel, I. A., Koppel, I., Kurg, R., Gal J.-F., Maria, P.-C., Herreros, M., Notario, R., Abboud, J.-L. M., Anvia, F., Taft, R. W. Revised and expanded scale of gas-phase lithium-cation basicities. An experimental and theoretical study. *J. Phys. Chem. A* 104, 2824-2833 (2000).

Burk, P., Koppel, I. A., Koppel, I., Leito, I., Travnikova, O. Critical test of performance of B3LYP functional for prediction of gas-phase acidities and basicities. *Chem. Phys. Lett.* 232, 5-6, 482-489 (2000).

Kaljurand, I., Rodima, T., Leito, I., Koppel, I. A., Schwesinger, R. Self-consistent spectrophotometric basicity scale in acetonitrile covering the range between pyridine and DBU. *J. Org. Chem.* 65, 6202-6208 (2000).

Kaljurand, I., Rodima, T., Pihl, A., Mäemets, V., Leito, I., Koppel, I. A., Mishima, M. Acid-base equilibria in nonpolar media. 4. Expanding the self-consistent basicity scale in THF medium. Gas-phase basicities of phosphazenes. *J. Org. Chem.* 68, 9988-9993 (2003).

Koppel, I. A., Burk, P., Koppel, I., Leito, I. Generalized principle of designing of neutral super-strong Bronsted acids. *J. Am. Chem. Soc.* 124, 5594-5600 (2002).

Koppel, I. A., Burk, P., Koppel, I., Leito, I., Sonoda, T., Mishima, M. Gas-phase acidities of some neutral superacids: a DFT and ab initio study. *J. Am. Chem. Soc.* 122, 5114-5124 (2000).

Koppel, I. A., Schwesinger, R., Breuer, T., Burk, P., Herodes, K., Koppel, I., Leito, I., Mishima, M. Intrinsic basicities of phosphorus imines and ylides: A theoretical study. *J. Phys. Chem. A* 105, 9575-9586 (2001).

Rööm, E.-I., Kaljurand, I., Leito, I., Rodima, T., Koppel, I. A., Vlasov, V. M. Acid-Base equilibria in nonpolar media. 3. Expanding the spectrophotometric acidity scale in heptane. *J. Org. Chem.* 68, 7795-7799 (2003).

POOLJUHTPÄIKESENERGEETIKA MATERJALIDE KEEMIA, FÜÜSIKA JA TEHNOLOOGIA

Läbiviidavad teadusuuringud annavad panuse uute päikeseenergeetika materjalide ja seadiste tehnoloogiate otsingutesse läbi kasutatavate uute ühendpooljuhtmaterjalide (kaadmium-telluriid (CdTe), vaskindiumdiseleniidi (CuInSe₂) ehk CIS tüüpi materjalid) ning elektrit juhtivate polümeeride omaduste parema tundmaõppimise ja kasutatavate tehnoloogiate täpsema kontrolli. Pearõhk on uutel A²B⁶, CIS ja elektrit juhtivate polümeermaterjalidel (EJP) põhinevate materjalide keemia ja füüsika alastel uuringutel ning praktilistel väljatöötlustel nende materjalide baasil. Teadusuuringute põhieesmärgiks on luua alused odavate päikeseenergia muundurite loomiseks kasutades pulbriliste materjalide suunatud sünteesi ja uurimisgrupi poolt väljatöötatud originaalset monoterakihtide tehnoloogiat.

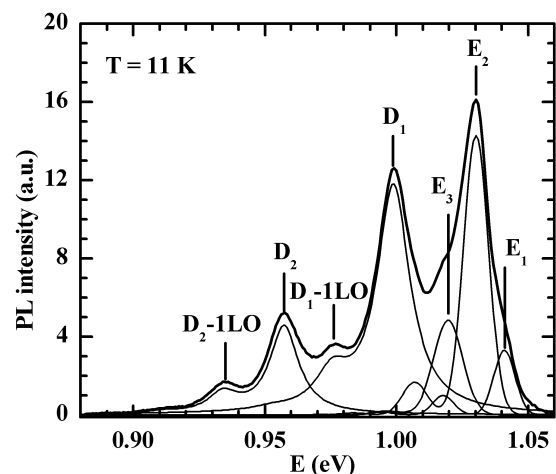
Uuringud kontsentreeruvad põhisuundadesse, kus tippkeskuse teaduritel on juba eelnevatest perioodest märkimisväärne teaduspotsiaal ja *know-how* ning rahvusvaheliselt arvestatavad teadustulemused.

1. Erinevate anorgaaniliste ühendpooljuhtmaterjalide ja EJP alased alusuuringud. Uuritakse foto-luminentsi erinevates traditsioonilistes ja mittetraditsioonilistes CIS tüüpi anorgaanilistes ühend-pooljuhtmaterjalides (CuInSe₂, CuInS₂, CuInTe₂, AgInTe₂) (vt joonis 3), sõltuvana nende materjalide stöhiomeetrisest kõrvalekaldest ning lisandite kontsentratsioonist ja keemilisest loomusest. Lisaks fundamentaalsele teaduslikule informatsioonile selliste keeruliste ühendite defektstruktuurist ja selle mõjutamise teedest võimaldavad läbiviidavad uuringud leida uusi võimalusi materjalide suunatud sünteesiks ja uusi materjale pooljuhtpäikeseenergeetika seadistele.

Erinevate fotoluminentsi ribade 0,973 eV (A-riba) ning 0,991 eV (B-riba) uuringud, sõltuvana materjalide legeerimisest Na ja Kga, on näidanud, et mõlemad ribad on sarnase päritoluga, kuid tulevad erineva keelutsooni laiusega kristalli piirkonnast. Lokaalne suurem keelutsoon võib olla põhjustatud CIS tahkest lahusest Na või Kga. CuInTe₂ tugevaltlegeeritud kristallide uurimisel on aga selgunud, et ebasümmeetriline fotoluminentsi riba on suure tõenäosusega põhjustatud vase vakantsist aktivatsioonienergiaga 70 meV. Esmakordselt on uuritud CuInTe₂ äärekiirgust ning pakutud välja materjali võimalik defekt-

struktuur. Samuti on uuritud esmakordselt fotoluminentsi AgInTe₂.

2. Õhukeste kilede kasvatamise seaduspärasuste väljaselgitamine magnetron-pihustamise, keemilise ja elektrokeemilise sadestamise protsessides, eesmärgiga saada etteantud keemilise ja defektkoostisega ning elektriliste ja optiliste omadustega õhukesekilisi struktuure nende kasutamiseks pooljuhtpäikeseenergeetikas. On uuritud erinevate tehnoloogiliste parameetrite mõju saadavate kilede struktuurile ja selgitatud seaduspärasusi, mis määravad kilede struktuuri ja keemilise koostise (kõrvalekalde stöhiomeetriast).
3. Mikro- ja nanokristalliliste pulbrite formeerumise teaduslike aluste loomine. Lisaks teadusuuringutele erinevate halkopüriitsete pulbrite sünteesi mehhanismi ja kineetika alal on koostöös Georgia Tehnoloogia-instituudi teadlastega uuritud lisandite mõju pulbriliste röntgenluminofooride kiirgusparameetritele ning uute nanokristalsete luminofooride sünteesi võimalusi.
4. Kileliste struktuuride loomine elektrit juhtivatest polümeeridest ja anorgaanilistest ühendpooljuhtmaterjalidest. Sellised hübriidsed struktuurid omavad päikeseelementidena mitmeid eeliseid (tehnoloogiate suhteline lihtsus ja odavus) võrreldes traditsiooniliste anorgaanilistel materjalidel baseeruvate päikeseelementidega. On välja töötatud ja uuritud erinevaid PV päikeselementide struktuure, näiteks, klaas/ITO/CISe/PANI/Ag, klaas/ITO/CISe/PPy/Ag,



Joonis 3. Tasakaalulise koostisega CuInTe₂ PL spekter.

Cu/CIS/PPy/i-ZnO/n-ZnO,
Cu/CIS/PEDOT-PSS/i-ZnO/n-ZnO,
Cu/CIS/PEDOT-PSS/Grafiit,
Cu/CIS/PEDOT-PSS/Au (poolläbilaskev) ja
Cu/CIS/PEDOT-PSS/Au (võrk), mis on sobi-
vad paljudeks nn niššrakendusteks.

5. Päikeseelementide uute konstruktsioonide väljatöötamine. TTÜs loodud ja rohkem kui 20 maal patentidega kaitstud päikesepeatareid (vt joonis 4) monoterapulbrite ja monoterakihtide tehnoloogiate alusel on väga perspektiivsed arhitektuurilisteks ja nn niššrakendusteks. Monoterakihid seovad endas polükristalliliste ja monokristalliliste tehnoloogiate eelised. Uuritakse erinevaid tehnoloogilisi lahendusi monoterakihtide formeerimiseks ja päikesepeatarei struktuuride loomiseks monoterakihtide alusel. Teadustööd antud temaatikas toetab finantsiliselt välispartner, kes on ostnud TTÜs loodud tehnoloogiate litsentsid. Huvi antud tehniliste lahenduste vastu on tundnud ka mitmed Euroopa juhtivad päikesepeatareid tootvad firmad.

Tulemused on publitseeritud 17 avaldatud või avaldamiseks vastu võetud publikatsioonina rahvusvahelistes teadusajakirjades, ettevalmistamisel on 2 patenditaotlust. Kaasfinantseerimistest on investeeritud laboratooriumi infrastruktuuri ca 11 miljonit krooni.

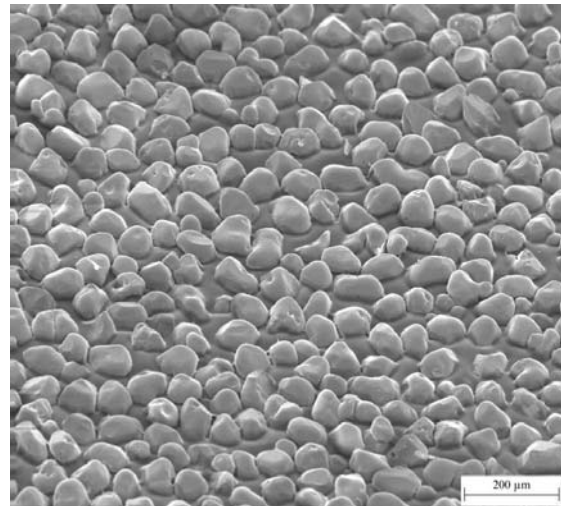
Jätkunud on viljakas koostöö firmadega Scheuten Glasgroap ja Bruker AXS Inc. Teema täitmisest osa võtvad teadurid osalevad ka 3 Euroopa Liidu viienda koostöövõrgu teadusprojekti täitmisel.

On saavutatud temaatika kaasfinantseerimine tööstusest ja Euroopa Liidust (kokku 3 projekti) ja arendustöö lepingute alusel (firmaga Scheuten Glasgroap Monograin Powders and Layers) 2003 aastal ca 11 miljoni EEK ulatuses. Teaduslabor on täiendanud 2003. aastal oma seadme parki: kõrglahutusega skaneeriv elektronmikroskoop LEO SUPRA koos EDS ja EBIC lisaseadmetega; elektronimpvaakuumaaurusti; tsentrifuug õhukeste kilede saamiseks; spektromeeter Autolab 306, kõrgvaakumsüsteem.

PUBLIKATSIOONE

Altosaar, M., Jagomägi, A., Kauk, M., Krunks, M., Krustok, J., Mellikov, E., Raudoja, J., Varema, T. Monograin layer solar cells. *Thin Solid Films* 431-432, 466-469 (2003).

Bereznev, S., Konovalov, I., Öpik, A., Kois, J., Meissner, D., Mellikov, E. Polypyrrole thin film electrodeposition on polycrystalline CuInS₂ for



Joonis 4.

Skaneeriva elektronmikroskoobi foto monoterakiht päikesepeatarei pinnast.

photovoltaic applications. *Adv. Funct. Mat.* (submitted) (2003).

Jagomägi, A., Krustok, J., Raudoja, J., Grosberg, M., Danilson, M. Deep and edge photoluminescence emission of CuInTe₂. *Phys. Stat. Sol. (b)* 237, 2, R3-R5 (2003).

Jagomägi, A., Krustok, J., Raudoja, J., Grosberg, M., Danilson, M., Yakushev, M. Photoluminescence studies of heavily doped CuInTe₂ crystals. *Physica B* 337, 369-374 (2003).

Kois, J., Bereznev, S., Mellikov, E., Öpik, A. Photovoltaic structures formed by thermal annealing of electrodeposited CuInSe₂ in H₂S. *Proc. Estonian Acad. Sci.* 52, 2, 51-58 (2003).

Kropman, D., Poll, V., Kärner, T., Ugaste, Ü., Mellikov, E., Abru, U., Paomets, V. Investigation of strain relaxation mechanism in Si-SiO₂ system during the process of its formation. *Phys. Stat. Sol. (a)* 198, 297-301 (2003).

Krustok, J., Jagomägi, A., Raudoja, J., Altosaar, M. Photoluminescence properties of stoichiometric CuInSe₂ crystals. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 79, 401-408 (2003).

Mellikov, E. Materials and technologies for photovoltaic applications. In: *European Photovoltaic Projects, European Communities, Luxembourg*, ISBN 92-894-4831-8, 16-17 (2003).

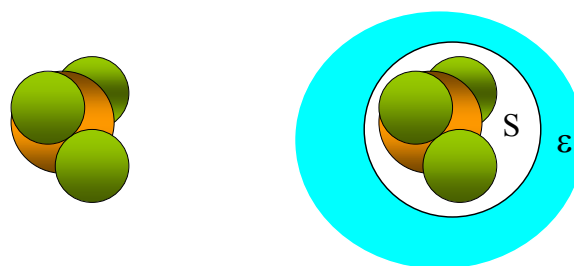
Tomson T., Mellikov E., Russak V., Kallis A. Steady-state variability of solar irradiance. *Solar Energy* (submitted) (2003).

TEOREETILINE KEEMIA

Kaasaegne keemiline ja biotehnoloogia, nanotehnoloogia, uute ravimite ja kõrgtehnoloogiliste materjalide väljatöötamine ning paljud teised valdkonnad vajavad usaldusväärseid andmeid keemiliste ühendite ja keeruliste molekulaarsete struktuuride sisemise ehituse ning omaduste kohta. Efektivesed ja täpsed kvantmehhaanikal põhinevad meetodid on välja arendatud enamasti vaid aatomite ja suhteliselt väikeste molekulide omaduste arvutamiseks. Enamik tööstuslikult tähtsaid protsesse ja kõik elusorganismides toimuvad (*in vivo*) keemilised reaktsioonid toimuvad aga korrapäratutes kondenseeritud keskkondades (lahused, membraanid, polümeerid jne). Molekulide vastasmõju selliste keskkondadega võib esile kutsuda olulisi muutusi nende struktuuris, muuta ainete füüsikalisi omadusi ja keemiliste reaktsioonide mehhanismi, kiirust ning tasakaalu. Teisalt on paljud uudsed tehnoloogilised protsessid ja materjalid ning bioloogilise regulatsiooni süsteemid seda võrd keerukad, et nende *ad hoc* teoreetiline kirjeldamine osutub praktiliselt võimatuks.

Seetõttu on kaasaegse teoreetilise keemia üheks tähtsamaks valdkonnaks kujunenud alternatiivsete arvutikeemia meetodite väljaarendamine kondenseeritud keskkondades olevate molekulide struktuuri adekvaatseks kirjeldamiseks ning nende rakendamine ainete omaduste usaldusväärseks ennustamiseks nendes keskkondades. Ennekõike lähtuvalt nn kvantitatiivsetest struktuur-omadus sõltuvustest ning kaasaegsetest tehisintellekti meetoditest. Teoreetilise keemia uurimisgrupi peamised saavutused ongi olnud seotud metodoloogia ja arvuti tarkvara väljaarendamisega ennustusvõimeliste kvantitatiivsete struktuur-omadus sõltuvuste ning korrapäratute kondenseeritud süsteemide kvantkeemia alal. On loodud uudne, teoreetilistel molekulaardeskriptoritel põhinev ekspertsüsteem keerukate molekulaarsete süsteemide ja materjalide omaduste kirjeldamiseks ja ennustamiseks. Samuti on välja töötatud ja edasi arendatud teoreetilisi meetodeid molekulaarsete süsteemide ruumilise ja elektronstruktuuri kirjeldamiseks lahustes ja vedelikes (vt joonis 5). Mõlema uue lähenemise rakendamiseks on loodud originaalne arvuti tarkvara, mida on kasutatud paljude keemilist, tehnoloogilist ja biomeditsiinilist huvi pakkuvate süsteemide modelleerimisel. Nii näiteks on väljatöötatud meetodeid edukalt rakendatud ainete tiheduse, keemise- ja sulamistemperatuuri, kriitilise temperatuuri, lahustuvuse, murdumisnäitaja, leektäpi ja

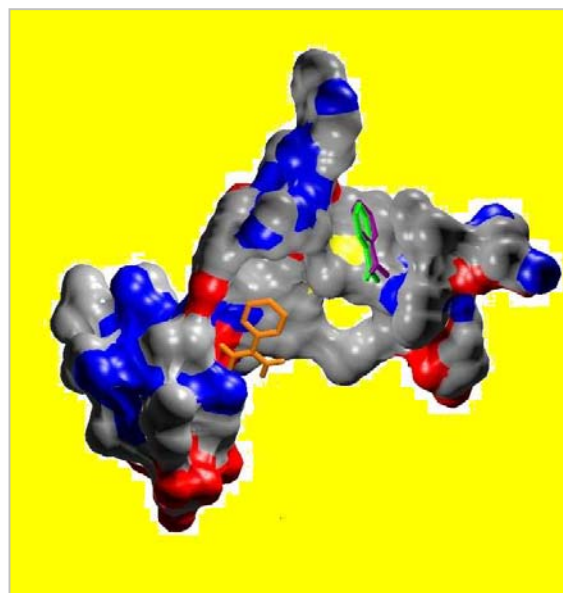
mitmesuguste teiste tehnoloogiliste omaduste kirjeldamiseks. Uudsed molekulaardeskriptorid on samuti võimaldanud ennustada uute potentsiaalsete ravimite ja bioretseptorite vastasmõju selektiivsust, nende sidumise afiinsust ja efektiivsust (vt joonis 6).



$$\hat{H} \Psi = E_g \Psi \quad \left\{ \hat{H} + \hat{V}(\epsilon, S) \right\} \Psi = E_s \Psi$$

Joonis 5.

Lihnte reaktsioonivälja mudel molekulide elektronstruktuuri arvutamiseks keskkonnas S dielektrilise läbitavusega ϵ .



Joonis 6.

Arvutil modelleeritud aromaatsete ühendite sidumine valgumolekuliga.

Teoreetilise keemia grupil on aktiivne rahvusvaheline koostöö enam kui 20 uurimisasutusega, sealhulgas selliste maailma tippkeskustega nagu Florida Heterotsükliiliste Ühendite Keskus (USA), Jülichi Teaduskeskus (Saksamaa) ja Mario Negri Instituut (Itaalia).

PUBLIKATSIOONE

Andersson, P. L., Maran, U., Fara, D., Karelson, M., Hermens, J. L. M. General and class specific models for prediction of soil sorption using various physico-chemical descriptors. *J. Chem. Inf. Comp. Sci.* 42, 1450-1459 (2002).

Hetenyi, C., Maran, U., Karelson, M. A comprehensive docking study of the characterization of the selectivity of binding of aromatic compounds to proteins. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 43, 1576-1583 (2003)

Karelson, M. *Molecular Descriptors in QSAR/QSPR*. J. Wiley & Sons, New York, 430 pp. (2000).

Karelson, M. Quantum-chemical descriptors in QSAR, Chapter 24. In: Tollenaere, J. P., Bultrick, P., De Winter, H., Langenaeker, W. (Eds.) *Computational Medicinal Chemistry and Drug Discovery*, Dekker Inc., New York, 641-668 (2003).

Karelson, M. Theoretical treatment of solvent effects on electronic and vibrational spectra of compounds in condensed media. In: Wypych, G. (ed.) *Handbook of Solvents*, ChemTec Publishing, Toronto, 607- 647 (2001).

Karelson, M., Maran, U., Wang, Y., Katritzky, A. A. QSPR and QSAR Models derived with CODESSA multipurpose statistical analysis software. AAAI Tech. Report SS-99-01, 12-23 (1999).

Katritzky, A. R., Maran, U., Lobanov, V. S., Karelson, M. Structurally diverse QSPR correlations of technologically relevant physical properties. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 40, 1-18 (2000).

Katritzky, A. R., Oliferenko, A., Lomaka, A., Karelson, M. Six-membered cyclic ureas as HIV-1 protease inhibitors. A QSAR study based on CODESSA-PRO approach. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 12, 3453-3457 (2002).

Katritzky, A. R., Tatham, D., Fara, D., Maran, U., Lomaka, A., Karelson, M. The present utility and future potential to medicinal chemistry of QSAR/QSPR with whole molecule descriptors. *Curr. Top. Med. Chem.* 2, 1333-1356 (2002).

Sild, S., Karelson, M. A general QSPR treatment for dielectric constants of organic compounds. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 42, 360-367 (2002).

ELEKTRIT JUHTIVATE POLÜMEERIDE OMADUSTE JA KASUTAMISVÕIMALUSTE UURIMINE MITMEKIHILISTES STRUKTUURIDES

Uuriti võimalusi polüpürooli elektrokeemilise sünteesisprotsessi modifitseerimiseks, eesmärgiga saada etteantud morfoloogia, struktuuri ja elektriliste omadustega õhukesi kileid. On leitud, et kõrgtemperatuurset modifitseeritud PPP osakeste lisamine PPy elektrokeemilise sünteesi lahusesse parandab oluliselt kilede morfoloogiat, struktuuri ja elektriliste omaduste stabiilsust. See laiendab oluliselt tehnoloogiliselt raskesti töödeldavate elektrit juhtivate polümeeride kasutamise võimalusi, eeskätt mitmekihilistes struktuurides koos fototundlike A_2B_6 tüüpi materjalidega (CdS, ZnS jne).

Uuritakse erinevate A_2B_6 tüüpi ühendite defektstruktuuri ja defektidega seotud protsesside kineetikat, näiteks keemilise difusiooni koefitsiendi $D(\Delta)$ funktsioonina temperatuurist ja metalli (Zn või Cd) aururõhust p_{Zn} või p_{Cd} nii legeerimata ZnS kui ka legeerimata CdSe monokristallides kõrgel temperatuuril. On tõestatud, et kahekordselt laetud võrevahelise omakompo-

nendi (metalli) aatomid osutuvad domineerivateks difundeerivateks defektideks ZnS-s ja CdS-s kõrgel metalli aururõhul. Kõrgtemperatuursete elektrijuhtivuse meetodil uuriti doonoritega legeeritud A_2B_6 ühendeid (CdSe:Al, CdSe:Ga, CdSe:In, ZnSe:In, ZnS:Al, ZnS:Ga ja ZnS:In).

Leiti, et piirkond $n = [D^\bullet]$ osutub parimaks kõrgelt temperatuurilt allajahutatud kristallides kõrge n-tüüpi elektrijuhtivuse saamiseks.

Hübriidseid orgaanilise-anorgaanilise struktuure elektron-juhtivusega n-CISe ($CuInSe_2$)/auk-juhtivusega p-ECP (ECP = PANI ja PPy) heterosiidide baasil valmistatakse kasutades elektrokeemilise sadestamise ja valamise (koos järgneva kuivatamisega) tehnikat. On tõestatud n-CISe/p-ECP kihtide vahel n-p barjääri moodustumine ja päikeseelemendi omaduste paranemine PPy puhverkihi elektrokeemilise sadestamisega samaaegsel valgustamisel. Cu/CIS baasil päikeseelemendi valmistamiseks uuriti orgaanilise puhverkihi PEDOT-PSS kasutamise võima-

lust. Meie uurimistulemusi on planeeritud rakendada polükristalliliste anorgaaniliste pooljuhtide vask-indium-halkogeniidide (CICH) ja juhtivate polümeeride PANI, PPy ja PEDOT-PSS õhukeste kilede baasil hübriidsete fotoelektriliste struktuuride valmistamiseks.

Koostöös Budapesti Tehnikaülikooli alus- ja analüütilise keemia instituudiga viiakse läbi uurimistööd DNA-biosensorite väljatöötamiseks elektrit juhtivate polümeeride baasil. Elektrit juhtivaks polümeeriks on valitud polüetüleendioksitiofeen (PEDOT), mis on kõrge elektrijuhtivusega, hea stabiilsusega p-legeeritud olekus ja pöörduvate elektrokeemiliste omadustega polümeer. Optimaalsete sünteesi parameetrite määramiseks elektrokeemilise sünteesi käigus uuritakse võimalusi legeerida PEDOT kilesid polüstüreensulfonaat (PSS⁻) ja Fe(CN)₆⁴⁻ (FCN⁴⁻)ioonidega. On leitud, et suurema redoks-aktiivsusega PEDOT kilet on võimalik saada potentsiodünaamilise sünteesi režiimis.

Väga perspektiivseks võimaluseks polüpürrooli (PPy) mehaaniliste omaduste parandamiseks on selle kombineerimine klassikaliste ning hästituntud polümeersete, elektrit mittejuhtivate materjalidega (polüetüleen, polüpropüleen, epoksü jms), moodustades komposiite või mitmekihilisi struktuure. Töö eesmärgiks on uurida uue elektrit juhtiva komposiidi PE(polüetüleen)/PPy(Cl)_{chem} redoks omadusi tsüklilise voltamperomeetria meetodi abil. Senised mitmekihilise komposiidi [PE/PPy(Cl)_{chem}/PPy(X)_{el.chem}] uuringud voltamperomeetria meetodil kinnitavad, et suurima elektroaktiivsuse ja elektrokeemilise stabiilsusega vesilahustes on komposiit, mis sisaldab väikesi anorgaanilisi anioone (nagu Cl ja NO₃).

Teemaga on seotud Euroopa Liidu RTD projektid: NNE5-2001-00544 "The European Polymer Solar Battery", NNE5-2002-00017 "Materi-

als and Technologies for Photovoltaic Applications from Estonia".

PUBLIKATSIOONE

Kois, J., Bereznev, S., Mellikov, E., Öpik, A. Photovoltaic structures formed by thermal annealing of electrodeposited CuInSe₂ in H₂S. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem. 52, 2, 51–58 (2003).

Lott, K., Nirk, T., Raukas, M., Volobujeva, O., Öpik, A., Vishnjakov, A. High temperature electrical conductivity in the Ag solubility limit region in ZnS and in CdSe. Int.J.Inorg.Mater. 3, 8, 1295-1297 (2001).

Lott, K., Nirk, T., Volobujeva, O. Chemical self-diffusion in undoped ZnS and in undoped CdSe. Crystal Engineering 5, 147-153 (2002).

Lott, K., Türn, L., Volobujeva, O., Leskelä, M. High temperature electrical conductivity of Cu-doped ZnS. Phys. Stat. Sol. 229, 1, 361-364 (2002).

Lott, K., Türn, L., Volobujeva, O., Leskelä, M. High temperature electrical conductivity in undoped ZnS. Phys. B: Phys. Condens. Matt. 308-310, 1, 932-934 (2001).

Lott, K., Volobujeva, O., Raukas, M., Türn, L., Grebennik, A., Vishnjakov, A. Investigation of excess Zn in ZnO, Phys. Stat. Sol. (c) 0, 2, 622-625 (2003).

Lott, K., Volobujeva, O., Öpik, A., Nirk, T., Türn, L., Nöges, M. High temperature electrical conductivity in donor-doped II-VI compounds. Phys. Stat. Sol.(c) 0, 2, 618-621 (003)

Syritski, V., Öpik, A., Forsén, O. Ion transport investigations of polypyroles doped with different anions by EQCM and CER techniques. Electrochim. Acta 205, 48/10, 1409-1417 (2003).

PIIRPINDADE NING TAHKISTE ELEKTROKEEMIA JA RAKENDUSELEKTROKEEMIA

PEAMISED UURIMISVALDKONNAD:

- Elektriline kaksikiht Bi, Cd ja Sb monokristallidel.
- Orgaaniliste ühendite adsorptsiooni kineetika Bi, Sb ja Cd monokristalli tahkudel ja süsinikelektroodidel.
- Elektroodi pinna geomeetrilise ja energetilise ebahütluse mõju erinevate ühendite adsorptsiooni parameetritele (vt joonised 7 ja 8).
- Tahke pinna kristallograafilise struktuuri mõju erinevate elektrokeemiliste reaktsioonide (vesiniku katodne eraldumine, hapniku, komplekskatioonide ja orgaaniliste ühendite elektroredukseerimine) kineetikale.
- Nanoporse süsinikelektroodi elektrokeemilised omadused ja rakendused superkondensaatoris (koostööpartner AS Tartu Tehnoloogiad) (vt joonis 9).
- Elektrokeemilised protsessid tahketel oksiididel (vt joonis 10) ja kütuseelementide elektrokeemilised parameetrid (koostööpartner AS Elcogen).
- Elektrit juhtivad polümeerid ja kvantkeemilised arvutused nende omaduste kirjeldamiseks järgmiste meetoditega:
 - ✓ molekulaarmehhaanika,
 - ✓ pool-empiriilised meetodid: AM1, PM3,
 - ✓ *ab initio* HF: 3-21G...6-31++G**,
 - ✓ tihedusfunktsionaal: B3LYP,
 - ✓ häiritusteooria: MP2.

PUBLIKATSIOONE

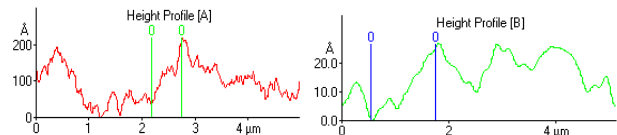
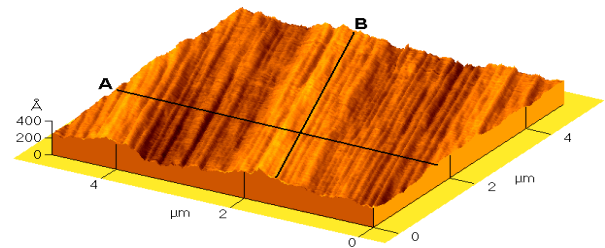
Kallip, S., Laukkanen, P., Jänes, A., Sammelselg, V., Väyrynen, J., Miidla, P., Lust, E. Investigation of the surface topography and double layer characteristics of variously pretreated antimony single crystal electrodes. *Surf. Sci.* 532-535, 1121-1126 (2003).

Lust, E. Electrical double layers. Double layers at single crystal and polycrystalline electrodes. Bard, A. J., Stratman, M. *Encyclopedia of Electrochemistry*, 1, Wiley, 188-224 (2002).

Lust, E., Jänes, A., Sammelselg, V., Miidla, P. Influence of charge density and electrolyte concentration on the electrical double layer characteristics at rough cadmium electrodes. *Electrochim. Acta* 46, 185-191 (2000).

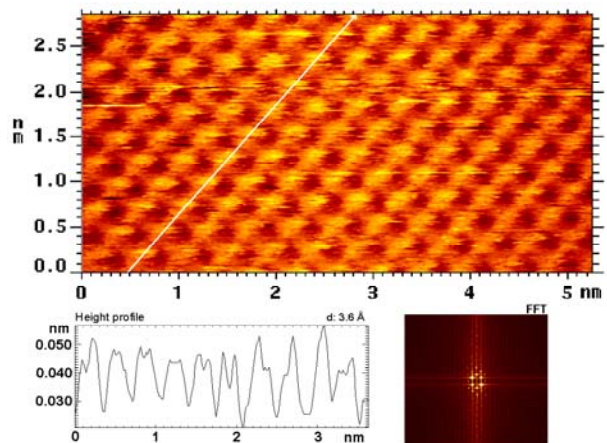
Lust, E., Kallip, S., Möller, P., Jänes, A., Sammelselg, V., Miidla, P., Väärnõu, M., Lust, K. Influence of surface charge density on the electrochemically derived surface roughness of Bi electrodes. *J. Electrochem. Soc.* 150, E175-184 (2003).

Lust, E., Nurk, G., Jänes, A., Arulepp, M., Nigu, P., Permann, L., Möller, P., Kallip, S., Sammelselg, V.



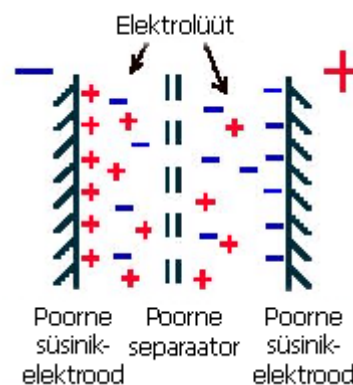
Joonis 7.

Toatemperatuuril lõhestamisel saadud Sb (III) tahu pinnastruktuur.



Joonis 8.

Sb(III) tasandi aatomlahutuspiilt ning vastav Fourier teisendus pinnaomadustest.



Joonis 9.

Superkondensaatori skeem.

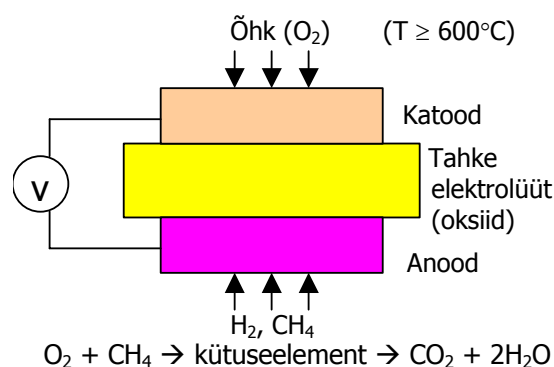
Electrochemical properties of nanoporous carbon electrodes in various nonaqueous electrolytes. *J. Solid State Electrochem.* 7, 91-105 (2003).

Lust, E., Nurk, G., Jänes, A., Arulepp, A., Permann, L., Nigu, P., Möller, P. Electrochemical properties of nanoporous carbon electrodes. *Condens. Matt. Phys.* 5, 307-327 (2002).

Lust, E., Nurk, G., Moller, P., Kivi, I., Kallip, S., Janes, A., Sammelseg, V., Mändar, H. Electrochemical impedance characteristics of some medium temperature semicells for SOFC. *Proc. of the Internat. Symp. on Solid Oxide Fuel Cells, Paris, France, 1176-1185* (2003).

Lust, K., Väärtnõu, M., Lust, E. Adsorption of anions on bismuth single crystal plane electrodes from various solvents. *J. Electroanal. Chem.* 532, 303-318 (2002).

Trasatti, S., Lust, E. The potential of zero charge, modern aspects of electrochemistry. In: White, R. E., Conway B. E., Bockris J. O'M. (Eds.) *Modern Aspects of Electrochemistry*, 33, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York and London, 1-216 (1999).

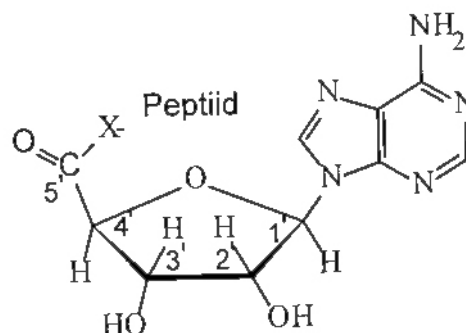


Joonis 10. Tahketel oksiididel baseeruva kütuseelemendi skeem.

UUDSETE JA PRAKTILISELT OLULISTE MATERJALIDE JA BIOAKTIIVSETE AINETE DISAIN JA SÜNTEES

Püstitatud eesmärkide täitmiseks on vajalik orgaanilise peensünteesi, etteantud omadustega molekulide konstrueerimise võimaluste ning kaasaegsete biokeemia ja molekulaarbioloogia meetodite samaaegne rakendamine. Sellise mitmetasandilise uurimistöö tagab töögrupi kõrge kvalifikatsioon neis valdkondades ning koostöö teiste tippkeskuse uurimiserühmadega. Edukalt on arenenud uut tüüpi biomimeetiliste ainete konstrueerimise, sünteesi ja bioaktiivsuse uurimise pogrammi, mille raames on peptiidide ja nukleiinhapete komponentide ning teiste orgaaniliste ühendite struktuurielementide kombineerimise teel loodud uusi aineid, mille toime "märklauaks" on kavandatud nukleotiidide retseptorid, eeskätt P2Y₁ tüüpi retseptor. Samuti on sünteesitud mitmed nukleosiid-peptiidkonjugaadid, mis on osutunud efektiivseteks proteiinkinaaside inhibiitoriteks.

Leiti, et polüetüleenglükooli liitmine nende molekulidega modifitseerib oluliselt nende elusrakku tungimise võimet ja rakusisest lokalisatsiooni. Pegüleerimise tulemusena suureneb nen-



Joonis 11. Proteiinkinaaside bifunktsionaalsed inhibiitorid, kus X tähistab silda nukleosiidse ja peptiidse osa vahel.

de inhibiitorite stabiilsus elusrakus, mis on omane biomimeetikutele võrreldes vastavate looduslike analoogidega. Täiendusena proteiinkinaaside bifunktsionaalsete inhibiitorite sünteesile alustati ka nende ainete toime kineetilise mehhanismi uurimist, iseloomustades nende seostumist nii vaba ensüümiga kui ka mõlema substraadi (peptiid ja ATP) juuresolekul. Lisaks

nendele uutele ainetele on katsetatud veel mõningaid peptiidide ja PNA-de seeriaid kui rakusiseseid modulaatoreid. Kirjeldatud on ka melanokortiini retseptori uut mittepeptiidset ligandi ning on alustatud selle retseptori süsteemset uurimist.

Avardamaks bioaktiivsete ainete loomise võimalusi on jätkunud ligandide seostumise seaduspärasuste tundmaõppimine G-valguga konjugeeritud retseptorite korral, kasutades selleks ulatuslikult keemilise kineetika uurimismeetodeid. Edasiarendamist on leidnud agonistide ja antagonistide mittevälisava sidumise mudel ning selle võrdlus üha enam leviva arusaamaga 7TM retseptorite allosteerilisest ligandide sidumismehhanismist. Samuti on analüüsitud G valkude rolli ja spetsiifilisust ligandi sidumisele m2 muskariinse retseptori korral ning on saadud uut informatsiooni erinevate patoloogiate mõju kohta dopamiini retseptoritele ja nendega seotud efektorsüsteemidele.

Parallelselt bioaktiivsuse uuringutega on arendamist leidnud mitmed orgaanilise sünteesi meetodid. On välja töötatud rida unikaalseid hüdrasiinide sünteesi reagente, mis võimaldavad selektiivselt viia hüdrasiini molekuli mis tahes neli erinevat asendajat, ning on üldistatud sünteestrategieid erineva arvu asendusrühmade olemasolu korral. See avab uusi võimalusi mitmesuguste bioaktiivsete ainete (näiteks aza-peptiidide) sünteeks. Huvi pakub ka reaktsioonide moduleerimine ultraheli abil, mis võib viia uute sünteese meetodite loomiseni. Magneesiumorgaaniliste ühendite reaktsioonide solvatatsiooninähtuste süvakäsitlus on avardanud perspektiivi ka nende protsesside uudseteks rakendusteks, ka tööstuslikel eesmärkidel.

Suhteliselt uue suunana on astunud samme silicatele pindadele seotud polümeeride uurimiseks. See avab tee näiteks nn molekulaarkiipide loomiseks, kus kandja pinnal asuvad peptiidsub-straatide või muude biopolümeeride seeriad.

PUBLIKATSIOONE

Adlerz, L., Soomets, U., Holmlund, L., Viirlaid, S., Langel, Ü., Iverfeldt, K. Down-regulation of amyloid precursor protein by peptide nucleic acid oligomer in cultured rat primary neurons and astrocytes. *Neurosci. Lett.* 336, 55-59 (2003).

Harro, J., Terasmaa, A., Eller, M., Rinken, A. Effect of denervation of the locus coeruleus

projections by DSP-4 treatment on [³H]-raclopride binding to dopamine D2 receptors and D2 receptor - G-protein interaction in the rat striatum. *Brain Res.* 976, 209-216 (2003).

Häidkind, R., Eller, M., Harro, M., Kask, A., Rinken, A., Orelund, L., Harro, J. Effects of partial locus coeruleus denervation and chronic mild stress on behaviour and monoamine neurochemistry in the rat. *Eur. Neuropsychopharmacol.* 13, 19-28 (2003).

Mahlapuu, R., Viht, K., Balaspiri, L., Bogdanovic, N., Saar, K., Soomets, U., Land, T., Zilmer, M., Karelson, E., Langel, Ü. Amyloid precursor protein carboxy-terminal fragment modulate G-proteins and adenylate cyclase activity in Alzheimer's disease brain. *Mol. Brain Res.* 117, 73-82 (2003).

Oras, A., Kilk, K., Kunapuli, S., Barnard, E. A., Järv, J. Kinetic analysis of [³⁵S]dATP alpha S interaction with P2y(1) nucleotide receptor. *Neurochem. Int.* 40, 381-386 (2002).

Sak, K., Uri, A., Enkvist, E., Raidaru, G., Subbi, J., Kelve, M., Järv, J. Adenosine-derived non-phosphate antagonists for P2Y(1) purinoceptors. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 272, 327-331 (2000).

Tšubrik, O., Mäeorg, U., Ragnarsson, U. Highly selective arylation of disubstituted hydrazines by pentavalent organobismuth reagents. *Tetrahedron Lett.* 3, 6213 (2002).

Tuulmets, A., Nguyen, T. B., Panov, D., Sassian, M., Järv, J. Kinetics of Grignard reaction with silanes in diethyl ether and ether-toluene mixtures. *J.Org.Chem.* 2003, 68, 9933-9937 (2003).

Tuulmets, A., Panov, D., Sassian, M. On the mechanism derived from kinetic solvent effects of Grignard reactions with silanes. *Tetrahedron Lett.* 44, 3943-3945 (2003).

Uri, A., Viht, K., Pooga M. Bifunctional inhibitors of protein kinases for intracellular applications. *Cell. Mol. Biol. Lett.* 8, 564-565 (2003).

Vasiljev, K. S., Uri, A., Laitinen, J. T. 2-Alkylthiosubstituted platelet P2Y12 receptor antagonists reveal pharmacological identity between the rat brain Gi-linked ADP receptors and P2Y12. *Neuropharmacology* 45, 145-154 (2003).

INSTRUMENTAALSED ANALÜÜSIMETODID KESKKONNAMONITOORINGUS JA MATERJALIDE UURINGUTES

PEAMISED UURIMISSUUNAD

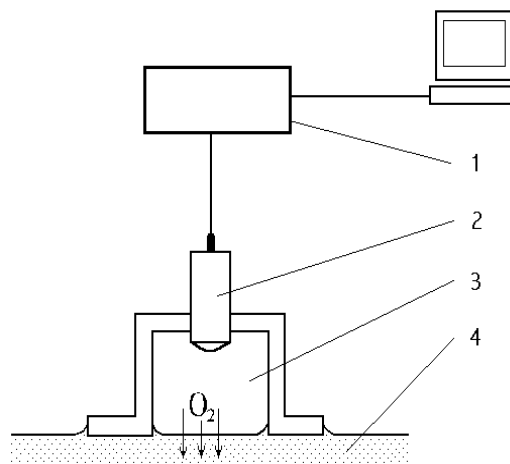
- keskkonnamonitooringus kasutatavate biosensorite väljatöötamine;
- biosensorite matemaatiline modelleerimine;
- lühiajalise biokeemilise hapnikutarbe meetodi väljatöötamine;
- hapniku massiülekande uurimine läbi pindaktiivse aine kilede;
- nanostruktuursete ja keemiliselt modifitseeritud elektrodide uurimine.

Selle teema raames tehtava töö üheks eesmärgiks on uurida pindaktiivsete ainete (PAA) adsorptsiooni vedelik-õhk piirpinnal PAA erinevatel kontsentratsioonidel lahuses. Töö teostamiseks on välja töötatud spetsiaalne elektrokeemilisel hapnikuanduril põhinev mõõteseadme hapniku massiülekande kiiruse mõõtmiseks läbi vesi-õhk piirpinna.

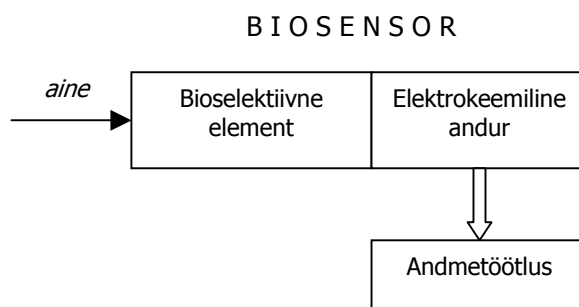
Antud seadme baasil on välja töötatud mõõtmismetoodika ning loodud matemaatiline mudel, mille abil saab iseloomustada nii pindaktiivsete ainete adsorptsiooni piirpinnal kui ka piirpinna takistust hapniku massiülekandele. Uurimistulemuste põhjal on näidatud, et vedelik-õhk piirpinna takistus sõltub nii pindaktiivse aine hulgast piirpinnal kui ka pindaktiivse aine molekuli struktuurist. Loodud mõõteseadme on kasutatav nii looduslike vete kui ka reovete õhk-vedelik piirpindade takistuse määramiseks. Teema on väga aktuaalne seoses vajadusega hinnata aeratsiooniprotsesside efektiivsust reoveepuhastuses.

Keskkonnatehnoloogiliselt sobivate rakenduste väljatöötamisel saasteainete ekspressanalüüsiks uuriti erineva bioselektiivse komponendiga (mikroorganismid, erinevad ensüümid) biosensoreid, nende bioloogiliselt aktiivse komponendi osalemisel toimuvaid protsesse, neid iseloomustavaid parameetreid ja parameetrite vahelisi seosed. Uurimistulemuste põhjal väljatöötatud türosinaasil põhinev biosensor võimaldab määrata karbarüüli kontsentratsiooni vahemikus 0,1-20mg/l. Väljatöötatud biokeemilise hapnikutarbe (BHT) sensorit saab kasutada reoveepuhastite sissevoolude BHT-indeksi määramiseks. Sensor võimaldab hinnata proovi BHT₇ väärtust 1 tunni jooksul.

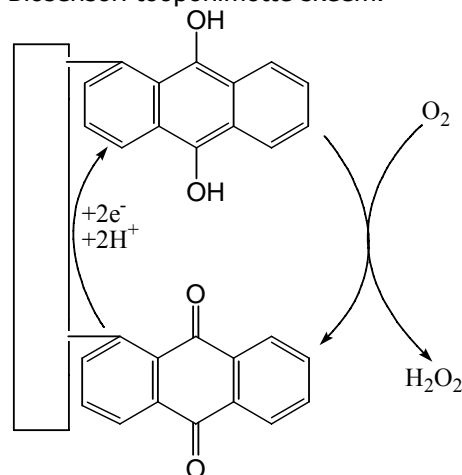
Uurimisgrupi poolt töötati välja mõõteseadme ja ekspressanalüüsi meetodika biokeemilise hapnikutarbe kiireks määramiseks. Meetod võimaldab hinnata reeves leiduvate komponentide bioloogilist lagundatavust ning kiiresti ja aegla-



Joonis 12. Vedelik-gaas piirpinna takistuse määramise seadme skeem: 1 – hapnikuanalüsaator, 2 – hapnikuandur, 3 – mõõtekamber, 4 – uuritav vedelik.



Joonis 13. Biosensori tööpõhimõtte skeem.



Joonis 14. Vesinikperoksiidi süntees antrakinooniga modifitseeritud süsinikelektroodil.

selt lagunevate komponentide suhtelist sisaldust uuritavas reoveeproovis. Reovee bioloogilise degradeeritavuse kiire hindamine aktiivmuda toimel on väga oluline reoveepuhastusseadmete töö optimeerimisel vajaliku puhastusefektiivsuse saavutamiseks. Nimetatud meetodika on edukalt rakendatav ka erinevate ainete biodegradatsiooni uurimisel. Põhitähelepanu on siiani pööratud fenoolsete ühendite biodegradatsiooni uurimisele, kasutades seejuures Kohtla-Järve biopuhasti aktiivmuda, kuna antud biopuhasti peab töötleva fenoolseid ühendeid sisaldavat tööstuslikku reovett. Meetod on rakendatav ka aktiivmuda omaduste iseloomustamiseks ning aktiivmuda hapnikutarbe kiirusele inhibeerivat toimet avaldavate ühendite väljaselgitamisel.

Keemiliselt modifitseeritud elektrodide vastu tuntakse järjest suuremat huvi. Neid saab kasutada mitmesugustes seadmetes, sh elektrokeemilistes biosensorites. Uurimisrühmas on kasutatud diasooniumisoola redutseerumise meetodit kinoonide seondamiseks süsinikelektroodi pinnaga. Kinoonidega modifitseeritud elektrodid näitavad suurt elektrokatalüütilist aktiivsust hapniku kahe-elektronilisel redutseerumisel vesinikperoksiidiks. Neid elektroode saab kasutada vesinikperoksiidi elektrokeemilisel sünteesil.

Pindade keemiline modifitseerimine võimaldab saada soovitud elektrokatalüütiliste omadustega indikaatorelektroode biosensoritele. Kovalentselt immobiliseeritud tsütokroom c-ga kuldelektroodi oleme edukalt kasutanud superoksiidiooni (O_2^-) elektrokeemilisel detekteerimisel.

Elektrodide nanostruktureerimine pakub uudseid võimalusi inertsele alusele kantud katalüütiliselt aktiivsete materjalide elektrokatalüütiliste omaduste muutmiseks. Isegi submonokihile vastavad katalüsaatorikogused võivad oluliselt muuta nende elektrodide elektrokeemilist käitumist. Selles valdkonnas teostatud töö eesmärgiks oli uurida nanomõõtmelises katalüsaatorite elektrokatalüütilise aktiivsuse sõltuvust nende pinna struktuurist.

PUBLIKATSIOONE

Mölder, E., Tenno, T., Mashirin, A. The effect of surfactants on oxygen mass-transfer through the air-water interface. *Environmental Science and Pollution Research, Special Issue 1*, 39-42 (2002).

Orupõld, K., Maširin, A., Tenno, T. Estimation of biodegradation parameters of phenolic compounds on activated sludge by respirometry. *Chemosphere* 44, 1273-1280 (2001).

Rinken, T. Determination of kinetic constants and enzyme activity from biosensor transient signal. *Analyt. Lett.* 36, 1535-1545 (2003).

Rinken, T., Järv, J., Rinken, A., Tenno, T. Biologically active material. Estonian patent application P199900442, 29.11.1999.

Rinken, T., Rinken, A., Tenno, T., Järv, J. Calibration of glucose biosensors by pre-steady state kinetics. *Biosens. Bioelectron.* 13, 801-807 (1998).

Sarapuu, A., Tammeveski, K., Tenno, T., Sammelselg, V., Kontturi, K., Schiffrin, D. J. Electrochemical reduction of oxygen on thin-film Au electrodes in acid solution. *Electrochem. Comm.* 3, 446-450 (2001).

Sarapuu, A., Vaik, K., Schiffrin, D. J., Tammeveski, K. Electrochemical reduction of oxygen on anthraquinone-modified glassy carbon electrodes in alkaline solution. *J. Electroanal. Chem.* 541, 23-29 (2003).

Tammeveski, K., Tenno, T., Mashirin, A., Hillhouse, E. W., Manning, P., McNeil, C. J. Superoxide electrode based on covalently immobilized cytochrome c: modelling studies. *Free Rad. Biol. Med.* 25, 973-978 (1998).

Tungel, R., Rinken, T., Rinken, A., Tenno, T. Immobilisation and kinetic study of tyrosinase for biosensor construction. *Analyt. Lett.* 32, 235-249 (1999).

KIIRGUSDETEKTORITE JA LUMINESTSENTSMATERJALIDE TEOORIA, DISAIN JA TEHNOLOOGILISED RAKENDUSED

Uurimisgrupp on üle 20 aasta tegelenud luminestantsmaterjalide uurimise ja arendamisega. Sel alal viiakse läbi nii fundamentaal- kui ka rakenduslikke uuringuid. Pikaajaline koostöö on Moskva Riikliku Ülikooli füüsika kateedri sünkrotronkiirguse laboratooriumi ja Venemaa Mendelejevi nim. Keemilise Tehnoloogia Ülikooli füüsika kateedriga. See koostöö võimaldab juurdepääsu unikaalsele teadusaparatuurile, nagu sünkrotronkiirguse allikad ja kvantmagneto-meeter.

Uurimistöö hõlmab tahke keha keemiat ja füüsikat, kiirgustoimet, materjaliteadust, samuti sünteesi- ja mõõtmisaparatuuri. Uuringutes kasutatakse erinevaid meetodeid: luminestantsi, termo- ja optiliselt stimuleeritud luminestantsi (TSL ja OSL), optilist, raadio- ja gammaresonantspektroskoopiat, magnetilisi mõõtmisi, luminestantsmaterjalide sünteesi ja keemilist analüüsi.

Fundamentaaluuringud hõlmavad võre- ja lisandidefekte, defektide vastasmõju, luminestantsi ja energia ülekande mehhanisme.

Võre- ja lisandidefektide uurimise kaudu leelismuldmetallsulfiidides (LMMS) ja -oksiidides (LMMO) seostatakse tahke keha keemia ja füü-

sika alaseid fundamentaaluuringuid luminofooride kasutusalaadega. On uuritud ka plastilist deformatsiooni ja kiirguse toimet seoses põhivõredefektide ja nende omadustega. Nii plastiline deformatsioon kui ka neutronkiirgus toimisid kristallvõrele läbi dislokatsioonide ümberasetumise võredefektide genereerivuse piirkonnades, kus dislokatsioonid kattusid. Ioonised protsessid toimuvad destruktureeritud kristallides madalamatel temperatuuridel, võrreldes protsessidega algolekuga võres. See tähendab, et destruktsiooniga võre taastamine kuumutamisel toimub põhivõre- ja lisandidefekte transportivate dislokatsioonide liikumisega. On läbi viidud V- ja F-tsentrile, kation- ja anioonvakanstide EPR uuringud LMMS luminofoorides. Tulemused on avaldatud. Defektide tekke keemiliste ja füüsikaliste mehhanismide uurimisel on erilist tähelepanu pööratud lisandi ionpaaride formeerumisele ning kompleks-tsentrile, mis sisaldavad lisandi- ja põhivõredefekte. Samuti uuritakse laengu ja energia ülekande probleeme ning luminestantsi saagist.

Hiljutised saavutused luminestantsmaterjalide lisandite etteantud asetusega ja parema energia ülekandemehhanismiga sünteesil avavad



Näitusel Valencias (sept. 2003) ja TLD mõõtur-sorteerija.

hea võimaluse luua uusi luminesentsmaterjale. On välja töötatud uued IPK-tundlikud luminofoorid. Need uued materjalid on paljulubavad informatsiooni säilitamise ja kuvamise tuleviku-tehnoloogias.

Uuritakse kahte erinevat liiki luminofoore: uusi IPK tundlikke akumuleerivaid luminofoore ja dosimeetreid, aga ka kvantsummeeruvaid IPK-muundureid.

Viiakse läbi uurimuslikke ja rakenduslikke töid ka termoluminesentsdosimeetria alal. Optilise stimulatsiooni abil uuriti erinevaid TLD materjale ja OSL mõõtmiste abil doosi kontrollimise võimalusi. On uuritud ka tuntud TLD materjali $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$ energiaakumuleerimise valgustundlikkust, samuti oksüdeeriva ja redutseeriva keskkonna ning muude sünteesitingimuste, aga ka mõningate lisandite mõju valgustundlikkusele. Ti kompleks hapnikuga on tõenäoliselt ühend, mis põhjustab valgustundlikkust $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$ TLD-es. Õnneks laguneb Ti kompleks hapnikuga kõrgemal temperatuuril, mis veel on sobiv TLD-de sünteesiks. Praegune TLD-de sünteesi tehnoloogia välistab detektorite valgustundlikkuse.

On töötatud välja LMMS luminofooride uus sünteesitehnoloogia ja TLD-de kalibreerimise automaatkompleksid, mis baseeruvad meie uuringutel süsteemide kaugjuhtimise ja automatiseerimise alal. Kaugjuhitavad programmeeritud tehnoloogilised seadmed juba töötavad meie laboratooriumis: automaatahjud koos laadijaga, mis on programmeeritud astmelisele kuumutamisele, ning arvutiga juhitud sorteerijad-kalibreerijad TLD detektorite jaoks. TLD detektorite pöörlevat mõõtur-sorteerijat demonstreeriti näitusel, mis toimus paralleelselt rahvusvahelise konverentsiga SCINT 2003 Valencias. Meie detektorid ja pöörlev mõõtur on pakkunud huvi selle ala firmadele ja spetsialistidele.

PUBLIKATSIOONE

Danilkin, M. I., Klimonsky, S. O., Koksharov, Ju. A., Kuznetsov, V. D., Must M., Nikiforov, V. N., Primenko, A. E., Solovieva, N. V., Seeman, V. O. Unusual magnetic properties of solid solutions $\text{Ca}_{1-x}\text{Eu}_x\text{S}$ and $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{S}$. *Izv. VUZov, Fizika* 43, 8, 64-68 (2000).

Denks, V. P., Kerikmyae, M. P., Lust, A. L., Savikhina, T. Photoluminescence of Concentration Series of $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ Phosphors Excited by VUV Radiation. *Solid State Physics (Russia)* 42, 2, 261-269 (2000).

Jaek, I., Kerikmäe, M., Lust, A. Optically stimulated luminescence of some thermoluminescent detectors as an indicator of absorbed radiation dose. *Radiat. Prot. Dosim.* 100, 1-4, 459-462 (2002).

Klimonskii, S. O., Primenko, A. È., Kuznetsov, V. D., Danilkin, M. I., Seeman, V. Magnetic properties and energy transfer in the luminophors $\text{CaS}:\text{Eu},\text{Cl}$. *Zh. Èksp. Teor. Fiz.* 113, 5, 1698-1707 (1998).

Seeman, V., Danilkin, M., Must, M., Ots, A., Pung, L. V centres in plastically deformed SrS. *Phys. Stat. Sol. (b)* 238, 1, 102-109 (2003).

Seeman, V., Danilkin, M., Ots, A., Pedak, E., Pung, L. F_c^- centres in plastically deformed CaS polycrystals. *Phys. Stat. Sol. (b)* 208, 367-378 (1998).

Seeman, V., Danilkin, M., Ots, A., Pedak, E., Pung, L., Pärnoja, E. EPR of $[\text{Li}]^0$, $[\text{Na}]^0$, $[\text{K}]^0$ centres in SrS and CaS polycrystals. *Phys. Stat. Sol. (b)* 241, 1, 170-174 (2004).

Seeman, V., Danilkin, M., Pärnoja, E., Pung, L., Ots, A., Lorentz, A. V^- centres and cation vacancies in neutron-irradiated CaS. *Sol. Stat. Commun.* 113, 171-174 (2000).

NANO- JA SUBMIKROONSETE KILEDE KEEMIA JA TEHNOLOOGIA

Üheks võimalikuks lahenduseks päikesepatareidega toodetud energia hinna alandamiseks on kasutada võimalikult vähe materjali vajavaid päikesepatareisid, st õhukesekilelisi struktuure, ja valmistada nad odavatel keemilistel meetoditel. Käesoleva teema raames läbiviidav teadustöö on suunatud ühendpooljuhtmaterjalide (CdTe , CuInSe_2 , CuInS_2 , In_xSyO_z , Zn(O)S) moodustumise keemiliste protsesside uurimisele pihustuspürolüüsi, keemilise ning elektrokeemilise sadestamise ja suladest sooladest kasvatamise meetoditel ning dielektriliste materjalide (TiO_2 , ZrO_2) moodustumisele sooli-geeli protsessis, et juhtida soovitud omadustega õhukese kilede valmistamist olenevalt nende kasutusala. Uuritakse õhukese kilede omadusi sõltuvalt tehnoloogilistest muutujatest ning võimalusi mittetraditsioonilise disainiga päikesepatareide väljatöötamiseks keemiliste meetodite baasil, nagu üliõhuke absorberkiht nanoporsel "aknal" ja komposiitstruktuurid .

Uurimistööd viiakse läbi kolmes peamises suunas.

MATERJALIDE MOODUSTUMISE KEEMIA UURIMINE

1. Buffer- ja absorbermaterjalide moodustumise keemia pihustuspürolüüsi protsessis hõlmab lähteainete toimet lahuses, pürolüüsi prekursorite (tiokarbamiidsed metallhalogeniid kompleksühendid) struktuuri kindlakstegemist ja termilise lagunemise uurimist termoanalüütiliste meetoditega. Näiteks metallhalogeniidtiokarbamiidsete komplekssoolade $\text{Me}(\text{tu})_n\text{Xm}\cdot\text{yH}_2\text{O}$ ($\text{Me}=\text{Cd,Zn,Cu}$, $n=1,2,3$, $m=1,2$ $y=0,0.5,1$) kui metalli sulfiidide pürolüüsi protsessi mudel-lähteainete struktuur XRD, Raman, FTIR meetoditel ja nende termilise lagunemise uurimine TG/DTA/DTG, TG/EGA meetoditel, selgitamaks kilede formeerumisel kulgevaid protsesse, võimalikke lisandeid ja kilede omaduste kujunemist.
2. Faasitasakaalud Cd-Te-O-Cl süsteemis eesmärgiga välja selgitada õhuhapniku osa CdTe/CdS päikeseelementide struktuuride rekristallisatsioonil CdCl_2 manulusel. Planeeritavad tulemused võimaldavad täpselt juhtida rekristallisatsiooniprotsessi ning toota reprodutseeritavalt kõrge efektiivsusega materjale.
3. Metalli oksiidide moodustumine ja omaduste kujunemine sool-geeli protsessis, kasutades lähteainena metalli alkoksiide, erinevaid keelistajaid ja solvente ning järgnevat termilisel töötlust.

ÕHUKESED KILED KEEMILISTEL MEETODITEL

1. Uuritakse pihustatud CuInS_2 (CIS) absorberkihi kasvu iseärasusi siledatel ja poorsetel päikesepatarei n-tüüpi akna materjalidel (ITO , TiO_2 , ZnO). Senised tulemused näitavad, et CIS kilede kasv ITO -l on sarnane kilede kasvuga klaasalustel ja annab oomilise kontakti. Samal ajal kasv ZnO -l on olenev aluskile orientatsioonist. Poorne TiO_2 aluskiht soodustab CIS-i oksüdatsiooni TiO_2/CIS piirpinnal ja CIS-i kristallitide suurus sõltub pöördvõrdeliselt aluskile orientatsioonist.
2. Suurte kristallidega õhukese CIS absorberkihtide valmistamise võimaluste uurimine pihustuspürolüüsi meetodil, rakendades 2 erinevat tehnoloogilist teed: Cu/In suhte varieerimine pihustuslahuses ja nanokristalsete kilede rekristallisatsioon. Kilesid iseloomustatakse XRD, SEM, EDS, keemilise analüüsi meetoditega. On näidatud, et Curikaste lahuste kasutamisel toimuv rekristallisatsioon Cu_xS faasi juuresolekul viib Inrikka kile moodustumisele, milles terade suurus on kuni mikron.
3. Pihustuspürolüüsi meetodil valmistatud CIS absorberkihi elektrilisi omadusi (eritakistus, juhtivuse tüüp ja põhimiste laengukandjate kontsentratsioon) uuritakse rakendades termoelektromotoorse jõu, 4-sondi ning C-V mõõtmisi CIS/Al Schottky barjääridel ning CIS/CdS/ZnO p-n üleminekul.
4. TiO_2 õhukese kilede kasv sool-geel spin coating ja pihustuspürolüüsi meetodil. XRD, FTIR ja AFM meetoditel uuritakse kilede struktuuri, optilisi omadusi uuritakse ellipso-meetrite ja elektrilisi omadusi impedants-spektroskoopia mõõtmiste kaudu. On leitud tingimused anataasi struktuuriga tihedate ($n=2.3$) ja kõrge dielektrilise konstandiga ($\epsilon=75$) kilede saamiseks sool geeli meetodil. Sool-geel sadestatud TiO_2 uurimine eesmärgiga kasutada seda sileda ja nanoporse n-tüüpi "aknana" päikeseelementides.

PÄIKESEPATAREID KEEMILISTEL MEETODITEL

Uuritakse pihustuspürolüüsi meetodil valmistatud $\text{TiO}_2/\text{buffer}/\text{CIS}$ ja $\text{ZnO}/\text{buffer}/\text{CIS}$ päikesepatareide väljundparameetreid sõltuvalt valmistamise tingimustest. Seni on saavutatud kõikide kihtide valmistamisel pihustuspürolüüsi meetodil päikesepatareide kasuteguriks 2,4 %. Päikesepatarei väljundparameetrite ja $V_{oc}=f(T)$ sõltuvuste mõõtmistega on tõestatud, et bufferkihi kasutamine vähendab oluliselt p-n siirde

pinnarekombinatsiooni ja In-S bufferkiht on efektiivsem kui CdS.

Uurimisrühmas on 1 välisdoktorant ja 4 doktoranti, 1 magistrant. Doktorandid on stažeerinud kahes välisülikoolis, osalenud suvekoolis. 2003. a on ilmunud või vastu võetud avaldamiseks 10 artiklit, 4 on esitatud avaldamiseks.

Teemaga on seotud Euroopa Liidu RTD projektid: Euroopa Liidu projektid, HRPN-CT-2000-00141 "ETA solar cells" NNE5-2002-00017 Materials and Technologies for Photovoltaic Applications from Estonia; WTZ projekt EST 02/001 "Low-cost processing of high-k dielectric thin films".

PUBLIKATSIOONE

Bombicz, P., Mutikainen, I., Krunks, M., Leskelä, T., Madarász, J., Niinistö, L. Synthesis, vibrational spectra and X-ray structures of copper(I) thiocarbamide complexes. *Inorganica Chimica Acta*, ICA 9453 (accepted) (2003).

Hiie, J. CdTe: CdCl₂:O₂ Annealing Process. *Thin Solid Films* 431-432, 90-93 (2003).

Kijatkina, O., Krunks, M., Mere, A., Mahrov, B., Dloczik, L. CuInS₂ sprayed films on different metal oxide underlayers. *Thin Solid Films* 431-432, 105-109 (2003).

Krunks, M., Bijakina, O., Mikli, V., Rebane, H., Varema, T., Altosaar, M., Mellikov, E. Sprayed CuInS₂ thin films for solar cells: the effect of solution composition and post-deposition treatments. *Solar Cells and Solar Cell Materials* 69, 93-98 (2001).

Krunks, M., Bijakina, O., Varema, T., Mikli, V., Mellikov, E. Structural and optical properties of sprayed CuInS₂ films. *Thin Solid Films* 338, 125-130 (1999).

Krunks, M., Leskelä, T., Niinistö, L. Formation of CuInS₂ in spray pyrolysis as simulated by thermal analysis. *Jap. J. Appl. Phys.* 39, 181-186 (2000).

Krunks, M., Madarász, J., Leskelä, T., Mere, A., Niinistö, L., Pokol, G. Thermoanalytical study of zinc thiocarbamide chloride, a single source precursor for zinc sulfide thin films by spray pyrolysis. *J. Therm. Anal. Cal.* 72, 497-506 (2003).

Mere, A., Kijatkina, O., Rebane, H., Krustok, J., Krunks, M. Electrical properties of sprayed CuInS₂ films for solar cells. *J. Phys. Chem. Solids* 64, 2025-2029 (2003).

Wienke, J., Krunks, M., Lenzmann, F. In_xS_yO_z recombination barrier in TiO₂/inorganic absorber heterojunction. *Semicond. Sci. Technol.* 18, 876-880 (2003).

MOLEKULAARSE JA KLIINILISE MEDITSIINI KESKUS

Juht prof Raivo Uibo
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel.+372 737 4051
Faks + 372 737 4052
cmcm@ut.ee
WWW: cmcm.ut.ee

EESTI JA EUROOPA LIIDU TEADUSE TIPPKESKUS

UURIMISRÜHMAD

BIOENERGEETIKA
Juht prof Enn Seppet
TÜ üld- ja molekulaarpataloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4371
enn@ut.ee

BIOKEEMIA
Juht prof Mihkel Zilmer
TÜ biokeemia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4311
zilmer@ut.ee

IMMUNOLOOGIA
Juht prof Raivo Uibo
TÜ üld- ja molekulaarpataloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4231
raivou@ut.ee

INIMESEGENEETIKA
Juht prof Aavo-Valdur Mikelsaar
TÜ üld- ja molekulaarpataloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4211
valdur@ut.ee

LASTE NEUROLOOGIA
Juht prof Tiina Talvik
TÜ Lastekliinik
N. Lunini 6, 51014 Tartu
Tel. +372 731 9600
tiina.talvik@ut.ee

MIKROBIOLOOGIA
Juht prof Marika Mikelsaar
TÜ mikrobioloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4171
marikam@ut.ee

NEUROFARMAKOLOOGIA
Juht prof Aleksander Žarkovski
TÜ farmakoloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4351
alex@ut.ee

NEUROFÜSIOLOOGIA
Juht prof Eero Vasar
TÜ füsioloogia instituut
Ravila 19, 50411 Tartu
Tel. +372 737 4331
eero.vasar@ut.ee

NEUROLOOGIA
Juht prof Toomas Asser
TÜ Närvikliinik
L. Puusepa 2, 51014 Tartu
Tel. +372 731 8500
toomas.asser@kliinikum.ee

PSÜHHIAATRIA
Juht prof Veiko Vasar
TÜ psühhiaatrikliinik
Raja 31, 50417 Tartu
Tel. +372 731 8701
veiko.vasar@kliinikum.ee

Molekulaarse ja Kliinilise Meditsiini Keskus loodi 2001. aastal, tõstmaks meditsiinilise uurimistöö efektiivsust Eestis ning integreerimaks ja kontsentreerimaks ressursse võtmevaldkondadesse, iseäranis närvisüsteemi uuringute alal. Keskus koondab kümme Tartu Ülikooli prekliinilist ja kliinilist uurimisgruppi, ühendades seega kompetentsi baasuuringutest kliiniliste uuringuteni. 2002. a saavutas keskus kõrgeima võimaliku hinde (5,0) Euroopa Liidu Ida-Euroopa Teaduse Tippkeskuste seas.

Keskuse keskseks missiooniks on vähendada neuroloogiliste haiguste, vaimuhaiguste ja käi-

tumishäirete osakaalu ning nendega seotud komplekssete krooniliste haiguste tagajärgi ühiskonnas aju, meele ja käitumise teadusliku uurimise teel.

Peamised kesksed uurimissuunad:

- vaimuhaiguste ja käitumishäirete väljakujunemisel osalevate geneetiliste, biokeemiliste ja füsioloogiliste faktorite väljaselgitamine (neuropeptiidide roll, söömishäired, käitumishäirete ja vaimuhaiguste genoomika);
- rakukahjustuse mehhanismide selgitamine neurodegeneratiivsete haiguste ning nendega seotud krooniliste haiguste korral (aju

bioenergeetika, oksüdatiivne stress, neuro-immunoloogia ja põletik);

- geenide ja keskkonna vaheliste seoste selgitamine neuroloogiliste haiguste korral;
- uute ravimeetodite arendamine neuroloogiliste haiguste raviks (neuroprotektandid, neuroaalsed tüvirakud, probiootikumid).

Viimase viie aasta jooksul on keskuse teadlased publitseerinud enam kui kolmsada artiklit rahvusvahelistes eelretsenseeritavates ajakirjades või raamatute peatükkidena. Nende hulgas on kõrgelt hinnatud ajakirju: Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, Journal of Cellular Biology, Nature Biotechnology, FASEB Journal, American Journal of Human Genetics, Journal of Neuroscience, Circulation Research, Journal of Clinical Psychopharmacology, Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, American Journal of Pathology, Investigative Ophthalmology and Visual Science, Biochemical Journal, Neuropharmacology, Pain, Neuroscience. Mitmed keskuse teadlased tegutsevad ka sõltumatute teadusekspertidena Euroopa Komisjoni või Soome Akadeemia INSERM juures.

Keskuse uurimistööd finantseerivad peamiselt Haridus- ja Teadusministeerium läbi sihtfinantseerimiste, Eesti Teadusfond, Eesti Tehnoloogiagentuur ja Euroopa Liit. Viimase viie aasta jooksul on keskuse töötajad hõlmatud enam kui

60 erineva teadusgrandi või lepinguga ning neist 10 on olnud Euroopa Liidu lepingud. Hetkel on keskus seotud 4 Euroopa Komisjoni projektiga (QLG3-CT-2000-01405 Cystatin B and myoclonic epilepsy, QLK3-CT-2002-02114 European network to develop new therapeutic strategies for Parkinson's disease using lentiviral vector technology, QLK1-CT-2001-00135 Functional assessment of interactions between the human gut microbiota and the Host and QLG1-CT-2002-90390 Integration of Estonian medical science into the European Research Area: towards a healthier society) ning ühe Wellcome Trust'i poolt sponsoreeritud uurimisprojektiga.

Keskuses töötab ligikaudu 80 teadustöötajat ning täiendavalt järel doktorid, doktorandid ja tehniline personal. Keskus on seotud ka kahe kraadiõppeskeemiga (k.a kraadiõppekool), olles olulisim õppe- ja teaduskeskus nii meditsiini kui ka neuroteaduste doktorantidele (kokku üle 50 doktorandi). Hetkel on enam kui pooled (ligikaudu 2/3) doktorikraadi kaitsjatest meditsiinis pärit keskuse töögruppidest ning peaaegu kõik meditsiini ala järel doktorid töötavad või on töötanud nendes gruppides. Euroopa Liidu toetusel oleme aastal 2003 käivitanud programmid doktorantide täiendamiseks välislaborites ning toetame rahaliselt nende osalemist keskusele olulistel kursustel ja konverentsidel.



Keskuses läbiviidavates eksperimentides on kesksel kohal haiguste loomudelid.



Keskuse töötajad identifitseerimas närvisüsteemi haigustes osalevaid märklaud-molekule.



Keskusel on tänapäevased võimalused närvisüsteemi haiguste diagnostikaks.

Samuti organiseerime sellest aastast praktilisi kursusi õpetamaks nii keskuse doktorantidele kui keskuse töötajatele keerulisemaid meetodikaid (mass-spektromeetria, voolu-tsütomeetria, laserkonfokaalmikroskoopia, RT-PCR), kaasates selleks parimaid välisõppejõude.

Keskus paikneb Tartu Ülikooli Biomeedikumis ning läheduses asuvates neuroloogia, psühhiaatria ja pediatraia kliinikutes. Biomeedikum ehitati 1999. a, olles seega modernseim biomeditsiinilise uurimistöö keskus Eestis. Seetõttu on keskuse uurimisgruppid varustatud kõige kaasaegsema tehnikaga hõlmates olulisimat biomeditsiinilist aparatuuri: massspektromeetrit ning voolutsütomeetrit, võimalusi QPCR, cDNA-kiibi tehnoloogia ja laserkonfokaali kasutamiseks ning elektronmikroskoopi ja stereoloogilist süsteemi 3D aju uurimiseks. Samuti on olemas loomkatseteks kasutatav viivarium, mis vastab ühena vähestest kõigile esitatud nõuetele. Samuti on keskuse kliinilised partnerid viimastel aastatel investeerinud 5 miljonit Eurot vastavasse kliinilisse aparatuuri.

Keskuse uurimisgruppidega teevad koostööd mitmed firmad ning järgnevatel aastatel (2004–2005) on Biomeedikumi kõrvale plaanis ehitada Tehnoloogia Instituudi uus hoone, kus paikneks ka osa Biomeedikumiga seotud firmadest. Keskuse uurimisgruppidel on ligipääs meetoditele, seadmetele ja infrastruktuurile Tartu Ülikooli teistes osakondades, kaasa arvatud molekulaarja rakubioloogia instituut. Samuti on võimalik kasutada Tartu Ülikooli Kliinikumi ühendlabori ja Patoloogia-teenistuse teenuseid, Tartu Ülikooli raamatukogu ja Arvutuskeskuse abi. Tudengitele ja doktorantidele on alates sügisest 2002 loodud suurepärased majutusvõimalused (700 uut majutusk kohta).

BIOENERGEETIKA

Uurimistöö põhieesmärk on mitokondrite funktsiooni intratsellulaarse regulatsiooni mehhanismide selgitamine elavates rakkudes nii normis kui patoloogias. Töö koosneb järgmistest osadest:

- Mitokondrite energiaproduktiooni ning pro- ja antiapoptoosiliste valkude ekspressiooni ning kompartmentalisatsiooni seoste uurimine aju-, südamelihase- ja skeletilihaskudes *in vivo*.
- Mitokondrite ja tsütoskeleti interaktsioonide uurimine rakkudes *in vivo*, mitokondrite asetsemist rakus kontrollivate valkude molekulaarne iseloomustamine, mitokondri välismembraani omaduste iseloomustus ning mitokondrite ja tsütoplasma seostes osalevate geenide muutuste uurimine südamepuudulikkuse ja neurodegeneratiivsete haiguste puhul.
- Kardiovaskulaarsete ja neurodegeneratiivsete haiguste patofüsioloogia bioenergeetiliste aspektide uurimine. Perfusiooniga (isheemia, reperfusioon, hüpoksia) seotud probleeme veresoontes ja rakkudes toimuvaid muutusi (mitokondriaalne neuro- ja müopaatia) uuritakse kombineeritult kliiniliselt ja eksperimentaalselt.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Starlingi seaduse mehhanismide eksperimentaalne uurimine. Uuritakse lihase ja sarkomeeri pikkuse variatsioonide mõju mitokondrite ja ATPaaside vahelistele kompleksidele (rakusisestele energeetilistele ühikutele-ICEU).
- Identifitseeritakse tsütoskeletiga seotud valgud, mis määravad mitokondrite lokaliseerimise ja koospetsiifilisust oksüdatiivse lihasku mitokondriaalse hingamise regulatsioonis. Oksüdatiivsetele lihastele iseloomulikud cDNAd isoleeritakse ja ekspresseeritakse eukarüootsetes rakkudes. Saadud rekombinantseid valke kasutatakse katsetes, hindamaks nende regulatoorset mõju mitokondriaalsele hingamisele.
- Kompartimentaliseeritud energiaülekanne iseloomustavate matemaatiliste mudelite väljatöötamine lihasku rakkudes normi ja patoloogia tingimustes. Üldmainitud eksperimen-

- tidest saadud andmeid analüüsitakse kvantitatiivsete mudelite arendamise ja parendamise eesmärgil koostöös Tallina Küberneetika Instituudiga.
- Kliinilised uuringud. ICEUde määramine isheemilise kahjustuse, südamepuudulikkuse ja neurodegeneratiivsete haiguste võimalike märklaudadena. Südameoperatsioonidelt saadud südame kodade proove ning skeletilihase biopsiad koksartroosi, traumade ja neurodegeneratiivsete haigustega patsientidelt uuritakse lähtuvalt ICEU funktsiooni ja struktuuri seisukohast, määramaks muutusi hingamisahela töös, kinaaside ja oksüdatiivse fosforüülimise seostes ning adeniin-nukleotiidide transpordis mitokondrite ja ATPaaside vahel.

PUBLIKATSIOONE

Braun, U., Paju, K., Eimre, M., Seppet, E., Orlova, E., Kadaja, L., Trumbeckaite, S., Gellerich, F. N., Zierz, S., Seppet, E. K. Lack of dystrophin is associated with altered integration of mitochondria and ATPases in slow-twitch muscle cells of MDX mice. *Biochim Biophys Acta* 1505, 258-270 (2001).

Puurand, U., Kadaja, L., Seppet, E. K. Kindred DNA amplification from two distinct populations of cDNA fragments. *BioTechniques* 34, 994-1000 (2003).

Saks, V. A., Kaambre, T., Sikk, P., Eimre, M., Orlova, E., Paju, K., Piirsoo, A., Appaix, F., Kay, L., Regitz-Zagrosek, V., Fleck, E., Seppet, E. Intracellular energetic units in muscle cells. *Biochem. J.* 356, 643-657 (2001).

Seppet, E., Kaambre, T., Sikk, P., Tiivel, T., Vija, H., Kay, L., Appaix, F., Tonkonogi, M., Sahlin, K., Saks, V. A. Functional complexes of mitochondria with MgATPases of myofibrils and sarcoplasmic reticulum in muscle cells. *Biochim. Biophys. Acta* 1504, 379-395 (2001).

Tiivel, T., Kuznetsov, A., Kadaya, L., Käämbre, T., Peet, N., Sikk, P., Braun, U., Ventura-Clapier, R., Saks, V., Seppet, E. K. Developmental changes in regulation of mitochondrial respiration by ADP and creatine in rat heart in situ. *Mol. Cell. Biochem.* 208, 119-128 (2000).

BIOKEEMIA

Viimase aastakümne vältel on suurenenud biomeditsiiniline ja kliiniline huvi oksüdatiivse stressi (OS) vastu. Pikaajaline ja sügav OS, mida põhjustavad liigsed vabad radikaalid, ebanormaalne rasvhapete peroksüdatsioon, oksüdeeritud LDL ja valkude ning DNA oksukahjustused, on üks võtmeküsimusi Alzheimeri tõve, parkinsonismi, enneaegse vananemise, insuldi, isheemia ning aju traumaatiliste kahjustuste, arteroskleroosi, isheemia-reperfusiooni kahjustuste ning ka teiste haiguste arengus/progresseerumises. Seetõttu peaksid OS uurimisega seotud uurisvaldkonnad (projekt ASSER, antioksidantide, protektormolekulide, erinevate kaitsemehhanismide, probiootikumide, metaboliitide uurimine) viima nii inimorganismi adaptiivsete mehhanismide mõistmisele kui ka uute võimalusteni ülemäärase OS regulatsiooniks ja supressiooniks. Need teadmised on ka aluseks uute efektiivsemate ja optimaalsemate OSga seotud haiguste profülaktikaks ja raviks sobivate skeemide väljatöötamisel. Eelmainitud põhjustel on meie praeguse töö põhitähelepanu suunatud OS ning mitmete haiguste seoste selgitamisele, mis hõlmab nii molekulaarseid mehhanisme, proteoomikat, peptidoomikat kui ka metaboolomikat.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Madalatasemelise OS adaptiivne mõju. Momendil on rõhuasetus uuringutel, mis vaatlevad isheemia-reperfusiooni kahjustuste vastaseid endogeenseid mehhanisme.
- Sügava ja kestva OS poolt põhjustatud vigastuste ja haiguste uurimine, neuroprotektiivsusuuringud ja disain, neuropeptiidide uurimine ja süntees (k.a neuroprotektiivsed molekulid).
Plaanime jätkata: 1) uute peptiidsete ja mittepeptiidsete protektormolekulide disainimist ja sünteesimist ning nende omaduste uuringuid *in vitro* (vabade radikaalide elimineerimisvõime, mõju erinevatele raku signaalisatsiooniradadele normaalses ajus ja Alzheimeri tõvega ajus, jne) ja *in vivo* katsetes (insuldi ja Parkinsoni tõve mudel rottidel jne); 2) proteoomika meetodeid kasutades uute valkude otsingut ning valkude ja peptiidide ekspresioonierinevuste uurimist erinevates aju regioonides *knock-out* hiirte mudeleis ja post-mortem Alzheimeri/Parkinsoni tõvega patsientide ajukoos. Selleks kasutame MALDI-TOF tehnoloogiat ning sekve-

nevate peptiidide antioksidatiivsete jt omaduste uurimist, kasutades peptidoomika meetodeid (GSH analoogid, CCK ja tema analoogid, peale erinevate valkude trüpsinatsiooni leiduvad peptiidid jne); suurte PNA oligomeeride süntees, mis on suunatud erinevate neuropeptiidide retseptorite mRNA-de vastu; rakku läbivate PNA konstruktide süntees ja nende antisens-aktiivsuse mõõtmine *in vitro* ja *in vivo* katsetes; neurodegeneratiivsete haiguste puhul esinevate erinevate geenide SNPe uurimine, kasutades MALDI-TOF tehnoloogiat; 4) metaboolomika meetodite juurutamist – kasutades MS/MS tehnoloogiat uurime neurodegeneratiivse haigusega patsientidel erinevate endogeensete biomarkerite sünteesi.

See kõik lubab välja arendada OS-põhineva neurodegeneratsiooni mudeli.

PUBLIKATSIOONE

Annuk, M., Zilmer, M., Fellström, B. Endothelium-dependent vasodilatation and oxidative stress in chronic renal failure: impact on cardiovascular disease (review). *Kidney Int.* 84, 50-53 (2003).

Annuk, M., Zilmer, M., Lind, L., Linde, T., Fellström, B. Oxidative stress and endothelial function in chronic renal function. *JASN* 12, 2747-2751 (2001).

Farquhar, M., Soomets, U., Bates, R. L., Martin, A., Langel, Ü., Howl, J. Novel mastoparan analogs induce differential secretion from mast cells. *Chemistry & Biol.* 9, 63-70 (2002).

Kairane, C., Roots, K., Uusma, T., Bogdanovic, N., Karelson, E., Köks, S., Zilmer, M. Regulation of the frontocortical sodium pump by Na⁺ in Alzheimer's disease: difference from the age-matched control but similarity to the rat model. *FEBS Letters* 531, 2, 241-244. 47 (2002).

Saar, K., Mazaratti, A., Mahlapuu, R., Hallnemo, G., Soomets, U., Kilk, K., Hellberg, S., Pooga, M., Tolf, B.-R., Shi, T. S., Hökfelt, T., Wasterlain, C., Bartfai, T., Langel, Ü. Anticonvulsant activity of a nonpeptide galanin receptor agonist. *PNAS*, 99, 7136-7141 (2002).

Xu, Z.-Q. D., Ma, X., Soomets, U., Langel, Ü., Hökfelt, T. Electrophysiological evidence for a hyperpolarizing, galanin (1-15)-selective receptor on hippocampal CA3 pyramidal neurons. *PNAS* 96, 14583-14587 (1999).

IMMUNOLOOGIA

Immunoloogia uurimisgrupi teadustöö põhieesmärgiks on antigeensete märklaudmolekulide ja nendega seotud immuunreaktsioonide uurimine rea autoimmuunhaiguste ja mikroorganismide poolt indutseeritud põletike korral. Tööde põhieesmärgiks on saada uut informatsiooni anti-kehade ja rakkude poolt vahendatud immuunmehhanismidest autoimmuunhäirete korral, töötada välja uued seroloogilised ja molekulaarsed meetodid nende häirete korral esinevate immuunreaktsioonide iseloomustamiseks. Tööde üheks olulisemaks praktiliseks ülesandeks on uute immunoloogiliste diagnostiliste ja ravi jälgimiseks sobivate laboratoorsete meetodite väljaarendamine kliinikus kasutamiseks (sel alal on tihe koostöö Tartu Ülikooli Kliinikumi uurimisgruppide ja autoimmuunsuse referentslaboriga).

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Steroidogeense ja närvikoe autoantigeensete märklaudmolekulide uuring.
Kasutades molekulaarse kloonimise ja proteoomika meetodeid, iseloomustatakse steroidogeensete kudede ja närvikoe haigustes osalevaid autoantigeenseid molekule, töötatakse välja nende molekulide kasutusel põhinevad laboratoorsed testid. Erilist tähelepanu pööratakse autoimmuunsete märklaudmolekulide otsingule polüendokrinopaatia korral.
- HLA, CTLA-4, INS polümorfismi tähendus autoimmuunhaiguste ja diabeedi tekkes.
Tööde ülesanne on uurida HLA, CTLA-4 ja INS geenide polümorfismi ning erinevate enteroviiruste liikidega assotsieeruvate immuunreaktsioonide tähendust pankreasekoe vastaste immuunreaktsioonide tekkes ja immuunkahjustuse kulus.
- Autoimmuunmehhanismide roll tsöliaakia tekkes. Koostöös kliiniliste osakondadega on eesmärgiks uurida peensoole ja teiste kudede kahjustuse autoimmuunmehhanisme.
- B ja T rakkudega seotud muutuste tähendus autoimmunisatsioonis.
Töö ülesanne on uurida neid rakulise im-

muunsuse nihkeid, mis määratlevad autoimmunisatsiooni kujunemise (testitakse muutusi Down'i tõve ja *B. burgdorferi* infektsiooni korral).

- *Helicobacter spp.* tähendus maksa autoimmuunreaktsioonide tekkes.
Eesmärgiks on uurida *Helicobacter hepatis* ja teiste *Helicobacter* liikidega seotud immuunreaktsioonide rolli maksa autoimmuunhaiguste (eeskätt primaarse biliaarse tsirroosi) tekkes, kasutades selleks seniseid pikaajalisi *H. pylori* ja gastriidi seoste uurimisel saadud kogemusi.

PUBLIKATSIOONE

Ananieva, O., Nilsson, I., Vorobjova, T., Uibo, R., Wadström, T. Immune responses to bileolerant *Helicobacter* species in patients with chronic liver diseases, a randomized population group, and healthy blood donors. Clin. Diagn. Lab. Immunol. 9(6), 1160-1164 (2002).

Liiv, I., Teesalu, K., Peterson, P., Clemente, M. G., Perheentupa, J., Uibo, R. Epitope mapping of cytochrome P450 cholesterol side-chain cleavage enzyme by sera from patients with autoimmune polyglandular syndrome type 1. Eur. J. Endocrinol. 146(1), 113-119 (2002).

Peterson, P., Uibo, R., Krohn, K. J. Adrenal autoimmunity: results and developments. Trends Endocrinol. Metab. 11(7), 285-90 (2000).

Reimand, K., Peterson, P., Hyoty, H., Uibo, R., Cooke, I., Weetman, A. P., Krohn, K. J. 3-beta-hydroxysteroid dehydrogenase autoantibodies are rare in premature ovarian failure. J. Clin. Endocrinol. Metab. 85(6), 2324-2326 (2000).

Reimand, K., Talja, I., Metsküla, K., Kadastik, Ü., Matt, K., Uibo, R. Autoantibody studies of female patients with reproductive failure. J. Reprod. Immunol. 51, 167-176 (2001).

Teesalu, K., Uibo, O., Kalkkinen, N., Janmey, P., Uibo, R. Increased levels of IgA antibodies against desmin in children with coeliac disease. Int. Arch. Allergy Immunol. 126, 157-166 (2001).

INIMESEGENEETIKA

Uurimissuuna peamiseks eesmärgiks on saada uusi teadmisi inimese neuuraalsete tüvirakkude bioloogiast ning leida võimalusi nende kasutamiseks mitmete neurodegeneratiivsete haiguste ravis. Uuritakse neuuraalsete tüvirakkude isoleerimise, paljundamise, integratsiooni ja diferentseerumise morfoloogilisi karakteristikuid, pinnaantigeenide ekspressiooni, transkriptsiooni-, replikatsiooni- ja reparatsioonifaktorite geenide avaldumist, rakuvälise maatriksi valkude ekspressiooni jne, karüotüüpi ja rakkude bioloogilist aktiivsust. Uurimise objektideks on neuuraalsed tüvirakud, mis isoleeritakse normaalsete ja geneetiliselt defektsete loodete ajukoest. Samu karakteristikuid uuritakse ka neurosfääre moodustavates ajukasvajates (glioblastoomides), lähtudes hüpoteesist, et vähemalt osa ajukasvajatest võivad olla tekkinud eeleksisteerivatest neuuraalsetest tüvirakkudest. Ka on meie traditsioonilisteks uurimisobjektideks neuromuskulaarsete haiguste ja vaimse mahajäämuse karakteristikud ja faktorid, mis nende teket mõjustavad.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Inimese neuuraalsed tüvirakud. Momendil on rõhk teatavate transkriptsiooni-, replikatsiooni- ja reparatsioonifaktorite ning mõnede RNAGA seostuvate valkude ekspressiooni uurimisel neurosfäärides ja neist diferentseerunud rakkudes. On alustatud inimese neuuraalsete tüvirakkude valkude 2D-elektroforeesi andmepanga loomisega.
- Glioblastoomi biopsiamaterjalist saadud neurosfäärade uurimine. Glioblastoomide biopsiamaterjalist on välja kasvatatud neurosfäärid, ja nende rakkude diferentseerumise uurimine on käigus. On alustatud ka neurosfäärade rakkude kloneerimist ja on saadud juba mõned kloonid, uurimaks neurosfäärade rakkude heterogeensust ja teisi diferentseerumisega seotud probleeme.
- Haigustega seotud geenmutatsioonide ja kromosoomi aberratsioonide uurimine. Oleme identifitseerinud rea unikaalseid kromosoomi aberratsioone vaimse mahajäämuse ja infertiilsuse põhjustena, samuti ka geenimuutatsioone ja polümorfisme, mis on kas kindlate silmahaiguste (sarvkesta zelatinoosne tilkdüstroofia) põhjuseks või tundlikkust tekitavateks faktoriteks, või modifikaatori-

teks mõnede teiste haiguste korral (katarakt, glaukoom, diabeet). Uuringud selles suunas jätkuvad.

- Neuromuskulaarsete haiguste uurimine. On alustatud faktorite uurimist, mis mõjustavad inimese lihaste regeneratsioonivõimet erinevate neuromuskulaarsete haiguste korral.

PUBLIKATSIOONE

Alexandrie, A.-K., Rannug, A., Juronen, E., Tasa, G., Warholm, M. Detection and characterization of a novel functional polymorphism in the GSTT1 gene. *Pharmacogenetics* 12 (8), 613-619 (2002).

Juronen, E., Tasa, G., Veromann, S., Parts, L., Tiidla, A., Pulges, R., Panov, A., Soovere, L., Koka, K., Mikelsaar, A.-V. Polymorphic glutathione S-transferase M1 is a risk factor of primary open-angle glaucoma among Estonians. *Exp. Eye Res.* 71(5), 447-452 (2000).

Juronen, E., Tasa, G., Veromann, S., Parts, L., Tiidla, A., Pulges, R., Panov, A., Soovere, L., Koka, K., Mikelsaar, A.-V. Polymorphic glutathione S-transferases as genetic risk factors for senile cortical cataract in Estonians. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 41, 2262-2267 (2000).

Mikelsaar, R. V., Muru, K., Kulla, A., Süvari, A. Psoriasis vulgaris in a male with deletion 18p. *Am. J. Med. Genet.* 108, 252-253 (2002).

Rosser Zoe, H., Zerjal, T., Mikelsaar, A.-V. et al. Y-chromosomal diversity in Europe is clinal and influenced primarily by geography, rather than by language. *Am. J. Hum. Genet.* 67, 1526-1543 (2000).

Tasa, G., Kals, J., Muru, K., Juronen, E., Piirsoo, A., Veromann, S., Jänes, S., Mikelsaar, A.-V., Lang, A. A novel mutation in M1S1 gene responsible for gelatinous droplike corneal dystrophy. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 42, 2762-2764 (2001).

Zerjal, T., Beckman, L., Beckman, G., Mikelsaar, A. V., Krumina, A., Kucinskas, V., Hurles, M. E., Tyler-Smith, C. Geographical, linguistic, and cultural influences on genetic diversity: Y-chromosomal distribution on Northern European populations. *Mol. Biol. Evol.* 18, 1077-1087 (2001).

LASTE NEUROLOOGIA

Edusammud haiguste molekulaarsel diagnoosimisel on oluliselt parandanud meie arusaamist paljude haiguste põhjustest ja patogeneesist. Patogeneetiliste mehhanismide ja kliiniliste sümptomite seoste (fenotüüp/genotüüp) uurimine võimaldab mõista erinevate sümptomite tekkemehhanisme, leida varaseid markereid haiguste sümptomite-eelseks või varaseks diagnoosimiseks. Riskifaktorite leidmine ja nende olemuse täpsustamine loob eelduse teaduslikult põhjendatud preventiivsete meetmete väljatöötamiseks ja rakendamiseks.

Lapseas esinevate haiguste mõju indiviidi edasisele arengule, eriti kognitiivsete võimete arengule ja elukvaliteedile, on hästi tuntud ning ühiskonna jätkuva industrialiseerimisega lisandub järjest uusi faktoreid, mille tegelik mõju võib avalduda alles täiskasvanueas. Iseäranis tugeva surve all on lapseas immuunsüsteem, endokriin- ja närvisüsteem. Seetõttu on nii varjatud (sümptomitele eelnevate) kui manifesteerunud krooniliste ja degeneratiivsete haiguste ning arengutendentside väljaselgitamine lapseas äärmiselt oluline. Sellest tulenevalt on uurimisgrupil fookuses uurida mitmete lapse- ja noorukiea krooniliste ja degeneratiivsete haiguste esinemis- ja haigestumissagedust, patogeneetilisi mehhanisme, samuti leida võimalikke riskifaktoreid ja meetmeid nende haiguste ennetamiseks ja/või saadud tulemuste baasil töötada välja teaduslikult põhjendatud käsitusjuhendid.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Uurida immunoloogiliste muutuste iseärasusi, molekulaarseid markereid (põletikumarkeid) rea enamlevinud lapsea krooniliste haiguste korral (bronhiaalastma, juveniilne idiopaatiline artriit).
 - Hinnata väliskeskonna faktorite mõju ja haiguste molekulaarseid tekkemehhanisme lapseas tekkivate autoimmuunhaiguste korral (tsöliaakia, I tüüpi diabeet).
 - Analüüsida rea raskete krooniliste neurodegeneratiivsete haiguste (X-liitelised lihasedüstroofiad, spinaalsed lihasedüstroofiad, Angelmani ja Prader-Willi sündroom) genotüüp-fenotüüp korrelatsiooni ja võimalusi patsiendi spetsiifiliseks raviks (sh geeniteraapia).
- Uurida oksüdatiivset stressi vastsündinu perioodis ja selle mõju vastsündinu adaptatsioonile ning hilisemale arengule.
 - Uurida lapsea insuldi (kaasa arvatud neonataalse insuldi) levimust ja haigestumissagedust, riskifaktoreid, molekulaarseid markereid ning võimalusi ennetavate meetodite rakendamiseks ja kordusinsultide vältimiseks, mida kirjanduse andmeil esineb 20%. Samuti uurida kognitiivset arengut insuldi läbiteinud lastel, mis eriti neonataalse insuldi korral annab võimaluse aju plastilisuse uurimiseks.

PUBLIKATSIOONE

Beilmann, A., Napa, A., Sööt, I., Talvik, T. Prevalence of childhood epilepsy in Estonia. *Epilepsia, Philadelphia (USA)* 40 (7), 1011-1019 (1999).

Julge, K., Vasar, M., Björkstén, B. Development of allergy and IgE antibodies during the first five years of life in Estonian children. *Clin. Exp. Allergy* 31, 1854-1861 (2001).

Kolk, A., Talvik, T. Cerebral lateralization and cognitive deficits after congenital hemiparesis. *Pediatric Neurology* 27, 5, 356-362 (2002).

Kolk, A., Talvik, T. Cognitive outcome of children with early-onset hemiparesis. *J. Child Neurol.* 15 (9), 581-587 (2000).

Talkop, Ü.-A., Klaassen, T., Piirsoo, A., Sander, V., Napa, A., Essenson, E., Tammur, J., Talvik, T. Duchenne and Becker muscular dystrophies: an Estonian experience. *Brain & Development, UK* 21, 244-247 (1999).

Talkop, Ü.-A., Talvik, I., Sõnajalg, M., Sibul, H., Kolk, A., Piirsoo, A., Warzok, R., Wulff, K., Wehnert, M. S., Talvik, T. Early onset of cardiomyopathy in two brothers with X-linked Emery-Dreifuss muscular dystrophy. *Neuromusc. Disord.* 12, 878-881 (2002).

Talvik, K., Õunap, O., Bartsch, T., Ilus, O., Uibo, R., Talvik, T. Boy with celiac disease, malformations, and ring chromosome 13 with deletion 13q32-qter. *Am. J. Med. Genet.* 93, 399-402 (2000).

Tillmann, V., Foster, P. J., Gill, M. S., Price, D. A., Clayton, P. E. Short-term growth in children with growth disorders. *Ann. Hum. Biol.* 29, 1, 89-104 (2002).

MIKROBIOLOOGIA

Peamine ülesanne on testida seoseid patogeensete ja organismi oma mikroobide ning inimese füsioloogiliste funktsioonide vahel. Uurimistöö eesmärk on selgitada välja võimalused, kuidas inimese mikroobide ökoloogia mõjustamise abil suunata teatud infektsioonide ja mittenakkuslike krooniliste haiguste patogeneesi. Selleks arendatakse jätkuvalt inimesele sobivaid probiootikume ja prebiootikume.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Inimese mikroobiökoloogia ja võimalused selle mõjutamiseks Eestis enamlevinud krooniliste haiguste patogeneesis. Testime võimalusi mikroobiökoloogia muutmisega mõjustada a) krooniliste nakkushaiguste (*Helicobacter pylori* infektsioonid, korduvad kuseteede infektsioonid, krooniline prostatiit ja tonsilliit) kulgu ja b) krooniliste degeneratiivsete muutuste ärahoidmist mittenakkuslike haiguste (allergia ja arterioskleroos) korral. Selleks kasutame antimikroobseid ja antioksidatiivseid probiootikume ja nende elulemiseks vajalikke prebiootikume.
- *H. pylori* ravimiresistentsuse mikrobioloogilise ja molekulaarse monitooringu meetodite väljatöötamine ja *H. pylori* tüvede geenipanga koostamine. *H. pylori* tüvede metronidasooli ja klaritromütsiini resistentsuse mehhanismide hindamine mikrobioloogiliste ja molekulaarsete meetoditega. *H. pylori* määramiseks fekaalproovides sobivate molekulaarsete meetodite arendamine, mis võimaldaks läbi viia laialt ulatuslikku populatsiooni sõeluuringut ja kontrollida haigetel *H. pylori* infektsioonide antimikroobse ja probiootilise ravi edukust.
- Antibiootikumide kasutamine ja resistentsuse teke *S. pneumoniae* ja *H. influenzae* puhul Eestis. Sõltuvuse hindamine Eesti laste antibiootikumide tarvitamise ja nende resistentsuse vahel hingamisteede patogeensete kroonilise kandluse korral.
- C-hepatiidi molekulaarbioloogiline ja A-hepatiidi molekulaar-epidemioloogiline uurimine Eestis. Teha kindlaks kroonilist C-hepatiiti põdevatel haigetel esinevate antikehade profiil.
- *In vivo* probiootikumide aktiivsuse hindamine uropatogeensete *Escherichia coli* korral, kasutades hiirtel DNA-märgistatud laktobatsille. Antud projekti eesmärk on konstrueerida molekulaarse märgistamise meetodeid pro-

biootiliste omadusega laktobatsillide jaoks.

- Inimese soole mikroobikoosluse ja pere-mehe vaheliste suhete funktsionaalsuse hindamine (EU 5FWP grant QLRT-2001-00135). Euroopa Liidu MICROFUNCTION projekti raames on põhiline eesmärk näidata, et probiootikumid, prebiootikumid ja sümbiootikumid võivad mõjutada gastrointestinaaltrakti tervislikku seisundit.
- Laktobatsillide probiootikumid kui funktsionaalne toit. Projekti eesmärk on viljeleda rakendusuuringuid, et välja arendada probiootilisi tooteid (bioterapeutilised kapslid, jogurt, juust), mis baseeruvad algupärasel Tartu Ülikooli *Lactobacillus fermentum* ME-3 tüvel. Patenditaotlus PCT /EE02/00006/28.06.2002 määratleb ära laktobatsilli tüve antimikroobsed ja antioksidatiivsed omadused, mille alusel on võimalik tervist edendada.

PUBLIKATSIOONE

Andreson, H., Lõivukene, K., Sillakivi, T., Maaroo, H.-I., Ustav, M., Peetsalu, A., Mikelsaar, M. Association of *cagA* and *vacA* genotypes of *Helicobacter pylori* with gastric diseases in Estonia. J. Clin. Microbiol. 40, 298-300 (2002).

Annik, H., Schepetova, J., Kullisaar, T., Songisepp, E., Zilmer, M., Mikelsaar, M. Characterization of intestinal lactobacilli as putative probiotic candidates. J. Applied Microbiol. 94, 403-412 (2003).

Björkstén, B., Sepp, E., Julge, K., Voor, T., Mikelsaar, M. Allergy development and the intestinal microflora during the first year of life. J. Allergy Clin. Immunol. 108, 516-520 (2001).

Krüüner, A., Pehme, L., Ghebremichael, S., Koivula, T., Hoffner, S. E., Mikelsaar, M. Use of molecular techniques to distinguish between treatment failure and exogenous reinfection with *Mycobacterium tuberculosis*. Clin. Infect. Dis. 35, 146-155 (2002).

Kullisaar, T., Songisepp, E., Mikelsaar, M., Zilmer, K., Vihalemm, T., Zilmer, M. Antioxidative probiotic fermented goat's milk decreases oxidative stress-mediated atherogenicity in human subjects. Brit. J. Nutrition 90, 449-456 (2003).

Punab, M., Lõivukene, K., Kermes, K., Mändar, R. The limit of leukocytospermia from the microbiological viewpoint. Andrologia 35, 271-278 (2003).

NEUROFARMAKOLOOGIA

Neurofarmakoloogia grupi teadustöö on suunatud neurodegeneratiivsete haiguste ja ärevushäirete farmakoloogiale. Neurodegeneratiivsed haigused on aeglaselt progresseeruv heterogeensete haiguste grupp, mis avalduvad üldjuhul vanemas eas. Kõikide nende haiguste ühiseks tunnuseks on närvirakkude surm. Neurodegeneratiivsed protsessid võivad olla piiratud vaid teatud aju regioonide või närvirakkude populatsioonidega, kuid võivad teatud juhtudel hõlmata ka mitmeid kesk- ja perifeerse närvisüsteemi osi. Neurodegeneratiivne komponent on olulisel kohal ka mitmete ärevushäirete korral. Senised uuringud viitavad sellele, et neurodegeneratiivsete protsesside üheks põhjuseks on apoptoosimehhanismide käivitumine. Seetõttu otsitakse intensiivselt uusi farmakone, mis suudaksid takistada, pikendada või kompenseerida närvirakkude surma.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Neuroprotektiivne ravi.
Eelnevatel aastatel oleme uurinud metabotropsete glutamaadiretseptorite modulaatorite ning mitmete neurosteroidide neuroprotektiivset toimet ajuisheemia mudelites. Koostöös Euroopa teadlastega ning EU poolt finantseeritava konsortsiumi raames oleme hetkel välja töötamas farmakoterapiat pärsimaks EPM1 tüüpi müokloonsed epilepsiat põhjustavaid neurodegeneratiivseid protsesse.
- Neurogeneesi farmakoloogiline regulatsioon.
Viimase dekaadi uuringud näitavad, et teatud aju regioonides esineb tüvirakke ka täiskasvanueas. Need rakud on võimelised paljunema ja ka diferentseeruma küpseteks närvirakkudeks. Projekti eesmärgiks on farmakoloogiliselt neurogeneesi aktiveerides suurendada aju restoratsioonivõimet.
- Ärevushäirete farmakoterapia.
Mitmetest depressiooni patofüsioloogiaga seotud ning antidepressantide poolt mõjutatavatest neurotransmittersüsteemidest on serotonergiline süsteem üks olulisemaid. Antud projekt on suunatud serotonergiliste retseptorite alatüüpide rolli selgitamisele antidepressantide toimemehhanismis, eesmärgiga uute efektiivsemate ning selektiiv-

semate ravimite leidmiseks ärevushäirete raviks.

- Neurodegeneratsiooni mitokondriaalne komponent.
Kuigi on teada, et neuron tarbib enamiku energiast mitokondriaalse ATP kujul, on suhteliselt vähe teada rakusiseste energiatranspordimehhanismide funktsioneerimisest ja reguleerimisest, mis vastutavad selle energia laialikandmise eest neuronites. Kuidas reageerib neuron lokaalsele energiadefitsiidile? Kas energia transpordimehhanismid kiirendavad aksonaalset energia liikumist? Kas mitokondrite liikumine on seotud lokaalse energiadefitsiidiga? Millisel määral on mitokondrite biogenees seotud energiadefitsiidiga? Kuivõrd on ülalmainitud mehhanismid mõjutatud neurodegeneratiivsete haiguste korral?

PUBLIKATSIOONE

Kaasik, A., Kalda, A., Jaako, K., Zharkovsky, A. Dehydroepiandrosterone sulphate prevents oxygen-glucose deprivation-induced injury in cerebellar granule cell culture. *Neuroscience* 102(2),427-32 (2001).

Kaasik, A., Safiulina, D., Kalda, A., Zharkovsky, A. Dehydroepiandrosterone with other neurosteroids preserve neuronal mitochondria from calcium overload. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* 87, 97-103 (2003).

Kaasik, A., Veksler, V., Boehm, E., Novotova, M., Minajeva, A., Ventura-Clapier, R. Energetic cross-talk between organelles: architectural integration of energy production and utilization. *Circ. Res.* 89,153-9 (2001).

Kaasik, A., Veksler, V., Boehm, E., Novotova, M., Ventura-Clapier, R. From energy store to energy flux: a study in creatine kinase deficient fast skeletal muscle. *FASEB J.* 17, 708-710 (2003).

Zharkovsky, T., Kaasik, A., Jaako, K., Zharkovsky, A. Neurodegeneration and production of the new cells in the dentate gyrus of juvenile rat hippocampus after a single administration of ethanol. *Brain Res.* 978, 115-123 (2003).

NEUROFÜSIOLOOGIA

Töögrupi teaduslik huvi on seotud neurodegeneratiivsete ja emotsionaalsete häirete molekulaarsete mehhanismide uurimisega. Tänapäeva ühiskonnas kujutavad emotsionaalsed häired endast kõige tavalisemaid psühhiaatrilisi probleeme. Kaasaegse neuro- ja molekulaarbioloogia areng pakub häid võimalusi nende häirete põhjalikumaks uurimiseks. Emotsionaalsete häiretega seotud uute märklaudgeenide analüüs ja järgnev loomkatsete arendamine aitab meil leida paremaid preventiivseid strateegiaid ja uusi võimalusi, kuidas tulla toime nende haigustega. Neurodegeneratiivsete häirete vallas tegi uurimisgrupp koostööd Leuveni Katoliku Ülikooliga (professor Veerle Baekelandt), et liituda Euroopa Liidu 5th Framework projektiga "(N)EUROPARK". Projekti peamine eesmärk on välja arendada ja testida uusi terapeutilisi võimalusi Parkinsoni tõve (PT) raviks. See põhineb PT seotud α -sünukleiini ja parkini geenide rolli kindlakstegemisel neurodegeneratsioonis.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Emotsionaalsete häirete molekulaarsed mehhanismid.
Uurimistööd viiakse läbi nii prekliinilisel kui kliinilisel tasemel. Kliiniliste uuringute eesmärk on uurida seost "klassikaliste" ja neuropeptiidide neurotransmitterite ühenukleotiidiliste polümorfismide ning emotsionaalsete häirete vahel (ärevuse ja meeleoluhäirete puhul). Oleme leidnud tugeva seose proopiomelanokortiini ja koletsüstokiniin 1 retseptori geenide ning depressiivsete häirete vahel. Prekliinilistes uuringutes teeme katseid, et uurida geenide ekspressiooni profiile näriliste "emotsionaalses" ajus, põhjustatuna ärevusseisundite poolt. Nende loomkatsete puhul leidsime kaks uut märklauda – volframiin ja limbilise süsteemiga seotud membraanvalgu (LSAMP). Järgmine samm on arendada välja hiired, kellel puudub volframiini ja LSAMPi geen, ning planeerime nende kahe geeni funktsioone määratleda.
- Neurodegeneratiivsete häirete molekulaarsed mehhanismid.
Koostöös spin-off firmaga Visgenyx Ltd. Arendame uusi PT loommudeleid. Selline lä-

henemine põhineb teadmisel, et teatud geenide defektid võivad põhjustada PT pärilikke vorme. Huvi all on α -sünukleiin, parkin ja DJ-1 geenid. Praegu on meie uurimisgrupp kaasatud α -sünukleiini punktmutatsiooniga hiire loomisse. Edasised katsed on seotud mutantsete parkin ja β -sünukleiini geenidega hiire loomisega.

PUBLIKATSIOONE

Kingo, K., Köks, S., Silm, H., Vasar, E. IL-10 promoter polymorphisms influence disease severity and course in psoriasis. *Genes and Immunity* 4, 455-457 (2003).

Köks, S., Beljajev, S., Koovit, I., Abramov, U., Bourin, M., Vasar, E. 8-OH-DPAT, but not dermicyclane, antagonizes the anxiogenic-like action of paroxetine in elevated plus-maze. *Psychopharmacology* 153, 365-372 (2001).

Köks, S., Volke, V., Veraksitš, A., Rünkorg, K., Sillat, T., Abramov, U., Bourin, M., Huotari, M., Männistö, P. T., Matsui, T., Vasar, E. CCK₂ receptor deficient mice display altered function of brain dopaminergic system. *Psychopharmacology* 158, 198-204 (2001).

Raud, S., Rünkorg, K., Veraksitš, A., Reimets, A., Nelovkov, A., Abramov, U., Matsui, T., Bourin, M., Volke, V., Köks, S., Vasar, E. Targeted mutation of CCK₂ receptor gene modifies the behavioural effects of diazepam in female mice. *Psycho-pharmacology* 168, 417-425 (2003).

Veraksitš, A., Rünkorg, K., Kurrikoff, K., Raud, S., Abramov, U., Matsui, T., Bourin, M., Köks, S., Vasar, E. Altered pain sensitivity and morphine-induced anti-nociception in mice lacking CCK₂ receptors. *Psychopharmacology* 199, 168-175 (2003).

Võikar, V., Vasar, E., Rauvala, H. Behavioral alterations induced by repeated testing in C57BL/6J and 129S2/Sv mice: implications for pheno-typing screens. *Genes, Brain & Behavior*, (published online 13/10/2003) (2003).

Wegener, G., Volke, V., Rosenberg, R. Endogenous nitric oxide decreases hippocampal levels of serotonin and dopamine in vivo. *Br. J. Pharmacol.* 130, 575-80 (2000).

NEUROLOOGIA

Antud uurimuse peamine eesmärk on kindlustada kliinilistest andmetest tuleneva baasuurimuse usaldusväärsus, mis nõuab iga patsiendi kõrgekvaliteedilist standardiseeritud kliinilist iseloomustamist. Selleks on loodud kliinilised andmebaasid ja registrid ning bioloogiliste proovide andmebaasid, mida saab kasutada nii meie uurimisrühm kui ka koostööd tegevad uurimisrühmad.

Molekulaarse neuropatoloogia areng on ajendatud praktilistest kliinilisest vajadusest, sest adekvaatne neuropatoloogiline diagnoos on määrav ajukasvajate ravitaktika valikul ja neurodegeneratiivsete haiguste lõplikul diagnoosimisel. See kõik parandab professionaalse diagnoosimise oskusi ja aitab valida optimaalse ravi.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Neuroloogiliste haiguste kliiniline epidemioloogia. Elukvaliteet.
Uurimustöö suunaks on kvaliteetsete kliiniliste andmebaaside hoidmine, süstematiseerimine ja uuendamine (Parkinsoni tõbi, Alzheimeri tõbi, epilepsia, närvisüsteemi vaskulaarsed haigused, müotoonia, müasteenia, ajukasvajad, spastiline paraparees). Lisaks keskendutakse neurodegeneratsiooni ja neuroproteksiooni molekulaarsete mehhanismide võimalikele kliinilistele rakendustele täpsemaks diagnoosimiseks ja ravitaktika valikuks. Lähituleviku uuringud on suunatud uute ravistrateegiate väljatöötamisele (aju stimulatsioon, rakuteraapia jne) ja neurodegeneratiivsete haiguste varajasele diagnostikale. Pikaajalise projektina on plaanis kesk-närvisüsteemi koeproovide kogumine kliiniliselt detailselt kirjeldatud neurodegeneratiivsete haigustega patsientidelt (Alzheimeri tõbi, Parkinsoni tõbi). Koeproovide kogumine toimub Tartu Ülikooli Kliinikumi Patoloogia osakonna koepanka. Kogutud andmed on kasutatavad ka teistele uurimisprojektidele, mis uurivad neurodegeneratsiooni mehhanisme.
- Gliomide invasiooni molekulaarne neuropatoloogia ja mehhanism.
Uurimus keskendub molekulaarsele neuropatoloogiale ja gliomide invasiooni mehhanismidele. Rakumaatriksi interaktsioonid on kasvajakudede invasiivsete omaduste ja kliiniliste väljundite kindlaksmääramisel võtmetähtsusega. Loodud inimese glioomi näidiste pank aitab iseloomustada rakuvälise maatriksi metabolismi reguleerivate võtmeensü-

mide ja proteaaside/inhibiitorite ekspressioonimustreid. Käesoleval ajal on meie eesmärk luua hiirte intrakraniaalsete gliomide mudelid, et eksperimendis testida uusi tuumorivastaseid ühendeid (näiteks muteerunud antraksi toksiidid).

tPA, neuroserpiini ja plasminogeeni laiaulatuslik ekspressiooni kaardistamine inimese normaalses ajukoos, kasutades koekiipide tehnoloogiat. Sellega uuriti plasminogeeni aktivaatorite ja mitmete metalloproteiinide ekspressiooni hiire mudelil sclerosis multiplexi ja katselise autoimmuunse entsefalomüeliidi puhul.

Projekti tulemusi on võimalik kasutada ajukasvajate praktilise morfoloogilise diagnostika korral, samuti gliomide prognoosi hindamisel ja uute ravisuundade väljatöötamiseks. Samuti peaksid uuringud näitama ekstratsellulaarsete proteaaside osatähtsust täiskasvanu närvisüsteemi normaalses arengus.

PUBLIKATSIOONE

Herodes, M., Öun, A., Haldre, S., Kaasik, A.-E. Epilepsy in Estonia: a quality of life study. *Epilepsia* 42(8), 1061–73 (2001).

Kulla, A., Liigant, A., Piirsoo, A., Rippin, G., Asser, T. Tenascin expression and cells of monocytic lineage: relationship in human gliomas. *Mod. Pathol.* 13(1), 56–67 (2000).

Liigant, A., Kulla, A., Linnamägi, Ü., Asser, T., Kaasik, A.-E. Survival of patients with primary CNS tumours in Estonia. *Eur. J. Cancer* 37(15), 1895–1903 (2001).

Rätsep, T., Asser, T. Cerebral hemodynamic impairment after aneurysmal subarachnoid hemorrhage as evaluated by transcranial doppler ultrasound: relations to delayed cerebral ischemia and clinical outcome. *J. Neurosurg.* 95, 393–401 (2001).

Taba, P., Asser, T. Incidence of Parkinson's disease in Estonia. *Neuroepidemiology* 22, 41–45 (2003).

Teesalu, T., Hinkkanen, A.E., Vaheri, A. Coordinated induction of extracellular proteolysis systems during experimental autoimmune encephalomyelitis in mice. *Am. J. Pathol.* 159(6), 2227–2237 (2001).

Öun, A., Haldre, S., Mägi, M. Prevalence of adult epilepsy in Estonia. *Epilepsy Res.* 52, 233–242 (2003).

PSÜHHIAATRIA

Uurimuse eesmärkeks on ärevushäirete, meeleoluhäirete ja skisofreenia epidemioloogia ja patogeneetilised mehhanismid – psüühikahäirete epidemioloogia, geneetiline varieeruvus, psühhobioloogilised markerid ja ravivastused.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD:

- Psüühikahäirete epidemioloogia ja psühhosotsiaalsed faktorid.
Epidemioloogia valdkonnas on uuritud depressiooni esinemist ja psühhosotsiaalseid faktoreid rahvastikus, samuti on uuritud unetust, sotsiaalfoobiat ning psüühikahäirete esinemist lastel ja noorukitel. Sõelumismetodina arendasime välja emotsionaalse seisundi küsimustiku (ESTQ) ärevuse ja depressiooni kliiniliselt oluliste sümptomite määramiseks epidemioloogilistes uuringutes.
- Skisofreenia, meeleolu- ja ärevushäirete bioloogilised markerid; geneetilise varieeruvuse seosed psühhiaatriliste häirete iseloomujoontega.
Kanada töögrupiga koostöös võeti kasutusele koletsüstokiniinist, mis võimaldab uurida paanikahoogude neurobioloogiat. Samuti kasutati seda mudelit paanikahäirete korral serotoniinisüsteemi funktsionaalse mõju uurimisel. Koostöös Kuopio Ülikooli

Haigla ja Tartu Ülikooli Kliinikumi radioloogia osakonnaga oleme läbi viinud SPECT uuringuid serotoniini transporterite alal patsientidel, kes kannatavad ärevushäirete all. Koostöös Tartu Ülikooli biotehnoloogia ja füsioloogia osakonnaga oleme alustanud suurt genotüpiseerimise projekti, et teha kindlaks geneetiliste polümorfismide seosed meeleolu- ning ärevushäiretega.

- Unehäirete patogenees ja levik.
Uneuuringutes võeti kasutusele digitaalne polüsomnograaf, mis suurendab uuringuvõimalusi ja mida juba kasutatakse kliinilise diagnostika eesmärkidel. Peamised uurimissuunad selles vallas on uneapnoe- ja psüühikahäiretega seotud unehäirete diagnoosimine ja ravi.

PUBLIKATSIOONE

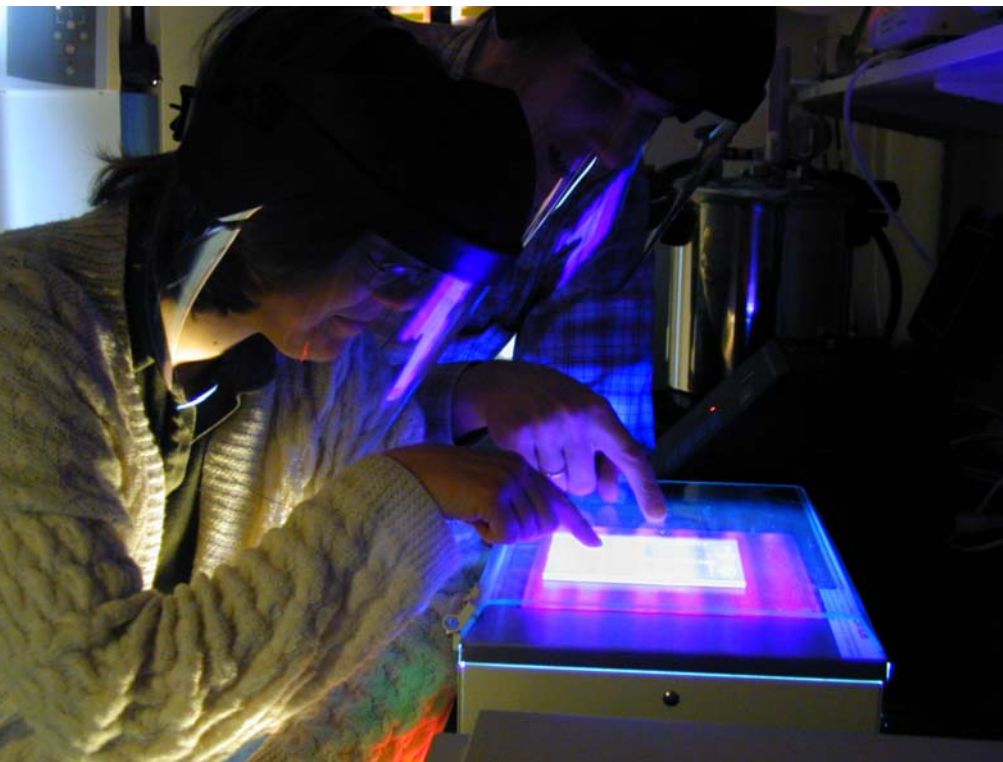
Aluoja, A., Shlik, J., Vasar, V., Leinsalu, M., Luuk K. Symptoms of depression in the Estonian population: prevalence, sociodemographic correlates and social adjustment. *J. Affective Disorders*. (accepted) (2002).

Javanmard, M., Shlik, J., Kennedy, S. H., Vaccarino, F. J., Houle, S., Bradwejn, J. Neuroanatomic correlates of CCK-4-induced panic attacks in healthy humans: a comparison of two time points. *Biological Psychiatry* 45, 872-882 (1999).

Maron, E., Tõru, I., Vasar, V., Shlik, J. The effect of 5-hydroxytryptophan on cholecystokinin-4-induced panic attacks in healthy volunteers. *J. Psychopharmacol.* (accepted) (2003).

Shlik, J., Koszycki, D., Bradwejn, J. Decrease in Short-term Memory Function Induced by CCK-4 in Healthy Volunteers. *Peptides* 19, 6, 969-975 (1998).

Shlik, J., Zhou, Y., Koszycki, D., Vaccarino, J. F., Bradwejn, J. Effects of CCK-4 infusion on the acoustic eyeblink startle and psychophysiological measures in healthy volunteers. *J. Psychopharmacol.* 13 (4), 385-390 (1999).



Keskus organiseerib sageli mitmesuguseid molekulaarmeditsiini praktilisi kursusi.

ALUS- JA RAKENDUSÖKOLOOGIA KESKUS

Juht prof Olevi Kull
TÜ botaanika ja ökoloogia instituut, Lai 40, 51005 Tartu
Tel. +372 737 6237
Faks +372 737 6222
olevi@ut.ee

UURIMISRÜHMAD

RAKENDUSÖKOLOOGIA
Juht prof Olevi Kull
TÜ botaanika ja ökoloogia instituut
Lai 40, 51005 Tartu
Tel. +372 737 6237
Faks +372 737 6222
olevi@ut.ee

TAIMEÖKOLOOGIA
Juht prof Martin Zobel
TÜ botaanika ja ökoloogia instituut
Lai 40, 51005 Tartu
Tel. +372 737 6223
Faks +372 737 6222
mzobel@ut.ee

LOOMAÖKOLOOGIA
Juht prof Raivo Mänd
TÜ zooloogia ja hüdrobioloogia instituut
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel. +372 737 5070
raivo.mand@ut.ee

LOODUSGEOGRAAFIA JA MAASTIKUÖKOLOOGIA
Juht prof Ülo Mander
TÜ geograafia instituut
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel. +372 737 5819
mander@ut.ee

GEOINFORMAATIKA JA KARTOGRAAFIA
Juht prof Tõnu Oja
TÜ geograafia instituut
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel. +372 737 5076
toja@ut.ee

GEOÖKOLOOGIA
Juht prof Volli Kalm
TÜ geoloogia instituut
Vanemuise 46, 51014 Tartu
Tel. +372 737 5832
vkalm@math.ut.ee

TAIMKATTE KAUGSEIRE
Juht prof Tiit Nilson
Tartu Observatoorium
Tõravere, 61602 Tartumaa
Tel. +372 741 0152
nilson@aai.ee

SÄÄSTLIK JA LOODUSLÄHEDANE METSANDUS
Juht prof Hardi Tullus
EPMÜ metsateaduskond
Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu
Tel. +372 731 3157
htullus@eau.ee

Alus- ja Rakendusökoloogia keskus on moodustatud ökoloogia küsimustega tegelevate Tartu Ülikooli uurimisrühmade baasil, millele lisanduvad kaugseire ja aluspinna energeetika töörühm Tartu Observatooriumist ning säästliku metsanduse töörühm Eesti Põllumajandusülikoolist. Fundamentaaluuringud koonduvad kahe peamise märksõna – aineringe ja liigiline mitmekesisus – alla. Neid suundi ühendab mõlema fundamentaalne seotus ökosüsteemi produktiivsusega ning samuti andmete, analüüsi ja rakenduslike aspektide ruumiline vaatlemine. Nii aineringe kui loodusliku mitmekesisuse alane kompetents Eestis on hädatarvilik, kuna Eesti on ühinenud terve rea rahvusvaheliste lepetega (Rio konventsioon, Kyoto protokoll jne) ning

säästev areng on seadusega kuulutatud Eesti arengu aluseks. Nende lepete ja strateegiliste eesmärkide täitmine on ainuvõimalik, toetudes omamaisele kvalifitseeritud teadmisele. Ökoloogia keskus ühendab Eesti parimaid aktiivseid tippteadlasi antud alal. Keskus näeb oma missioonina rakenduste väljatöötamist, mis toetaksid Eesti jätkusuutlikku arengut ning loodushoidu. Keskuse arendamisel peetakse silmas, et Eesti teadus- ja arendustegevuse strateegiliste eesmärkide saavutamiseks on esmajoones vaja parandada fundamentaalteaduste taset ja rahvusvahelist konkurentsivõimet ning arendada välja kaasaegne teaduskeskkonna infrastruktuur. Samuti on eesmärgiks koondada olemasolevad suhteliselt väikesed uurimisgrupid sel-

leks, et luua piisava massiga teadlaste ühendus, mis on hädavajalik kõrgetasemelise doktorioppe läbiviimiseks. Viimase viie aasta jooksul on pea 30 kraadiõppurit kaitsnud oma doktorikraadi keskuse uurimisgruppide juures.

Keskuse töö lähemate eesmärkide hulka kuuluvad loomade ja taimede liigilise mitmekesisuse eriskaalalise kujunemise selgitamine, looduslike ökosüsteemide süsinikuringe uurimine, kaugelel põhinevate taimkatte omaduste mõõtmise meetodite täiustamine, Eesti metsade säästliku ja looduslähedase majandamise aluste väljatöötamine.

Keskuse töös on olulisel kohal rakendus- ja arendustegevus. Keskusesse kuuluvate uurimisrühmade praegusest sellelaadilisest tegevusest, millele saab baseeruda edasine rakenduslik osa, võib esile tuua järgmisi suundi:

- Heitveepuhastuseks rajatud erinevat tüüpi tehismärgalade, samuti hajureostuse tõkkeks olevate veekoguäärsete märgalade puhastusprotsesside, eeskätt lämmastiku-

ja fosforiühendite sidumise ja transformatsiooni uurimine ning nende alusel puhastustehnoloogia väljatöötamine. Samuti GISil baseeruva maastikulise analüüsitudeli väljatöötamine kavandatavate märgalalasüsteemide optimaalseks paigutamiseks ja dimensioneerimiseks valga tasandil.

- Eesti metsade säästlikku, bioloogilist mitmekesisust tagavate ja looduslähedaste uuendus- ja raieviiside väljatöötamine.
- Ohustatud liikide kaitsemeetmete ja lokaalselt hävinud taime- ja loomapopulatsioonide taastamise meetodika väljatöötamine.
- Bioloogiliselt mitmekesisete rohumaakoosluste optimaalsete loodussäästlike majandamisviiside ja hävinud koosluste rekonstrueerimise võtete väljatöötamine.
- Väärtuslike maastike piiritlemine, kirjeldamine ja hindamine kultuurilis-ajaloolisest, rekreatiivsest, esteetilisest ja looduslikust aspektist.
- Kaugelel baseeruva tehnoloogia väljatöötamine taimkatte omaduste ja muutuste mõõtmiseks.

RAKENDUSÖKOLOOGIA

Rühma peamine uurimissuund on seotud lehe tasemel fotosünteesi skaleerimisega terve lehestiku produktsiooniks. Töö raames uuritakse fotosünteesiprotsessi kohanemist lehestikus, lehestiku kasvu, seoseid lehe ja lehestiku tasemel süsiniku ja veevahetuse vahel. Peamiseks eesmärgiks on aru saada, millised keskkonna ja taime sisemised piirangud määravad kogu koosluse produktsiooni. Lisaks on rühma uurimistöös fookuses kõrge CO₂ ja osooni kontsentratsiooni mõju mehhanismid taime kasvule ja fotosünteesile. Hiljuti alustati Eesti looduslike ja poollooduslike taimekoosluste süsinikuvarude suuruse ja kujunemise uuringuid.

Oleme välja töötanud fotosünteesimudeli lehestiku kihi jaoks. See mudel võimaldab simuleerida lehestiku funktsioneerimist olenevalt keskkonnatingimustest ning taime kasvuvormist. Mudel baseerub väliuuringutel, mis näitasid, et lehe fotosünteesiaparadi kohanemisel valgustingimustele muutub nii selle aparadi valgustpüüdva osa suurus kui ka lehe massiühiku energiline hind. Fotosünteesiaparadi plastilisus (e kohanemise võimalikud piirid) on suurem varjutaluvatel liikidel, kes on iseloomulikud arenenud kooslustes, võrrelduna suksessiooni algstaadiumis domineerivate valgusnõudlike liikidega.



Fotosünteesivõimet mõjutavate taime hüdrauliliste parameetrite uuringud on näidanud, et nii lehe hüdrauliline juhtivus kui ka õhulõhede juhtivus on oluliselt suuremad kiiremakasvulistel puudel ning paremates valgustingimustes kasvavatel okstel. Umbes pool lehe hüdraulilisest takistusest on reguleeritud valgustingimustest, vee seisundist ning ABA kontsentratsioonist sõltuvate kiirete füsioloogiliste mehhanismide poolt, samas kui ülejäänud varieeruvus on eelkõige seotud nii apo- kui süm-

plasti anatoomilise ehitusega näidates, et see osa hüdrauilisest juhtivusest on eelkõige seotud keskkonnatingimuste pikaajaliste keskmiste väärtustega.

Koostöös Michigani Tehnoloogiaülikooli ja Soome Metsainstituudi teaduritega oleme uurinud kõrgete CO₂ ja osooni kontsentratsioonide mõju haava (USA) ja kase (Soome) erineva osoonitundlikkusega kloonidele. Kuigi kõrgendatud CO₂ kontsentratsioon põhjustab õhulõhede osalise sulgumise, ei viinud see puude osoonitundlikkuse vähenemisele. Mõnedel juhtudel muutusid normaaltingimustel osoonile tolerantsed kloonid osoonitundlikeks, kui nad kasvasid kõrge süsihappegaasi keskkonnas. Nii CO₂ kui ka osooni mõjud süvenesid pikemaajalistes eksperimentides, kuid nende gaaside mõjud sõltusid oluliselt ka toitainete kättesaadavusest ning kiirgusrežiimist.

Rakendusökoloogia rühm on praegu seotud Euroopa Raamprogrammi projektidega VULCAN ja EUROFACE, mille raames uuritakse globaalsete kliimamuutuste mõju Euroopa ökosüsteemidele.

Uurimisvahenditest on olemas laboratooriumiproovide ettevalmistamiseks (kuivatamine, kaalumine, lõikamine jne) ning lihtsamateks keemilisteks analüüsideks (näit klorofüll). Enamik keemilisi analüüse tellitakse spetsialiseeritud laboratooriumidest. Kasutada on spetsiaal-laboratoorium taimede gaasivahetuse ja veemajanduse uurimiseks. See sisaldab kohapeal valmistatud LI-COR 6262 analüsaatoril baseeruvat gaasivahetuse mõõtmise süsteemi, kus on võimalik kontrollida ja mõõta CO₂, H₂O, O₃, valgus- ja temperatuurikeskkonda. See labor on varustatud ka rõhu-pomm süsteemiga, mis võimaldab uurida taimede hüdrauilist juhtivust ning veeseisundit. Meil on kaks poromeetrit (Delta-T UK ja LI-COR) õhulõhede juhtivuse mõõtmiseks välitingimustes ning SF-200 spektromeeter koos integreeriva sfääriga (Ocean Optics, USA) kiirguse spektraalse koostise ning lehtede optiliste omaduste mõõtmiseks. Väli- ja laborimõõtmistel kasutatakse ka portatiivseid fluorestsentsi mõõtmise süsteemi PAM-200 (Walz, Saksamaa) ja CO₂ poromeetrit CIRAS-2 (PP-Systems, UK). Lehestiku struktuuri ja kiirgusrežiimi uurimiseks kasutatakse hemisfäärse kujutise analüüsisüsteemi WinScan (Regent Instruments, Kanada) koos Nikoni digitaalse kaameraga. Lehestiku mikrokliima uurimiseks kasutatakse mitmeid temperatuuri, niiskuse ja kiirguse sensoreid (Sky Instruments, UK) koos andmekogumissüsteemidega DL2 (Delta-T, UK).

Lehestikule juurdepääsuks on Järveljal installeeritud kaks juurdepääsutorni.

PUBLIKATSIOONE

Aasamaa, K., Söber, A. Hydraulic conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in six deciduous tree species. *Biologia. Plantarum* 44, 65-73 (2001).

Karnosky, D. F., Zak, D. R., Pregitzer, K. S., Awmack, C. S., Bockheim, J. G., Dickson, R. E., Hendrey, G. R., Host, G. E., King, J. S., Kopper, B. J., Kruger, E. L., Kubiske, M. E., Lindroth, R. L., Mattson, W. J., McDonald, E. P., Noormets, A., Oksanen, E., Parsons, W. F. J., Percy, K. E., Podila, G. K., Riemenschneider, D. E., Sharma, P., Sober, A., Sober, J., Vapaavuori E. et al. Tropospheric O₃ moderates responses of temperate hardwood forests to elevated CO₂: A synthesis of molecular to ecosystem results from the Aspen FACE project. *Funct. Ecol.*, 17, 289-304 (2003).

Kull, O. Acclimation of photosynthesis in canopies: models and limitations. *Oecologia* 133, 267-279 (2002).

Kull, O., Tulva, I. Shoot structure and growth along a vertical profile within a *Populus-Tilia* canopy. *Tree Physiology* 22, 1167-1175 (2002).

Kull, O., Tulva, I., Vapaavuori, E. Influence of elevated CO₂ and O₃ on *Betula pendula* Roth crown structure. *Ann. Bot.* 91, 559-569 (2003).

Kull, O., Kruijt, B. Acclimation of photosynthesis to light: a mechanistic approach. *Funct. Ecol.* 13, 24-36 (1999).

Meir, P., Kruijt, B., Broadmeadow, M., Barbosa, E., Kull, O., Carswell, F., Nobre, A., Jarvis, P. G. Acclimation of photosynthetic capacity to irradiance in tree canopies in relation to leaf nitrogen concentration and leaf mass per unit area. *Plant, Cell Environ.* 25, 343-357 (2002).

Noormets, A., Söber, A., Pell, E. J., Dickson, R. E., Podila, G. K., Söber, J., Isebrands, J. G., Karnosky, D. F. Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two trembling aspen clones exposed to elevated CO₂ and/or O₃. *Plant Cell Env.* 24, 327-336, (2001).

Pensa, M., Sellin, A. Soil type affects nitrogen conservation in foliage of small *Pinus sylvestris* L. trees. *Plant and Soil* 253(2), 321-329 (2003).

Sellin, A. Hydraulic and stomatal adjustment of Norway spruce trees to environmental stress. *Tree Physiol.* 21(12/13), 879-888 (2001).

TAIMEÖKOLOOGIA

Taimeökoloogia tööühma peamiseks uurimisuunaks on bioloogilise mitmekesisuse varieeruvuse kirjeldamine ja seda põhjustavate mehhanismide uurimine. Bioloogiline mitmekesisus varieerub looduses märgatavalt, näiteks troopilise vihmametsa ja arktilise tundra mitmekesisus erineb kordades. Sarnane variatsioon on vaadeldav ka kohalikus skaalas. Eesti piires moodustavad tugeva kontrasti näiteks lubjarikastel muldadel levivad loometsad ja happelistel muldadel levivad nõmmemetsad. Lisaks looduslikule variatsioonile on ökosüsteemide mitmekesisuse oluliseks mõjutajaks inimene. Liikide jätkuv kadumine ökosüsteemidest on põhjuseks, et valitsuste tasemel allkirjastati 1992. aastal nn Rio konventsioon bioloogilise mitmekesisuse kaitseks.

TÜ taimeökoloogia tööühmas on välja töötatud liigirikkuse mehhanisme seletav nn liigifondi teooria. Tegu on sünteetilise teooriaga, mis seletab liigirikkuse kujunemist erinevates skaalades toimivate protsesside suhtelise tasakaalu kaudu. Teooria uuenduslik iseloom seisneb selles, et lisaks konkreetsetes ökosüsteemides toimivatele protsessidele (liikidevahelised interaktsioonid, inimõju) võetakse arvesse ka ökosüsteemi ajalugu ja liikide liikumine ruumis.

Tööühma eksperimentaalsed uurimused on olnud suunatud bioloogilist mitmekesisust mõjutavate ökoloogiliste protsesside rolli selgitamisele. Näiteks taimekoosluste uurimisel tekib küsimus, miks just need liigid kasvavad koos antud tingimustel – kas tegu on ajalooliselt aastatuhandete jooksul välja kujunenud kaaslevate liikide kogumiga või mõjutab kooslusi oluliselt liikide kadumine ja (taas)levimine reaalses? Selgus, et levimine reaalses on olulisem kui seni arvati – seemnete saabumine või mittesaabumine kooslusesse võib mitmekesisuse seisukohast olla otsustava tähtsusega. Seemnete liikumine ruumis sõltub paljuski ökosüsteemi ümbritsevate maastike iseloomust, iga konkreetse seemne saatuse määrab aga paljude juhuslike faktorite, nagu ilm, lokaalsed interaktsioonid ja häiringud, kokkulangemine. Veelgi ootamatum oli tulemus, et ca 33% seemnetest võib pärineda 'maa alt', st mullas puhkeolekus viibivate seemnete varust (nn seemnepank). Taolisel teadmisel on oluline sõnum bioloogilise mitmekesisuse kaitsjatele – igasugused kaitsemeetmed jäävad tulemuseta juhul, kui pole kindlustatud diaspooride (seemnete, eoste, jms) sissevool kooslusesse kas ümbritsevatel aladel või mulla seemnepangast.



Kasvuhoonekatsetes on võimalik selgeks teha, mil määral mõjutab mükoriisete seente olemasolu taimevahelist konkurentsi valguse ja toitainete pärast.

Teiseks oluliseks teemaks tööühma teadustöös on olnud selgitada mikroobsete organismide rolli taimekoosluste mitmekesisuse mõjutajana. Tähelepanu on pööratud seni veel halvasti tuntud, aga ökoloogiliselt ülitähtsale rühmale – arbuskulaar-mükoriisetele seentele. Need silmale nähtamatud organismid elavad taimejuurtes ning varustavad taime mineraaltoitainete ja veega, saades vastu süsivesikuid. Tööühma varasemas töös näidati, et mükoriisete seente olemasolu mõjutab taimevahelisi interaktsioone ja selle kaudu kogu taimekoosluse bioloogilist mitmekesisust. Käesolevalt pöörame tähelepanu sellele, milline on mükoriisse seenekoosluse liigiline koosseis taimejuures, sest erinevate seeneliikide mõju taimedele võib olla nii positiivne, neutraalne kui ka negatiivne. Seenekoosluse uurimiseks on vajalik molekulaarsete meetodite kasutamine, sest liikide korrektne äratundmine on võimalik vaid DNA järjestuse määramise alusel. Kuna valdav osa arbuskulaar-mükoriisete seente uuringutest on tehtud kas kultuurtaimedega või põllumajanduslikes ökosüsteemides, on meie uuringute fookuses eelkõige looduslikud ökosüsteemid, mida on Eestis, võrreldes Lääne-Euroopaga, säilinud oluliselt rohkem. Tõenäoliselt ootab siin ees palju avastuslikku, millel võib olla ka ülioluline rakenduslik väärtus. Näiteks ei pruugi degradeeritud või hävinud ökosüsteemide bioloogilise mitmekesisuse taastamine olla võimalik ilma mükoriisete seeneliikide sissetoomiseta kooslusesse.

Kolmanda suunana võib esile tõsta taimekoosluste võra ruumilise struktuuri uurimist. Üllataval kombel on valdav osa lehestiku kihistumise ja lehtede orientatsiooni alastest uurimustest kasutanud mudelorganismidena kas põllukultuure või puittaimi. Seetõttu on meie tööd paljuliigiliste niidu ja metsa alustaimestiku koosluste võra vertikaalset ning horisontaalset struktuuri mõjutavate tegurite uurimises olnud mitmes aspektis teedrajavad. Näiteks näitasime me esmakordselt, et niidukoosluses võib lehtede orienteeritus ilmakaare järgi olla plastiline tunnus ning sõltuda sesoonest valguse kättesaadavusest – päikesevaestel aastatel on lehepind rohkem avatud lõunakaarde ja päikeseleistel aastatel põhjakaarde. Samuti oleme näidanud, et kuigi suure osa rohustu struktuuri kihistumisest seletab ära liikide kasvuvormiline kuuluvus (taime maapealse osa ehitustüüp), ei piisa rohustu kihilisuse ennustamiseks ainult liikide kasvuvormi ja kasvupotentsiaali teadmises – liikidevaheline varieeruvus on sedavõrd suur. Seega on oluline teada, millised konkreetsed taimeliigid ühest või teisest kasvuvormist koosluses elavad ning hinnata nende liigiomaseid parameetreid.

PUBLIKATSIOONE

Kalamees, R., Zobel, M. The role of the seed bank in gap regeneration in a calcareous grassland community. *Ecology* 83, 1017-1025 (2002).

Liira, J., Zobel, K. Vertical structure of a species-rich grassland canopy, treated with additional illumination, fertilization and mowing. *Plant Ecology* 146, 185-195 (2000).

Liira, J., Zobel, K., Mägi, R., Molenberghs, G. Vertical structure of herbaceous canopies: the importance of plant growth-form and species-specific traits. *Plant Ecology* 163, 123-134 (2002).

Moora, M., Zobel, M. Effect of arbuscular mycorrhiza on inter- and intraspecific competition of two grassland species. *Oecologia* 108, 79-84 (1996).

Moora, M., Zobel, M. Can arbuscular mycorrhiza change the effect of root competition between conspecific plants of different ages? *Can. J. Bot.* 76, 613-619 (1998).

Otsus, M., Zobel, M. Moisture conditions and the presence of bryophytes determine fescue species abundance in a dry calcareous grassland. *Oecologia* 138, 293-299 (2004).

Pärtel, M. Local plant diversity patterns and evolutionary history at the regional scale. *Ecology* 83, 2361-2366 (2002).

Pärtel, M., Zobel, M., Liira, J., Zobel, K. Species richness limitations in productive and oligotrophic plant communities. *Oikos* 90, 191-193 (2000).

Renker, C., Zobel, M., Öpik, M., Allen, M. F., Allen, E. B., Vosátka, M., Rydlová, J., Buscot, F. Structure, dynamics and restoration of plant communities: does arbuscular mycorrhiza matter? In: Tempreton, V., Hobbs, R. (Eds.) *Assembly rules in restoration ecology – bridging the gap between theory and practice*, Island Press, Washington (in press) (2003).

Öpik, M., Moora, M., Liira, J., Kõljalg, U., Zobel, M., Sen, R. Root associated arbuscular mycorrhizal community in a rare and common congeneric species (*Pulsatilla patens*, *P. pratensis*) from boreal forest and meadow. *New Phytologist* 160, 581-593 (2003).

Zobel, K. On the species-pool hypothesis and on the quasi-neutral concept of plant community diversity. *Folia Geobotanica* 36, 3-8 (2001).

Zobel, K., Eek, L. Seasonal direct light availability affects mean leaf orientation in a herbaceous multi-species canopy. *Plant Biology* 4, 503-507 (2002).

Zobel, M. The relative role of species pools in determining plant species richness: an alternative explanation of species coexistence? *Trends Ecol. Evol.* 12, 266-269 (1997).

Zobel, M., Otsus, M., Liira, J., Moora, M., Möls, T. Is small-scale species richness limited by seed availability or microsite availability? *Ecology* 81, 3274-3282 (2000).

LOOMAÖKOLOOGIA

Rühma kuulub hetkel kuus doktorikraadiga teadlast-õppejõudu ja 11 doktoranti, osaleb rühmas kokku 18 magistranti ja bakalaureuse-üliõpilast. Rühm täidab tervenisti üht ja osaliselt ka teist Haridus- ja Teadusministeeriumi sihtfinantseerimisteemat, kuut Eesti Teadusfondi grandiprojekti ja kaht teadus-arenduslepingut. Viimasel viiel aastal on kaitstud 4 doktoritööd ja avaldatud üle 65 rahvusvahelise teadusartikli (paljud neist koostöös välismaa uurijatega), sealhulgas sellistes kõrge reitinguga ajakirjades nagu Nature (T. Tammaru), Proceedings of the Royal Society of London (I. Ots, P. Hõrak, D. Freitak, T. Krama, A. Leivits), BioEssays (P. Hõrak, L. Saks). 2001. aastal omistas valitsus rühmale riikliku teaduspreemia.

Rühma viimaste aastate teadustegevus sisaldab nii väliuuringuid ja eksperimente looduses kui ka laboriuuringuid vangistuses peetavate loomadega ning jaguneb valdavalt evolutsioonilise loomaökoloogia järgmiste suundade vahel:

- Immuno-ökoloogia vallas on esmakordselt komplekselt kirjeldatud hulga hemato-seroloogiliste parameetrite ajalis-ruumilist ja individuaalset muutlikkust ja seoseid mitmesuguste kohasuse komponentidega lindudel, leitud esmaseid tõendeid immuunvastuse energeetilise hinna kohta lindudel ja putukatel ning selgitatud, milliste elukäiguomaduste arvelt seda hinda makstakse.
- Elupaigavaliku teooria ja looduskaitsebioloogia vallas on esmakordselt eksperimentaalselt demonstreeritud kaltsiumidefitsiidi limiteerivat mõju lindude pesitsemise mitmesugustele näitajatele looduslikult happelistes elupaikades, avaldatud seeria originaaluurimusi kaitsealuste lindude elupaigavaliku printsiipidest ja metsamajanduse ning linnukaitse optimaalse ühitamise võimalustest ja mõnede kaitsealuste loomarühmade bioloogilisest mitmekesisusest Eestis.
- Putukate evolutsioonilise ökoloogia vallas on saadud uudeid tulemusi peremees-parasitoidi interaktsioonide uurimisel, keskkonnategurite mõju uurimisel putukate sigimiskäitumisele ja populatsioonidünaamikale ning putukate kehasuuruse mikroevolutsiooniliste piirangute uurimisel.
- Sugulise valiku teooria vallas on rühma teadlaste uuringud oluliselt edendanud nii karotinoidsete kui ka muud tüüpi sootunnuste atraktiivsuse ultimatevsete põhjuste ja kujunismehhanismide väljaselgitamist lindudel.



Koktsiidid on sooleparasiidid, kes mõjutavad lindude tervist ja sugulist atraktiivsust. Nakkuse intensiivsuse määramiseks analüüsib magistrant Ulvi Karu iga päev 52 rohevindi fekaalproove, mis sisaldavad kokku keskmiselt 16 000 000 *Isospora lacazei* ootsüsti. Mikroskoobis tuleb tal iga päev kokku lugeda ca 20 000 parasiiti.



Loomaökoloogid tavatsevad oma õppeseminare mõnikord korraldada ka mitteformaalses miljöös – otse looduses. Ega nende sisukus seeläbi kannata.

Tippkeskuse raames on rühmal kõige tihedamad koostöösidemed taimeökoloogia ja metsanduse uurimisrühmadega, kellega on ühiselt täidetud nii teadusfondi projekte kui ka teadusarenduslepinguid ja viljeldud ühist kraadiõpet, samuti rakendusökoloogia rühmaga, kellega on jagatud teadusaparatuuri.

PUBLIKATSIOONE

Hõrak, P. When to pay the cost of reproduction? A brood size manipulation experiment in great tits (*Parus major*). Behav. Ecol. Socio-biol. 54, 105-112 (2003).

Lõhmus, A. Are certain habitats better every year? A review and a case study on birds of prey. Ecography 26, 545-552 (2003).

Mänd, R., Tilgar, V., Leivits A. Reproductive response of Great Tits *Parus major* to calcium supplementation in a naturally base-poor forest habitat. Can. J. Zool. 78, 689-695 (2000).

Ots, I., Kerimov, A. B, Ivankina, E. V., Ilyina T. A., Hõrak, P. Immune challenge affects basal metabolic activity in wintering great tits. Proc. Roy. Soc. Lond. Series B 268, 1475-1482 (2001).

Tammaru, T., Esperk, T., Castellanos, I. No evidence for costs of being large in females of *Orgyia spp.* (Lepidoptera, Lymantriidae): larger is always better. Oecologia 133, 430-438 (2002).

LOODUSGEOGRAAFIA JA MAASTIKUÖKOLOOGIA

Peamised uurimisteed ja -eesmärgid:

- Eesti maastike struktuuri ning maastiku aineriinge muutuste analüüs lähtuvalt viimaste dekaadide olulistest antropogeensetest ja looduslikest protsessidest;
- alusuuringutel kogutud materjali sidumine terviklikuks imitatsioonimudeliks seostatuna geoinfosüsteemiga;
- Eesti kliimatingimuste ja veerežiimi dünaamika kvantitatiivne hinnang, arvestades globaalseid kliimamuutusi;
- ökoinseneriabinõude väljatöötamine aineriinge reguleerimiseks maastikul ja nende rakendamine maastikuplaneerimisel;
- tehismärgalade ja veekogude puhverökosüsteemide karakteristikute optimeerimine võimalikult efektiivse veepuhastuse ja madala kasvuhoonegaaside emissiooni tagamiseks.

Rühma töötajad täidavad sihtfinantseeritavad teemad, 4 ETF grandid ja 5 EU 5 FP RTD projekti. Töörühma liikmete juhendamisel on 1998-2003 kaitstud 8 doktoriväitekirja.

Tulemused:

- valgla aineriinge mudel, mis väiksemate põllumajanduslike alavalglate puhul kirjeldab 95-99% lämmastiku ja 69-93% fosfori väljakande varieeruvusest;
- Eesti kliimamuutuste ja atmosfääri tsirkulatsioonitüüpide muutuste seose selgitus; heitveepuhastus-tehismärgalade optimeerimine külma kliima tingimustele; kasvuhoonegaaside (N₂O ja CH₄) dünaamika hinnang veekoguäärsetest kaldavöönditest ning heit-



Grupi juht professor Ülo Mander.

- veepuhastus-tehismärgaladest seoses muutuva sisendkoormusega;
- lämmastiku- ja fosforibilansi dünaamika hinnang tehismärgalades ning veekoguäärsetes puhverkooslustes.

2001. a Eesti Vabariigi teaduspreemia põllumajandusteaduste alal uuringute tsükli eest teemal "Põllumajandusmaasiku muutused: mõju aineriingele ja selle reguleerimine ökotehnoloogiliste võtetega", töörühm koosseisus prof Ülo Mander (töörühma juht), vanemteadur

dr Krista Lõhmus, vanemteadur dr Valdo Kuusemets, teadur dr Hannes Palang ja tollal veel doktorant Ain Kull.

PUBLIKATSIOONE

Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, V. G., Scheifinger, H. Changes in European spring phenology. *Int. J. Climatol.* 22(14), 1727-1738 (2002).

Jaagus, J., Truu, J., Ahas, R., Aasa, A. Spatial and temporal variability of climatic seasons on the East European Plain in relation to large-scale atmospheric circulation. *Clim. Res.* 23(2), 111-129 (2003).

Kuusemets, V., Mander, Ü. Nutrient flows and management of a small watershed. *Landscape Ecol.* 17(S.1), 59-68 (2002).

Mander, Ü., Forsberg, C. Nonpoint pollution in agricultural watersheds of endangered coastal seas. Editorial. *Ecological Engineering* 14, 4, 317-323 (2000).

Mander, Ü., Koduvere, E. Pressure, state and response indicators in landscape assessment: An attempt on nitrogen fluxes. In: Helming, K., Wiggering, H. (Eds.) *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*. Springer, Heidelberg, 157-175, 2003.

Mander, Ü., Kull, A., Kuusemets, V. Nutrient flows and land use change in a rural catchment: a modelling approach. *Landscape Ecol.* 45, 3, 187-199 (2000).

Mander, Ü., Kull, A., Kuusemets, V., Tamm, T. Nutrient runoff dynamics in a rural catchment: influence of land-use change, climatic fluctuations and ecotechnological measures. *Ecological Engineering* 14, 4, 405-417 (2000).

Mander, Ü., Kuusemets, V., Lõhmus, K., Mauring, T., Teiter, S., Augustin, K. Nitrous oxide, dinitrogen, and methane emission in a sub-surface flow constructed wetland. *Water Sci. Technol.* 48, 5, 135-142 (2003).

Mander, Ü., Oja, T., Hallemaa, H., Kull, A., Bendere, R., Kudrenickis, I., Sergeeva, L., Denafas, G. Environmental Pollution Analysis of Energy Production and Consumption in the Baltic Region. In: Tiezzi, E., Brebbia, C. A. Rubi J. L., Uso J.-L. (Eds.) *Ecosystems and Sustainable Development IV, Advances in Ecological Sciences*, 18. WIT Press, Southampton, Boston, 835-845 (2003).

Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H., Estrella, N. Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *Int. J. Climatol.* 23(7), 793-812 (2003).

Sepp M., Jaagus J. Frequency of circulation patterns and air temperature variations in Europe. *Boreal Env. Res.* 7, 3, 273-279 (2002).

Uri, V., Lõhmus, K., Tullus, H. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecol. Mgmt.* 184(1-3), 167-176 (2003).

GEOINFORMAATIKA JA KARTOGRAAFIA

Töörühm tugineb Tartu Ülikooli geoinformaatika ja kartograafia õppetoolile, milline loodi kümne aasta eest. Töörühma olulisemad teadusuuringud on seotud järgmiste teemadega.

- Maastikuparameetrite igakülgne ruumiline analüüs (enamik rakendusi on tehtud Eesti näitel). Suuresti tugineb analüüs töörühmas loodud nn ruutkilomeetrite andmebaasile, mis on kumulatiivne kogu kõikvõimalikest loodust ja inimtegevust iseloomustavatest parameetritest (taimkate, muld, fauna, veestik, reljeef, majandus- ja elutegevus, kliima, maastike saastetaluvus, jmt) standardse kilomeetrise silmaga võrgustikul. Andmed pärinevad välitöödest, satelliit- ja aerofotokujutistest, varemtehtud andmekogudest.

- Maastike väärtuse hindamine (ja väärtuslike maastike määratlemine) ajaloolis-kultuurilisest, rekreatiivsest, esteetilisest ja ökoloogilisest väärtusest lähtuvalt. Töörühmas on loodud meetodika maastike väärtuse hindamiseks, mida pidevalt täiustatakse. Maastikuressursi kasutust analüüsitakse kaitsealadel ning erinevate huvide konfliktaladel. Tegeletakse Eesti kultuurimaastike ruumilise analüüsi ja modelleerimisega.
- Ruumilisi otsustusi toetavate süsteemide uurimine regionaalarengu ja regionaalse planeerimise kontekstis, tagamaks Eesti jätkusuutlikku arengut.
- Ruumilise interpoleerimise jaoks sobilike indikaatorite määratlemine ja kasutamine elupaikade/kasvukohtade sobivuse hindamiseks.

Indikaatorite tundlikkuse ja ebamäärasuse astme hindamiseks analüüsitakse indikaatorite käitumist erinevatel skaaladel ning indikaatorite reskaleerimise võimalusi.

- Pinna- ja põhjaveega maastikus kantavate ainevoogude detailanalüüs sõltuvalt ilmastikust, taimkattest, hüdrooloogilisest režiimist. Ainevoogude ruumiline dünaamiline modelleerimine toitainekadude hindamiseks erinevates ilma, maakasutuse ja taimkatte oludes. Dünaamilisi mudeleid kasutatakse ainevoogude hindamiseks muutuvates kliimatingimustes ning õhusaaste mõjul. Analüüsitakse sellest tulenevaid muutusi maastikus ning eriti metsas.

Töörühmaga on seotud aktiivne kraadiõpe – viimase 5 aasta jooksul on kaitstud 2 doktoritööd ja 21 magistratööd, lähiajal on oodata 3-4 doktoritöö valmimist.

GEOÖKOLOOGIA

Geoökoloogia rühma teadusproblematika on seotud kivimite/pinnase ja veekeskonna vastasreaktsioonide ning looduslike ja poollooduslike ökosüsteemide arengut mõjutavate või määravate geoloogiliste ja geomorfoloogiliste protsesside uurimisega.

Uuritakse ökosüsteemides toimuvaid geokeemilis-mineraloogilisi protsesse kaasajas ja geoloogilises minevikus. Rühm omab ja pakub tippkeskuse raames kogemusi ja analüütilist võimsust mineraalide murenemise, geokeemia ja hüdrogeokeemia ning pinnakattegeoloogia valdkonnas. Meile on tähtsad tippkeskuse sünergiast tekivad uued valdkondadevahelised uurimissuunad ja kontaktid.

Praegusel hetkel kuulub gruppi üheksa teaduritõppejõudu, 9 doktoranti ja 10 magistranti.

Geoökoloogia rühma käsutuses on kolm laborit: sedimentoloogia-geokeemia, mineraloogia-röntgen-difraktomeetria ja ^{14}C -dateerimise laboratoorium. 2003. aastal installeeriti geoloogia instituudi keemia laborisse tippkeskuse infrastruktuuri arendamise programmi raames ostetud Perkin-Elmer 2400 Series II CHNS/O Element analüsaator. Lisaks sellele omab rühm geofüüsikaliste ja hüdrogeoloogiste väliuuringute aparatuuri ning osaleb koostöös teiste uurimigrühmadega ICP-AES laboris.

Viimase viie aastaga on rühma liikmed avaldanud üle 90 teadusartikli ja on kaitstud 6 dok-

PUBLIKATSIOONE

Oja, T., Kull, A. Sensitivity of landscape to atmospheric pollution. In: Mander, U., Jongman, R. H. G. (Eds.) Consequences of Land-Use Changes. Advances in Ecological Sciences. WIT Press, Southhampton, Boston, 147-162 (2000).

Palang, H., Fry, G. (Eds.) Landscape Interfaces: Cultural heritage in changing landscapes. Kluwer (2003).

Remm K., Luud, A. Regression and point pattern models of moose distribution in relation to habitat distribution and human influence in Ida-Viru county, Estonia. J. Nature Conservation 11(3), 197-212 (2003).



Geoökoloogia rühma röntgenstruktuuranalüüsi labor.

torikraadi. Käesolev geoökoloogia grupi teadustegevuse finantseering formeerub teaduse sihtfinantseerimise, Eesti teadusfondi ja teiste Eesti ja välismaiste lepingute summadest.

Rühma uurimistöö tippkeskuse raames on juba initsieerinud paljulubava koostöö teiste rühmadega nii teadurite kui ka kraadiõppe tasemel.

Käimasolevad projektid tippkeskuse temaatikas on:

- Maalihete tekkepõhjuste uurimine ja modelleerimine Pärnu jõe vesikonna nõrkadel savipinnastel.
- Eesti põhjavees potentsiaalselt toksiliste keemiliste elementide-komponentide geokeemiline ja ökofüsioloogiline uurimine.
- Geotektoonilise maakerke ja delta ning madalmeresedimentatsiooni mõju Lääne-Eesti märgalade roostike ja luhtade ökosüsteemi arengule.
- Potentsiaalselt keskkonnaohtlike tööstus- ja kaevandusjäätmete murenemis- ja leostusprotsesside uurimine ning modelleerimine.
- Linnageoloogia – geoloogilis-geotehniliste ja hüdrogeoloogilis-geokeemiliste protsesside koosmõju linnade nõrkades looduslikes ja tehispinnastes.

PUBLIKATSIOONE

Drost, H., Mahaney, W. C., Bezada, M., Kalm, V. Measuring the impact of land degradation on agricultural production: a multidisciplinary approach. *Mountain Research and Development* 19, 1, 68-70 (1999).

Karro, E., Marandi, A. Mapping of potentially hazardous elements in Cambrian-Vendian aquifer system, northern Estonia. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 75 (2), 17-27 (2003).

Karro, E., Marandi, A. Naturally high levels of barium and fluoride in groundwater – source of growing concern in Estonia. In: Bermond, A., Levi, Y. (Eds.) *Micropollutants and Microorganisms in the Environment: Analysis, Behavior, Treatment and Health Impact*, INA P-G and University Paris XI, Paris, 93-96 (2003).

Kukkonen, I. T., Jöeleht, A. Weichselian temperatures from geothermal heat flow data. *J. Geophys. Res.* 108 (B3), 2163 (2003).



Geoökoloogid – noor ja arenev kollektiiv.

Mahaney, W. C., Milner, M. W., Bezada, M., Kalm, V., Hancock, R. G. V. Paleosols and Andean up-Lift in Venezuela: assessing competing hypotheses of relict tropical soils versus paleohydro-geochemical variations. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 525-542 (2002).

Puura, E., Neretnieks, I. Atmospheric weathering of pyritic waste rock in Maardu, Estonia, 2: an assessment of aluminosilicate buffering potential. *Environmental Geology* 39/6, 560-566 (2000).

Puura, E., Neretnieks, I., Kirsimäe, K. Atmospheric oxidation of pyritic waste rock in Maardu, Estonia: Field study and modelling. *Environmental Geology* 39, 1-19 (1999).

Ringberg, B., Björck, J., Hang, T. Correlation of stadial and interstadial events in the GRIP oxygen isotope record with south Swedish glacial varves. *Boreas* 32, 2, 436-442 (2003).

TAIMKATTE KAUGSEIRE

Töörühma teadusprobleemideks on optilise kaugseire meetodid ning nende rakendamine peamiselt seoses taimkatte uurimisega nii öko- loogias, metsanduses, põllumajanduses, maa- katte kaardistamisel, samuti taimkatte (muu- hulgas ka energiametsade) produktsiooni mo- delleerimisel. Kaugseire meetodid on sobivad keskuse teiste töörühmade poolt saadud tule- muste analüüsiks, skaleerimiseks suurematele aladele ja integreerimiseks.

Rühma teadustöö baseerub oluliselt taimkatte kiirguslevi teoorial, millele pani aluse Tartu bio- geofüüsika koolkonna rajaja prof J. Ross, kelle inglisekeelsest raamatust "The Radiation Regi- me and Architecture of Plant Stands" (1981) on saanud juba omamoodi klassikaline teos. Mõ- ned ligikaudsed analüütilised valemid sellest raamatust on kasutusel NASA jt USA asutuste poolt tuletatud algoritmides selliste taimkatte tunnuste, nagu lehepinnaindeks (LAI) ja nee- latud fotosünteesiliselt aktiivne kiirgus (FPAR) hindamiseks satelliitsüsteemide MODIS ja MISR poolt. Taimkatte kiirguslevi teoorial baseeruvad töörühma poolt välja töötatud taimkatte peegel- dumismudelid. A. Kuuse homogeense taimkatte ning A. Kuuse ja T. Nilsoni (2000) metsa hele- duse mudelid on kasutusel mitme Euroopa (Prantsusmaa, Rootsi, Soome) ja USA kaugseire meeskonna poolt taimkatte kaugseire andmete interpreteerimisel. Kuusk (1998) rakendas esi- mesena taimkatte peegeldumismudeli pööra- mise tehnikat taimkatte parameetrite (lehepin- naindeks, lehtede klorofüllisisaldus) hindami- seks suurel territooriumil, mis vastab Landsat TM skänneri veerandkaadriale (ca 90x90km). Peterson ja Püssa (2001) tuletasid Landsat TM satelliidipiltide abil hinnangud Eestis toimunud maareformi-järgse maakasutuse muutustele (künnimaa, mahajäetud põllumaa, metsad). Vii- masel ajal on tehtud ka mitmeid kosmilise kaugseire rakendusprojekte Eesti Keskkonna- ministeeriumi tellimisel, mis on seotud peami- selt metsadest ja neis toimuvatest raietest ope- ratiivse ülevaate saamiseks.

Kaasaegne kaugseire kasutab ulatuslikult mit- mesuguste kosmiliste skännerite pilte, kus- juures saadavaid multispektraalseid pilte ana- lüüsitakse kui füüsikalise mõõtmise tulemusi. Olulisel kohal on digitaalse pilditöötamise me- todid, aga ka pildiinfost atmosfääri mõju välja- taandamine. Lahutamatu osana kuuluvad kaug- seire juurde ka maapealsed spektromeetrilised ja radiomeetrilised ning taimkatte struktuuri- parameetrite välimõõtmised (vt juuresolevad

pildid), samuti ka taimelehtede optiliste oma- duste mõõtmised ning lehtedes sisalduvate kee- miliste ainete analüüs laboris.

Töörühma kuuluvad Tartu Observatooriumi 5 doktorikraadiga teadlast, 3 insener-tehnilist töö- tajat, 3 doktoranti ja mitu magistranti.

Taimkatte kaugseire töörühm on osalenud ja osaleb mitmes rahvusvahelises kaugseire pro- jektis, millest ulatuslikumad on Rootsi kaugsei- reprogramm RESE (REmote Sensing for the En- vironment) ning VALERI (Validation of Bio- physical Products from Large-Swath Sensors for Global Biosphere Monitoring). Viimase puhul on Järvelja metsad programmi üheks testalaks.

PUBLIKATSIOONE

Kuusk, A. Monitoring of vegetation parameters on large areas by the inversion of a canopy reflectance model. *Int. J. Rem. Sens.* 19(15), 2893-2905 (1998).

Kuusk, A., Nilson, T. A directional multispectral forest reflectance model. *Rem. Sens. Environ.* 72, 244-252 (2000).



Välimõõtmised spektromeetriga (GER-2600) metsa- noorendikul Kongutas. Pildil vanemteadur A. Kuusk ja doktorand M. Lang spektromeetrit kalibrimas.

Peterson, U., Püssa, K. Forest area and agricultural land use change in the Eastern Baltic region, IALE European Conference 2001, Deve-

lopment of European Landscapes, Conference Proceedings. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis. Tartu, 301-303 (2001).

SÄÄSTLIK JA LOODUSLÄHEDANE METSANDUS

Töörühma tegevuse eesmärgiks on säästva ning looduslähedase metsanduse põhimõtete rakendamine ja selleks uudsete lahenduste leidmine metsade uuendamisel, kasvatamisel, kaitsmisel ja kasutamisel. Tuleb arvestada tänapäeva ökoloogilisi, sotsiaalseid, majanduslikke ja looduspoliitilisi tingimusi ning nõudeid. Metsandust puudutavate rakendusökoloogiliste soovituste andmisel on vaja baasuuringuid erinevate metsaökosüsteemide produktsiooni, aineriingi ning liigilise mitmekesisuse kohta, samuti vajame täpset informatsiooni metsaressursside suuruse, seisundi ja juurdekasvu kohta. Töörühmas tehtavate alusuuringute eesmärgiks on täiendada teadmisi Eesti metsade kasvukäigu kohta, uurida endistel põllumaadel metsaökosüsteemi kujunemist ja selle aineriingi, töötada välja hoiu- ja kaitsemetsade inventeerimise metoodika. Rakendusuuringu tulemusena püütakse leida lahendusi ja anda soovitusi metsade looduslike ja kunstlike uuendamisviiside, looduslähedaste raieviiside (turbe- ja valikraied), kaitsemetsade majandamise ning Eesti puiduressursside kasutamise ja väärimise kohta.

PUBLIKATSIOONE

Jõgiste, K. A basal area increment model for Norway spruce in mixed stands in Estonia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15, 97-102 (2000).

Jõgiste, K., Vares, A., Sendros, M. Restoration of abandoned agricultural fields: ecological and economical considerations of forest regeneration. *Forestry* 76(2), 209-219 (2003).

Kiviste, A., Alvarez Gonzalez, J. G., Rojo Alboreca, A., Ruiz Gonzalez A. D. Funciones de crecimiento de aplicacion en el ambito forestal. *Kasvufunktsioonide rakendamine metsanduses. Instituto Nacional de Investigacion y Tecnologia Agraria y Alimentaria. Madrid, 190p. (2002).*

Kiviste, A., Nilson, A., Hordo, M., Merenäkk, M. Diameter distribution models and height-diameter equations for Estonian forests. *Modelling Forest Systems*, CABI Publishing, 169-180, (2003).



Denitrifikatsiooni hindamine halli lepa katsealal.

Nilson, A., Kiviste, A., Korjus, H., Mihkelson, S., Etverk, I., Oja, T. Impact of recent and future climate change on Estonian forestry and adaptation tools. *Clim. Res.* 12, 205-214 (1999).

Uri, V., Lõhmus, K., Tullus, H. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecol. Management* 184, 1-3, 167-176 (2003).

Uri, V., Tullus, H., Lõhmus, K. Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica* 37, 3, 301-311 (2003).

EESTI KULTUURILOO JA FOLKLORISTIKA KESKUS

Juht dr Arvo Krikmann
Eesti Kirjandusmuuseum, Vanemuise 42, 51003 Tartu
Tel.+372 737 7744
Faks + 372 737 7706
kriku@folklore.ee
WWW: <http://kirmus.ee>, <http://haldjas.folklore.ee/>

UURIMISRÜHMAD

NÕUKOGUDE ÜHISKONNA KULTUURILOOLINE KONTEKST

Juht dr Sirje Olesk
EKM Eesti Kultuurilooline Arhiiv
Vanemuise 42, 51003 Tartu
Tel. +372 737 7722
sirje@kirmus.ee

RAHVAUSUND JA RAHVAJUTUD

Juht dr Mare Kõiva
EKM Folkloristika osakond
Vanemuise 42, 51003 Tartu
Tel. +372 737 7740
mare@folklore.ee

KESKUSE JUHTKOMITEE

Arvo Krikmann (Eesti Kirjandusmuuseum)
Krista Aru (Eesti Kirjandusmuuseum)
Cornelius Th. Hasselblatt (Groningeni Ülikool)
Pentti Leino (Helsingi Ülikool)
Seppo Knuuttila (Joensuu Ülikool)
Galit Hasan-Rokem (Heebrea Ülikool,
Jeruusaleml)
Wolfgang Mieder (Vermonti Ülikool)
Vilmos Voigt (Budapesti Ülikool)

EKFK loodi 2001. aastal ning selle põhieesmärk on kujuneda keskuseks, mis suudab tagada rahvusliku identiteedi olemasoluks ja ühiskondliku mälu püsimiseks, intellektuaalseks vabaduseks ja kultuuri täisväärtuslikuks arenguks olulise humanitaarteadusliku uurimistöö järjepidevuse ja transmissiooni. Põhieesmärgi täitmiseks kavandatavad vahendid on:

- Rahvusliku kultuuripärandi kommunikatiivsete artefaktide säilitus- ja kasutusstrateegia väljatöötamine.
- Humanitaarteadusliku infoühiskonna arengu soodustamine vastavalt teaduse ja ühiskonna vajadustele.
- Naaberriikide (Läti, Venemaa, Soome) tipp-teadlaste senisest aktiivsem integreerimine kultuuriruumide kokkupuutepunktide ja ühisosa (nii perioodide kui ka ühisjoonte) uurimisse.

RETOORIKA JA FRASEOLOOGIA TEOORIA

Juht dr Arvo Krikmann
EKM Folkloristika osakond
Vanemuise 42, 51003 Tartu
Tel. +372 737 7744
kriku@folklore.ee

POEETILINE JA MUUSIKALINE FOLKLOOR

Juht dr Triinu Ojamaa
EKM Etnomusikoloogia osakond
Vanemuise 42, 51003 Tartu
Tel. +372 737 7752
triinu@folklore.ee

- Interdistsiplinaarse teadussuhtluse arendamine, eelkõige ajaloolaste, sotsioloogide, majandusteadlaste, kunstiteadlastega.
- Vaimukultuuri edendamine ühiskonna teaduseetika ja väärtushinnangute kujundamiseks.
- Multilingvaalse humanitaarteadusliku multimeediakeskuse arendamine.

EKFK emaausutuseks on Eesti Kirjandusmuuseum, keskuse töösse on kaasatud ka väljapaistvaid humanitaare Tartu Ülikoolist, Eesti TA Underi ja Tuglase Kirjanduskeskusest, Eesti Muusikaakadeemiast ja Viljandi Kultuuriakadeemiast. Keskuse töös osaleb kokku u 40 täitjat, neist pooled on doktorikraadiga ja ¼ õpib doktorantuuris, peamiselt Tartu Ülikooli juures (EKM pole õppeasutus ega teosta seega ise kraadiõpet).

Keskuse töö on seotud 6 TKNi poolt sihtfinantseeritava teadusteemaga ja 15 ETFi grandiprojektiga. EKFK on saanud aastail 2001–2004 finantsilist tuge ka riiklikest programmidest "Eesti keel ja rahvuskultuur", "Eesti keel ja rahvuslik mälu" ning "Humanitaar- ja loodusteaduslikud kogud".

Eesti Kirjandusmuuseum pole pelgalt uurimis-asutus, vaid uurimisasutuse ja mitme rahvusarhiivi konglomeraat. Uurimistööd soodustab suuresti kolme fundamentaalse arhiivüksuse paiknemine samas majas.

Nendeks on:

ARHIIVRAAMATUKOGU, mille fondi suurus (seisuga 31. detsember 2003) on üle 808 400 arvestusüksuse – suure teadusliku väärtusega arhiivkogu, milles on pea täielikult esindatud vanem eesti- ja saksakeelne Eesti- ja Liivimaa ilmunud trükis;

EESTI KULTUURILOOLINE ARHIIV, mille põhifondis on üle 300 000 säilitusüksuse, nende hulgas käsikirja-, kunsti-, foto-, helilindi- ning filmikogu; EESTI RAHVALUULE ARHIIV, mille fondid kätkevad rohkem kui 5000 säilitusüksust käsikirju, pea 20 000 säilitusüksuse suurust fotokogu, fonoteeki ja videokogu.

On olemas tingimused konverentside, töökoo-solekute, näituste jm teadus- ja kultuuriürituste korraldamiseks. Uurimisteemad on kindlustatud kogenud abipersonaliga. Majas asub kolm võrguservert (Haldjas, Ohto ja Kirmus) ning olemasolev arvutipark on silmapaistvalt suur ja heal järjel.

2002. a märtsis evalveeris Eesti Kõrghariduse Akrediteerimise Keskuse poolt moodustatud rahvusvaheline komisjon EKM teadustegevust ja tunnustas selle tööd hindega "excellent".

EKM kuulub maailma kirjandusmuuseumi ühendavasse organisatsiooni, International Council of Literary Museums (ICLM), täites 358 liiget ühendava komitee kuueliikmelises nõukogus kirjandusmuuseumide vahelise teadustöö koordinaatori ülesandeid.

UNESCO programmi "Memory of the World" üheks Eesti-poolseks juhiks on Kirjandusmuuseumi Arhiivraamatukogu. Kirjandusmuuseumi rahvaluuleteadlased on aktiivselt tegevad rahvusvahelises folkloorivõrgustikus: *The Folklore Fellows, International Network of Folklorists* ja rahvusvaheline jutu-uurijate ühendus, *International Society for Folk Narrative Research* (ISFNR). Juhtivat osa etendavad EKM folkloristid Balti Folkloori Instituudi (*Baltic Institute of Folklore*) tegevuses. EKM etnomusikoloogid kuuluvad rahvusvahelisse muusikateadlaste ühingusse *International Council for Traditional Music* ja Euroopa muusikateadlaste ühingusse *European Seminar in Ethnomusicology*. EKM tippkeskuse koosseisus töötavad teadlased osalevad ka Rahvusvahelise Fennougristide Komitee, Rahvusvahelises Folkloorifestivalide ja Rahvakunsti Organisatsiooni (CIOFF), Euroopa Folkloori Instituudi, Rahvusvahelise Semiootikaseltsi jm rahvusvaheliselt oluliste erialaühenduste tegevuses.

Eesti Kirjandusmuuseumi senised tähtsamad uurimistulemused on välja kasvanud asutuse kui arhiivide ja uurimisüksuste ühenduse spetsiifikast. Juhtivad suunad EKM-i viimase kümnendi tegevuses, mis annavad eeldused ja orientatsiooni ka EKFK tegevusele, on olnud järgmised:

- Intensiivne tegevus digitaalse meedia ja andmebaaside alal: folkloristlike e-ajakirjade väljaandmine ja uurimuste digitaalne publitseerimine; folkloori, rahvamuusika ja kirjanduslooliste andmebaaside loomine, folkloori e-antoloogiate avaldamine, kirjanduslooline ERNI projekt; andmebaasid ELLEN, KLAABU, HERBA jt.
- Eesti rahvuskultuuris alustrajava allikapärandi publitseerimine tekstikriitiliste väljaannetena: O. W. Masingu kirjavahetus, S. H. Vestringi sõnaraamat, F. R. Faehlmanni teosed jm.
- Akadeemiliste folklooriväljaannete jätkuv avaldamine sarjas "Monumenta Estoniae Antiquae": vanasõnad ja mõistatused, regilaulud, muistendid.
- Aktiivne uurimistöö eesti jt rahvaste folkloori, rahvamuusika, usundi ja etnoloogia alal.
- Eesti kultuuri euroopaliku konteksti taastamine: väliseesti arhiivide kogumine EKLA-sse, olulisemate kirjavahetuste (nt I. Ivask – A. Oras) jm mittefiktsionaalse allikmaterjali (K. Ristikivi päevik) avaldamine kommenteeritud väljaannetena.
- Kirjanduslike institutsioonide ja rühmituste ajaloo uurimine nn tiheda kirjelduse meetodil.
- Rahva mittefiktsionaalse mäluainese kogumine, uurimine ja publitseerimine.

EKFK pakilisimad hetkeülesanded aastateks 2004 jj on:

- Rahvusvahelise koostöö edasine laiendamine ja tihendamine, eelkõige: bibliograafia "Internationale Volkskundliche Bibliographie – Internationale Folklore Bibliography – Bibliographie Internationale d'Ethnologie" (SIEF) koostamine ja toimetamine, mis aastast 2002 on Kirjandusmuuseumi õlul (peatoimetaja K.-M. Rooleid); nõukogude perioodi kultuuriideoloogia ja toimemehhanismide uurijate koostöövõrgustiku loomine (koostööpartnerid: A. Ahmatova Uurimiskeskus Peterburis, Lev Tolstoi Memoriaalkompleks Jasnaja Poljanas, H. Heine Instituut Düsseldorfis, Balzaci-nimeline Uurimiskeskus Pariisis jt); rahvusvahelise Siberi-keskse kultuurantropoloogia konverentsi "Generation P" korraldamine 8.–10. oktoobril 2004 (koos-

töös Max Plancki Sotsiaalanthropoloogia Instituudiga); projekti "Music, National Identity, Ethnicity and Cultural Diversity in Europe" (partner Tampere Ülikool) edasiarendamine koostöös Leedu Muusikaakadeemia ja Läti Muusikaakadeemiaga; läänemeresoome vanasõnaprojekti "Proverbia septentrionalia" lõpuleviimine koostöös Soome Kirjanduse Seltsi ja Joensuu Ülikooliga.

- Senisest veelgi intensiivsem tegevus kultuuriväärtuste digiteerimise alal ja lülitumine vastavasse rahvusvahelistesse projektidesse: eelkõige keskkonna loomine kultuuriväärtuslike humanitaarteaduslike kogude kättesaadavaks tegemiseks rahvusvahelisele uurijaskonnale vastavalt Euroopa Liidu *eEurope 2002 Action Plan (2002)* raames sätestatud printsiipidele; kogude digiteerimiseks, kogumiseks, säilitamiseks ja kasutamiseks vajaliku tehnika soetamine; osalus digitaalse info esitamise normide ja standardite väljatöötamisel, kontekstiuuringute läbiviimisel ja metaandmete süsteemi rakendamisel. Ühtlasi on vajalik jälgida, et digitaalse informatsiooni taustuuringute rõhuasetused ja kättesaadavusastmed vastaksid Eesti haridussüsteemi vajadustele ja nõudlusele. Tingimata vajalik on ka runo- ja regilaulude digiteerimise megaprojekti jätkamine koostöös Soome Kirjanduse Seltsiga.

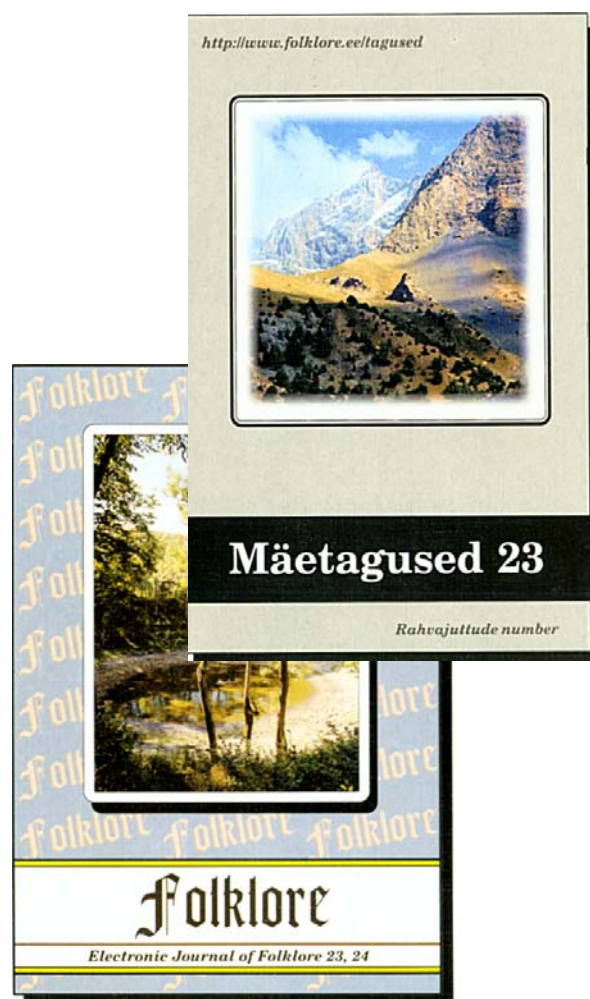
EKFK tööühmad ja välisliikmed on olnud perioodil 2001–2004 juhtivalt tegevad mitmete Eestis toimunud rahvusvaheliste teadusürituste korraldamisel. Neist olulisemad on olnud:

- rahvusvaheline Oskar Looritsale pühendatud konverents "Popular Religion and Folklore at the Turn of Millennium: Contemporary Research Methods" 9.–12. novembril 2000 Tartus;
- rahvusvaheline sümpoosium "Sturm und Drang in Livonia. Patterns of riot – Der Sturm und Drang in Livland: Rebellionsmuster im Leben und in der Dichtung. J. M. R. Lenz 250 – K. J. Peterson 200" 7.–9. septembril 2001 Tartus;
- "Sacred and Profane in the Dialogue of Cultures: Ritual and Generic Aspects" 18.–19. aprillil 2002 Tartus;
- üleeuroopaline konverents "Cultural Context from the Archaeoastronomical Data and the Echoes of Cosmic Catastrophic Events" 27.–30. augustil 2002 Tartus, Vilustes ja Tõraveres;
- "Eros and Language: The Rhetorical Patterns of Translatability and Understanding" 31. maist 2. juunini 2002 Käsmus;

- rahvusvaheline seminar "Popular Religion in Multiethnic and Multiconfessional Environment" 6.–7. detsembril 2002 Tartus;
- teine rahvusvaheline baltisaksa kirjakuultuuri sümpoosium "Hier ist woanders: Das baltische Welterlebnis der Keyserlings" 18.–21. septembril 2003 Tallinnas ja Tartus.

Silmapaistvalt tegus on olnud EKM folkloristika osakonna ning keskuse välisliikmete J. ja R. Unduski (UTKK) roll rahvusvaheliste teadusürituste korraldamisel.

1996. aastast antakse välja kaht eelretsenseeritavat folkloristlikku e-ajakirja – ingliskeelset "Folklore: Electronic Journal of Folklore" (<http://www.folklore.ee/folklore>) ja eestikeelset "Mäetagused" (<http://www.folklore.ee/tagused>). Nende autorkond on rahvusvaheline, organisatoorne ja rahaline egiid ning toimetustöö on olnud põhiliselt EKM folkloristika osakonna kanda.





Lisaks tööruhmade tasandil tehtavale on kavandatud ka ühe laiemal uurimisteema ümber koondatud humanitaarse integratsiooni katse. Selleks teemaks on valitud kultuuri suhted ühiskonna, võimu ja riigiga, eriti kultuuri toimimine totalitaristlike režiimide tingimustes. Neil teemadel on korraldatud mitmeid konverentse ja seminare, põhitulemid avaldatakse aga aastast 2003 alates nn punaste aasta- raamatutena: "Võim ja kultuur" (2003), "Netinalju Stalinist" (2004), "Kohanevad tekstid" (koostamisel, ilmub 2005).

NÕUKOGUDE ÜHISKONNA KULTUURILOOLINE KONTEKST

Töörühma kuuluvad Eesti Kultuuriloolise Arhiivi teemajuhid ja teadurid, kelle uurimistööl on seotud nimetatud perioodiga. Lisaks on teemasse kaasatud Eesti Rahvaluule Arhiivi teadureid ning välisliikmeid Tartu Ülikooli eesti kirjanduse õpetoolist.

Eesti kultuuriloo uurimisel on lähiminevik – nõukogude aeg – periood, mille mõistmisel on viljakas kasutada uusajaloolise meetodi pakutavat kompleksust. Eeldused teema uurimiseks Eesti Kirjandusmuuseumi arhiivide baasil on soodsad, kuna lisaks kirjanike ja kultuuritegelaste personaalkogudele on siin mitmete institutsioonide materjalid (ENSV Kirjanike Liidu ja selle Tartu osakonna arhiiv, "Loomingu" arhiiv, kirjastuse "Eesti Raamat" arhiiv, ajalehe "Edasi" kirjanduslik arhiiv jm), Eesti elulugude kogu ning Eesti Rahvaluule Arhiivis suulise pärimuse kogu.

UURIMISTÖÖ EESMÄRGID

- Anda nn tihe kirjeldus protsessidest ja vahenditest, millega nõukogude kord sisestati ühiskonda ja kuidas kujundati "nõukogulikkultuuri".
- Uurida nõukogulike ideoloogiliste stereotüüpide kujunemist ja püsimist 20. sajandi teise poole Eestis.
- Selgitada võimalikke vastandumisi nõukogude võimu poolt kehtestatavatele paradigmadele eesti folklooris ja pagulaskirjanduses.

TÖÖVORMID

- Integreerimaks ajaloolaste, kultuuriloolaste, kirjandus- ja kunstiteadlaste eraldiseisvaid uurimusi nõukogude aja eri perioodide ja aspektide kohta valisime märksõnaks verbi "kohanema", küsides: Kuidas loojad, kuidas ametnikud jm täideviijad, kuidas inimesed üldse kohanesid järsult muutunud ühiskondliku olemisega? Millised olid võimalikud kohanemisstrateegiad? Missuguseid mõõndusi tegi võim erinevatel aegadel, missuguseid mõõndusi tegi kultuuriintelligents? Kuidas väljendus uue võimu iseloom loodavates teostes erinevatel perioodidel? Neile küsimustele vastamiseks korraldati aastatel 2001–2002 asutustevaheline konverentside sari "Kohandumise märgid" (sanimeline kogumik 2002) ja "Kohanevad tekstid" aastatel 2003–2004 (sellegi materjalid avaldatakse kogumikuna). Lisaks on antud perioodi käsitletud iga-aastatel Kreutzwaldi päevadel ja selle ajastu kirjanikele (J. Kaplinski, P.-E. Rummo, E. Mihkelson) pühendatud seminaridel.
- On eraldi tegeldud perioodi materjalide lisakogumisega arhiivi ning publitseeritud kõige ilmekamaid tekste (nt Karl Ristikivi kirjad 1938–1971; Bernard Kangro ja Gustav Suitsu kirjavahetus 1944–1955; Mart Lepiku "Kirjad üle mere").

- On asutatud uurimustesari "EKLA töid kirjandusest ja kultuuriloost", milles on ilmunud seni kaks raamatut (2002 ja 2004).

PÕHILISED UURIMISVALDKONNAD JA TEEMAD

- Eesti kirjanduse krestomaatiliste autorite (Kreutzwald, Faehlmann jne) ja teoste ("Kalevipoeg" jm) retseptiooni võrdlev uurimine läbi kirjandusloot, eriti aga nende käsitlemise eripära nõukogude perioodil. Eesti kirjandusklassika "kohandamise" erinevad strateegiad: missugused on olnud otsesed moonutused ja mahavaikimised, missugused eri aegadel ideoloogilised rõhuasetused jne. Seoses Kreutzwaldi aastaga (2003) vaadati uuesti läbi klassiku uurimise ajalugu ning muutused 19. sajandi alustekstide retseptioonis läbi 20. sajandi.
- ENSV kultuurilooliste institutsioonide ajalugu: Eesti Kirjanike Liidu sovetiseerimine, EKP VIII pleenumi järelmid eesti kirjanikkonna jaoks, Eesti Kirjandusmuuseumi ajalugu 20. sajandi II poolel, Eesti Kunstnike Liidus ja muudes organisatsioonides toimunud puhastused jm ümberkorraldused.
- Nõukogude Eesti kirjanike suhtlemine pagulastega: selle iseloom erinevatel perioodidel; mittefiktsionaalses materjalis (päevikud, kirjavahetused) kajastuva suhtlemispraktika analüüs; ENSV ametnike tegevus suhtlemise kontrollimisel ja juhtimisel; Eesti intelligentsi välissuhted, eriti suhted soomlastega.
- Soo-uurimuslikud aspektid, eriti loovate nais-te spetsiifilised probleemid (nt E. Annuki doktoritöö raames valmivad uued käsitlused naiskirjanikest ENSVs).
- Eesti elulugude kogu täiendamine: 2001. aastal korraldati koostöös ühendusega "Eesti Elulood" võistlus "Minu ja minu lähedaste elu ENSVs ja Eesti Vabariigis"; 2004. aastal lõppes võistlus "Elu saksa ajal". Jätkub asjaomase ainese publitseerimine ja uurimine.
- Eesti rahvapärilise nõukogude aja kohta, nn *oral history* ja selle erinevad vormid: M. Hiimäe uurimused rahvakalendri tähtpäevade märkimisest nõukogude aastatel, nt jõulude pühitsemisest.

RAHVUSVAHELINE KOOSTÖÖ

Koostöös saksa ajaloolastega on uuritud eesti intelligentsi käitumist Molotov-Ribbentropi pakti kehtivuse aastatel (konverents Flensburgis 2002, selle publikatsioon ettevalmistamisel). On osaletud paljudel semiootikute rahvusvahelistel konverentsidel, sh Imatra suvekoolis. Koostöös Soome Kirjanduse Seltsi ja/või Turu Ülikooliga on korraldatud eesti kirjandust tutvustavaid seminare Soomes (2000, 2003) ning naiskirjutamise teemaline seminar Tartus (2002). Koos-



M. Lauristin, R. Hinrikus ja T. Anepaio Eluloopäeval 19.03.2004.

töös Tartu Ülikooliga korraldati Kirjandusmuuseumis rahvusvaheline naiste elulugusid käsitlev seminar (2002), mille materjalid publitseeriti raamatus "She Who Remembers Survives" (2004). Koostöös Toronto Ülikooli eesti õpetooliga on uuritud elulugusid ning lähiminekliku mittefiktsionaalseid tekste. 2004. aasta juunis toimub järjekordne AABSi seminar Torontos, mille korraldamisel on osalenud ka uurimisrühma teadurid.

PUBLIKATSIOONE

RAAMATUD

Hinrikus, R. (koost.) Eesti elulood III, Elu Eesti NSVs, EKM ja Tänapäev, Tallinn (2003).

Krikmann, A., Olesk, S. (koost.) Võim ja kultuur. EKM, EKFK, Tartu (2003).

Olesk, S. Tõdede vankuval müüril: Artikleid ajast ja luulest. EKLA töid kirjandusest ja kultuuriloost 1. EKM, Tartu (2002).

ARTIKLID

Aru, K. Adaptation to the New Reality. Panorama européen des lieux littéraires. Bourges: Fédération des maisons d'écrivains & des patrimoines littéraires, 13–14 (2002).

Aru, K. Eesti ajakirjandus aastatel 1766–1940. Die estnische Presse in der Jahren 1766–1940. The Press in Estonia between 1766–1940. Eestikeelne ajakirjandus 1766–1940. Tallinn: Eesti Akadeemiline Raamatukogu, 20–122 (2002) (Eesti retrospektiivne rahvusbibliograafia; IV).

Hinrikus, R. Deportation, Siberia, Suffering, Love. Kirss, T., Kõressaar, E., Lauristin, M. (Eds.) She who Remembers Survives: Interpreting Estonian Women's Post-Soviet Life Stories. Tartu: Tartu University Press, 62–77 (2004).

Kuutma, K. Collaborative Ethnography Before Its Time: Johan Turi and Emilie Demant Hatt. The People of Eight Seasons: The Sami and

Their Changing Culture. Scandinavian Studies 75 (2), 165–180 (2003).

Kuutma, K. Creating a Seto Epic. Oral Tradition 19/1, 92–137 (2004).

Olesk, S. "Eestin Runottaren" aika. Ajan taju: Kirjoituksia kansanperinteestä ja kirjallisuudesta. Helsinki: SKS, 194–204 (2001).

Olesk, S. Nykypäivän runous ja historiallinen kaanon. Modernismi ja postmodernismi virolaisen tapaan. Viron kirjallisuus vuosituuhannen vaihteessa: Postmodernia ja modernia. Helsinki: SKS, 9–64 (2003).

Sarapik, V. _topias and Islands. Sarapik, V., Tüür, K. (Eds.) Koht ja paik. Place and Location. Studies in Environmental Aesthetics and Semiotics III. Tallinn, 107–128 (2003).

Veidemann, R. The formation of the Estonian nation from the semiotic aspect. Interlitteraria 5, Tartu, 87–101 (2000).

Veidemann, R. Hajoaako kirjallisuuden käsite? – Viron kirjallisuus vuosituuhannen vaihteessa: Postmodernia ja modernia. Helsinki: SKS, 23–33 (2003).

RAHVAUSUND JA RAHVAJUTUD

Põhiosa töörühmast moodustavad EKM folkloristika osakonna teadurid. Välisliikmete jt püsivate koostööpartnerite hulgas on folkloriste, filosoofe ja teolooge Tartu Ülikoolist, Tallinna Pedagoogikaülikoolist ja Viljandi Kultuuriakadeemiast.

Mooduli eesmärk on uurida rahvausundi ja narratiivide aktuaalseid probleeme, sh käsitleda müüte ja virtuaalses keskkonnas levivat pärimust, nende funktsioone, toimimisviise ja levikustrateegiaid. Uurimistöö on seotud eeskätt sotsialistlikul ja postsotsialistlikul perioodil aset leidnud protsesside ja muutustega ning keskendub võtmeisikutele, jälgides nende suhestumist varasemate kinnisstereotüüpide ja mudelitega. Seoses Eesti sisenemisega Euroopa Liitu jälgitakse globaalsete transnatsionaalsete nähtuste levimist ja sobitumist kohalikku kultuuriruumi, samuti etnilise identiteedi väljendusviise.

Lisaks e-ajakirjadele "Folklore" ja "Mäetagused" (vt neist lähemalt selle ülevaate preambulas) publitseeritakse seeriaväljaannet "Sator. Artikleid usundi- ja kombeloo" ja kakskeelset seeriat "Tänapäeva folkloorist/Contemporary Folklore".

TÖÖVORMID

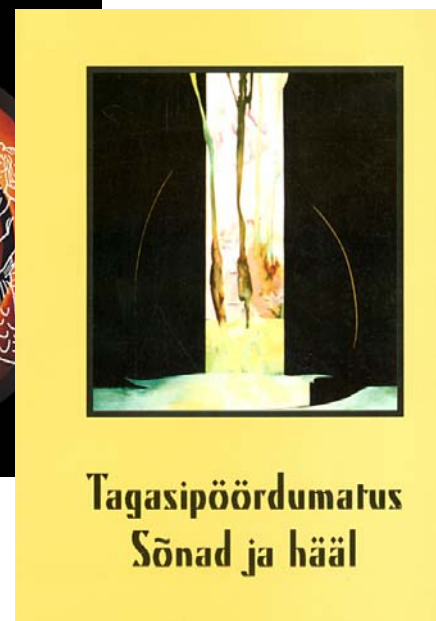
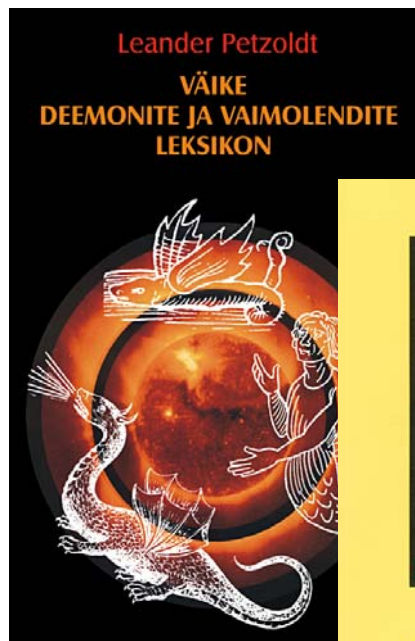
Kaasaega kajastava uurimisainese leidmiseks korraldatakse igal aastal mitmeid valikvastustega ja avatud intervjuusid nii juhu- kui ka määratud valimiga. Regulaarselt peetakse usundi- ja narratiiviteoreetilisi nädalaseminare, neil arutletud tööde tõlkeid vahendab lehekülg <http://www.folklore.ee/seminar>. Kevadeti toimuvad traditsioonilised usundiseminarid. Tavaks on korraldada interdistsiplinaarseid temaatilisi ümarlaudu ja konverentse. Lisaks preambulas mainitud rahvusvaheliste teadusüritustele on korraldatud mitmeid folkloristlikke ja interdistsiplinaarseid temaatilisi konverentse, seminare, ümarlaudu Eestis, sh rakenduslikke e-konverentse ja -õppusi (nt "Dialogo privaatse ja avaliku elu vahel" 2002).

PÕHILISED UURIMISVALDKONNAD JA -TEEMAD

- Müüdi ajalooliste ja tänapäevaste väljundite ning koosluse analüüs. Jälgitakse müüdi peegeldumist narratiivides, elavale müüdile iseloomuliku koestiku jätkumist kaasaegses kultuuris ja rahvapärimuses. Tänapäeva müüdile on tunnuslik narratiivse aspekti kestvus ja avaldumine näiteks filmiseriaali-

lides, koomiksites, kriminullides ja muudes massikultuuri väljundites. Selle kõrval analüüsitakse isikudentiteedi ja rahvusideoloogiaga seotud müüdi tunnetusliku ja seletava külje järjepidevust, ka müüdi kui moonutuse reflekteerumist pseudomütoloogias. Uue suunana vaadeldakse müütide suhteid stereotüüpide ja põhiliste emotsioonidega, nagu hirm ja häbi. Ajaloolise müüdi uuringud keskenduvad võrdlevale mütoloogiale, sh etnokosmoloogia ja läänemeresoome mütoloogiliste olendite situatsioonianalüüsist lähtuvatele karakteristikatele.

- Pärimuse rituaalsed institutsioonid multikultuurses keskkonnas. Uurimistö eesmärgiks on välja selgitada, kuidas kujundatakse ja modifitseeritakse rituaalseid institutsioone, kuidas need omakorda edastavad oma ideid multikultuurses meediast mõjutatud keskkonnas. Vaadeldakse šamaanirituaale ja šamanistlikku pärimust, meediumide ja prohvetite ümber koonduvaid rühmitusi ning nende tegevust, perekondlikke ja usulisi riitusi. Käsitletakse põlluharimise, karjanduse, küttimise ja kalapüügi seotud rituaalseid toiminguid, sotsiaalseid ja omandisuhteid ning strateegiaid, eeskätt Euroopa ja Siberi väikerahvaste juures. Võimaluste piires jälgitakse ja interpreteeritakse taaselustatud rahvuslikke liikumisi.
- Narratiivuuringud. Analüüsitakse praegu väga intensiivselt arenevate narratiivuuringute hetkeseisu maailmas, tegeldakse klassikalise muistendipärimuse seaduspärasuste ja isikukogemusjuttude uurimisega (sh spontaanne jutustamine, narratiivide omavahelised poeetilised ja struktuurilised suhted, suulise ajaloo väljendumine narratiivis, fiktsioonid *versus* tõsielujutud, piiri- ja riskirühmade narratiivid). Eraldi vaadeldakse mütoloogiliste ja ajalooliste motiivide ning kontekstuaalsete seikade proportsioone juttudes ja jutustaja rolli jutu kujundajana.
- Virtuaalsed kogukonnad ja nende pärimustase. Üheks peamiseks uurimisaspektiks on väikeste rahvaste enesekehtestamise strateegiad ja selle väljendamine uues meedias (paikkondliku ja perekultuuri manifestatsioonid). Teiseks analüüsitakse multimeedia keskkonnas levivat küberfolkloori (paroolid, virtuaalsed kaardid, uskumused) ja -filosofiat ning seal leviva klassikalise folkloori suundumusi. Lähemalt analüüsitakse kolme Eesti virtuaalset kogukonda koos spetsiifiliste väljendusvõtete, reaalse ja virtuaalse suhtlemise vahetõrgete, folkloori ja keelekasutusega. Käsitletakse interneti vahendusel moodustuvaid rühmitusi ja nende ühistegevust (nt peidetud aarete otsimine).



RAHVUSVAHELINE KOOSTÖÖ

Tehakse kaastööd rahvusvahelistele bibliograafilistele väljaannetele "Internationale Volkskundliche Bibliographie – International Folklore Bibliography – Bibliographie Internationale d'Ethnologie" ja "Demos".

Osaletakse järgmistes rahvusvahelistes projektides: "Mythologia Uralica" (Venemaa, Soome, Ungari, Eesti ühisprojekt mütoloogialeksikonide koostamiseks); Eesti-Soome ühisprojekt "Epics Around the Baltic Sea"; Eesti-Islandi-Saksamaa ühisprojekt "Sagas and Societies"; Põhjamaade-Eesti ühisprojekt "Masks and Mummies in the Nordic Countries" (2001–2003); Ulsteri Ülikooli ja Dublini Ülikooli projekt "Mumming in Cross-Border and Cross-Community Contexts" (2002–2003).

Siberi-uuringute alal tehakse koostööd Max Plancki Sotsiaalanthropoloogia Instituudiga (Halle, Saksamaa). Koostööpartneriteks on ka Slovakkia ja Sloveenia Teaduste Akadeemia folkloori ja etnoloogia institutsioonid, soome-ugri rahvaste uurimiskeskused ja organisatsioonid.

Osaletakse Folklore Fellows'i võrgustiku, rahvusvahelise jutu-uurijate seltsi (ISFNR) ja rahvusvahelise folkloristide ja etnoloogide seltsi (SIEF) töös. EKM folkloristika osakonnal on olulisi teeni selles, et ISFNR määras oma 14. maailmakongressi (2005) toimumiskohaks Tartu.

PUBLIKATSIOONE

RAAMATUD

Jaago, T., Kõiva, M., Kärnsa, K. Lives, histories and identities: Studies on oral histories, life- and family stories. I–III. University of Tartu, Estonian Literary Museum, Tartu (2002).

Kõiva, M. (toim.) Meedia. Folkloor. Mütoloogia. (Tänapäeva folkloorist 3). EKM, Tartu (2000).

Lintrop, A. Udmurdi usund. ERM, Tartu (2003).

Petzoldt, L., Hiimäe, R. Väike deemonite ja vaimolendite leksikon. EKM, Tartu (2003).

Salve, K., Kõiva, M., Tedre, Ü. (toim.) Tagasi-pöördumatus: sõnad ja hää. EKM, Tartu (2000).

ARTIKLID

Hiimäe, R. Kollektiivsete hirmudega toimetulekust rahvapärimeses. Sator 3. Artikleid usundi- ja kombeloo. EKM, Tartu, 180–194 (2003).

Kõiva, M. Elektrooniliste publikatsioonide liikidest ja probleemidest. Keel ja Kirjandus 5, 305–319 (2002).

Kõiva, M. The Big Snowstorm I. The Spreading of Personal Experience stories about Soviet Estonia among Estonians in Sweden 98. Folklore: An Electronical Journal of Folklore 21, 98–138 (2002).

Kõiva, M., Vesik, L. Data bases and E-publications. Estonian Folkloristics Today. Europäische Ethnologien im neuen Millennium. Ost-europäische Ethnologien auf neuen Wegen. Abschied vom Referatenorgan DEMOS. Thelem, 161–182 (2002).

Salve, K. Vepsernes nationale identitet. Tundraens og tajgaens folk. København, 95–103 (2002).

Ventsel, A., Stammler, F. Between Neo-Liberalism and Dirigisme: Approaches to Reindeer Herding in Yamal and Sakha. Hann, C., and the "Property Relations" Group (Eds.) The Post-socialist Agrarian Question. Property Relations and the Rural Condition. I. Halle Studies in the Anthropology of Eurasia. LIT Verlag, Münster, 321–363 (2003).

RETOORIKA JA FRASEOLOOGIA TEOORIA

Töörühm koosneb peamiselt Eesti Kirjandusmuuseumi folkloristidest ja fraseoloogidest, peale nende osaleb välisliikmetena retoorikateemade uurijaid UTKKst (J. ja R. Undusk jt). 2003. aastal käivitati sariväljaanne "Reetor", kus hakatakse avaldama töid folkloori lühivormide (mõistatused, vanasõnad, kõnekäänud), fraseoloogia, retoorika ja kujundkõneteooria ning rahvahuumori ja huumoriteooria alalt.

UURIMISTÖÖ PÕHISUUNAD

- Eesti folkloori lühižanride akadeemiliste publikatsioonide üllitamine, eelkõige sarjas "Monumenta Estoniae Antiquae". Lisaks varem (1980–1988) ilmunud 5-köitelisele väljaandele "Eesti vanasõnad" on aastail 2001–2002 avaldatud eesti mõistatuste 3-köitelise väljaande kaks põhiköidet (vt publikatsioonide nimistu), 3. köide, mis sisaldab teaduslikke ülevaateid eesti mõistatuste kogumis- ja avaldamisloost, sisulistest, vormilistest ja funktsionaalsetest aspektidest, geograafilisest levikust, samuti eesti mõistatuste paralleele läänemeresoome, balti, slaavi ja germaani naaberrahvaste ainesega ning muud lisateavet, ilmub 2005. aastal. Publikatsiooni aluseks on eesti mõistatuste täielik andme-

baas, mis sisaldab tüpoloogiliselt korraldatuna kõik seni üleskirjutatud rahvaehtsad mõistatustekstid koos nende juurde kuuluvate lisaandmete (vastused, üleskirjutamise aeg ja koht, üleskirjutaja, allikaviide, viited kontaminatsioonidele teiste mõistatustega jne) ning statistikaga. Väljaande pabervariant on toodetud selle andmebaasi põhjal *ad hoc* selleks loodud tarkvaraliste vahendite abil. Järgmisena ja viimasena on kavas analoogilise "Monumenta"-sarja väljaande koostamine eesti kõnekäänude ja fraseologismide kohta (vt sellest lähemalt jrgm alapunkt).

- Folkloori lühižanride uurimine. Asta Õimu juhitud töörühm on rajanud eesti kõnekäänude ja fraseologismide täieliku andmebaasi ja selle juurde kuuluva kasutajaliidese; edaspidi luuakse ka tarkvaralised vahendid mõistatuste väljaandega analoogilise akadeemilise paberpublikatsiooni käsikirja tootmiseks (vrd eelnevas p 1). See andmebaas lubab oluliselt kiirendada ja tõhustada fraseoloogia-alast uurimistööd, mille senisteks põhisuundadeks on olnud: rahvapäraste võrdluste kujundisemantika ja struktuur; kõnekäänude jt fraseoloogiliste püsiühendite alali-

gid; konkreetsete teemaväljade ja mõisteklastrite esindatus fraseoloogias; fraseoloogilisi korpusi ja andmebaase teenindava tarkvara arendamise probleemid.

- Parömioloogia alal on viimaste aastate peamiseks teemakeskmeteks olnud vanasõnade struktuuritasandite (süntaks–modaliteedid–kujund) suhted ja kujundkõnelised aspektid, eriti loomkujunditega ütlustes. Teoksil on pikemad monograafilised uurimused loomavanasõnade tüpoloogia ja metafoorika ning eesti mõistatuste kogumise ja publitseerimise ajaloo kohta.
- Retoorika ja kujundkõneteooria. Siin on uurimistöö jagunenud kahte allsuunda. Üks neist on kultuuris toimivate suurte keelekasutusvaldkondade e diskursside loogilise ja ideoloogilise ülesehituse ning nende ajaloolise muutumise analüüs, mida viljelevad pms EKFK välisliikmed J. Undusk ja E. Annus (UTKK). Töö üks eesmärgid on klassikalises retoorikas väljakujunenud või uusretoorikas tarvitusele võetud mõistete (nt sünekdooh, topos, oksüümoron, anžambmaan e siire jt) rakendamine tänapäevases kultuuritüpoloogilises vaatluses ja intertekstuaalses analüüsis. Vaatlusobjektideks on kirjandus, teater, ajalookirjutus, religioosne ja filosoofiline kirjasõna pms 18.–20. sajandi eesti ja baltisaksa, kuid ka ajalisel laiemas Euroopa ruumis. Teine allsuund haarab (eelkõige kaasaegses kognitiivses) lingvistikas ja psühholoogias arendatud kujundkõneteooriate analüüsi ja kriitikat ning nende rakendusvõimalusi fraseoloogilise ja paröömilise kujundkõne uurimisel (vrd ka eelm p). A. Krikmann on avaldanud neil teemadel uurimusi ning lugenud ütluste semantika ja kujundkõneteooria kursusi Tartu Ülikoolis. Tehakse jõupingutusi retoorika ja kujundkõne kognitiivsete ning kirjandus- ja kultuuriteoreetiliste vaatekohtade integreerimiseks.
- Kaasaegne rahvahuumor ja huumoriteooria. Põhiallikatena kasutatakse eesti folkloori-arhiivi talletatud vanemasse naljandikihti kuuluvaid tekste kui ka internetis leiduvat kaasaegset mitmekeelset naljaainest. On rajatud eesti veebinaljade andmebaas (u 40 000 teksti koos nende juurde kuuluva lisateabega). Konkreetsemalt uuritavad teemad on: etnilised naljad Eestis ja rahvusvaheliselt; Stalini-teemaline ja muu poliitiline huumor endises NSV Liidus ja sotsialismi-maailmas; huumoruurimise tänapäevased suunad ja huumoriteooriate (eriti inkongruentsiteooria) kaasaegsed arengud; klassikaliste rahvanaljandite tüpoloogia; vanema puändita naljandi ja uuema puändiga anekdoodi struktuurilised erinevused.



RAHVUSVAHELISED KONTAKTID

Koostöös Soome Kirjanduse Seltsi ja Joensuu Ülikooliga on ette valmistatud läänemeresoome rahvaste ühisvanasõnade väljaande jätkuköited (väljaande 1. köide "Proverbia septentrionalia", Soome-Eesti ühisprojekti vahetulem, ilmus aastal 1985 FFC-sarja 236. numbrina). Töörühma liikmed on esinenud Leedu Kirjanduse ja Folkloori Instituudi korraldatud parömioloogia-alastel rahvusvahelistel konverentsidel (2001 ja 2004) ning *International Society for Humor Studies* aastakonverentsidel (2002 Itaalias ja 2004 Prantsusmaal). A. Krikmann on Vermonti Ülikooli poolt Wolfgang Miederi toimetusel väljaantava aastaraamatu "Proverbum: Yearbook of International Proverb Scholarship" toimetuskolleegiumi liige ning pidanud folkloori- ja keelealaseid loengutsükleid Joensuu ja Turu ülikoolides. Eriti tihedad koostöösuhted on J. Unduskil (UTKK) paljude Euroopa uurimisasutustega (Ungari TA Kirjandusuuringute Instituut, Stockholmi Ülikool, Herderi Instituut Marpurgis, J. W. Goethe Ülikool Maini-äärses Frankfurtis jm), ta on ka paljude välisstipendiumide laureaat.

PUBLIKATSIOONE

RAAMATUD

Hussar, A., Krikmann, A., Saukas, R., Voolaid, R. (koost.) Eesti mõistatused (Monumenta Estoniae Antiquae IV: Aenigmata Estonica), I–II. Eesti Keele Sihtasutus, Tartu (2001–2002).

Krikmann, A. Netinalju Stalinist – Интернет-анекдоты о Сталине – Internet Humour about Stalin. EKM, EFKA, Tartu (2004).

Uurimusi folkloori lühivormidest. Toim. A. Krikmann. Reetor 1. EKM, EKFK, Tartu (2003).

Õim, A. Fraseoloogiasõnaraamat. Teine, täiendatud ja parandatud trükk. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn (2000).

Õim, K. Võrdluste struktuurist ja kujundisemantikast. Reetor 2. EKM, EKFK, Tartu (2003).

ARTIKLID

Krikmann, Arvo. Вклад современной теории метафоры в паремологию. Tautosakos darbai XV(XXII) [Folklore studies XV(XXII)], 17–92 (2001).

Krikmann, A. Proverbs on Animal Identity: Typological Memoirs. – Folklore: An Electronical Journal of Folklore 17, 7–84 (2001).

Laineste, L. Suunad huumori uurimises. Keel ja Kirjandus 11, 793–804 (2003).

Undusk, J. Estnisch als Göttersprache Aspekte der Sprachverehrung. Finno-Ugrians and Indo-Europeans: Linguistic and Literary Contacts. Proc. of the Symposium at the Groningen University, November 22–24, 2001. Shaker, Maastricht, 370–392 (2002).

Undusk, J. Oxymoron als Profanation des Heiligen: Zu Thomas Bernhard. Interlitteraria 7, 365–379 (2002).

Undusk, J. Retooriline sund eesti nõukogude ajalookirjutuses. Võim ja kultuur. EKM, EKFK, Tartu, 41–68 (2003).

POEETILINE JA MUUSIKALINE FOLKLOOR

Uurimisgrupp ühendab Eesti Kirjandusmuuseumi, Tartu Ülikooli ja Eesti Muusikaakadeemia teadlasi ja õppejõude, kel on teaduskraadid erinevatel erialadel (muusikateadus, psühholoogia, lingvistika, folkloristika). See võimaldab rakendada muusika uurimisel erinevaid meetodeid (lisaks tavapärasele muusikaanalüüsile ka nt sotsioloogilisi, kognitiivseid, akustilisi, lingvistilisi) ning koondada ühte meloodia, teksti ja konteksti uurimise.

KUIDAS UURIMISGRUPP FUNKTSIONEERIB?

VÄLITÖÖDEL KOGUTUD AUDIOVISUAALNE
MUUSIKALINE AINES ARHIVEERITAKSE



VAJADUSEL SALVESTUSED RESTAUREERITAKSE



AINES SUUNDUB UURIJATE KASUTUSSE



AINEST ANALÜÜSITAKSE, KOMMENTEERITAKSE,
VALMISTATAKSE ETTE AVALDAMISEKS



TULEM:
PUBLIKATSIOONID,
ETTEKANDED, LOENGUD



ADRESSAAT A:
(teadlaskond)



ADRESSAAT B:
(kultuurihuviline üldsus)

→ üliõpilased ←

Etnomusikoloogia-alane uurimistöö on tehnika- ja tarkvaramahukas esimesest etapist kuni viimaseni. Välitöödel kasutatakse digitaalset salvestusaparatuuri. Arhiveerimine toimub programmi *SAWPro* abil. Varasem materjal, alates 20. sajandi algupoolelt pärit vaharullidest, digi-

teeritakse ning restaureeritakse (kasutusel programmid *Cool Edit* ja *Virtos Denoiser*).

UURIMISTULEMUSTE ADRESSAADID

Üks osa uurimistöö tulemist on orienteeritud erialaspetsialistidele. Teine ja mahukam osa on huvipakkuv ka laiemale üldsusele, kuna uurimisgrupp tegeleb üldkultuuriliste probleemidega. Kahe adressaadigrupi vahelüli moodustavad üliõpilased kui teadlaskonna potentsiaalne järelkasv. Meie uurimused leiavad kasutamist nt Tartu Ülikooli, Eesti Muusikaakadeemia, H. Elleri nimelise Tartu Muusikakooli ning Viljandi Kultuuriakadeemia õppetöös, samuti välismaa õppeasutustes.

TEADUSTÖÖ PÕHIKÜSIMUSED

✓ Milline on pärimusmuusika roll rahvusliku identiteedi säilitajana ning kas tänapäevases pärimusmuusikas ilmneb globaliseerumisest tulenevaid identiteedinihkeid?

✓ Kuidas pärimusmuusika aktiivne viljeleja ja/või tarbija ühelt ning uurija teiselt poolt tajuvad ning määratlevad muusikas ja selle kasutuses toimuvaid muutusi?

UURIMISTÖÖ TULEMID JA VÄLJUNDID

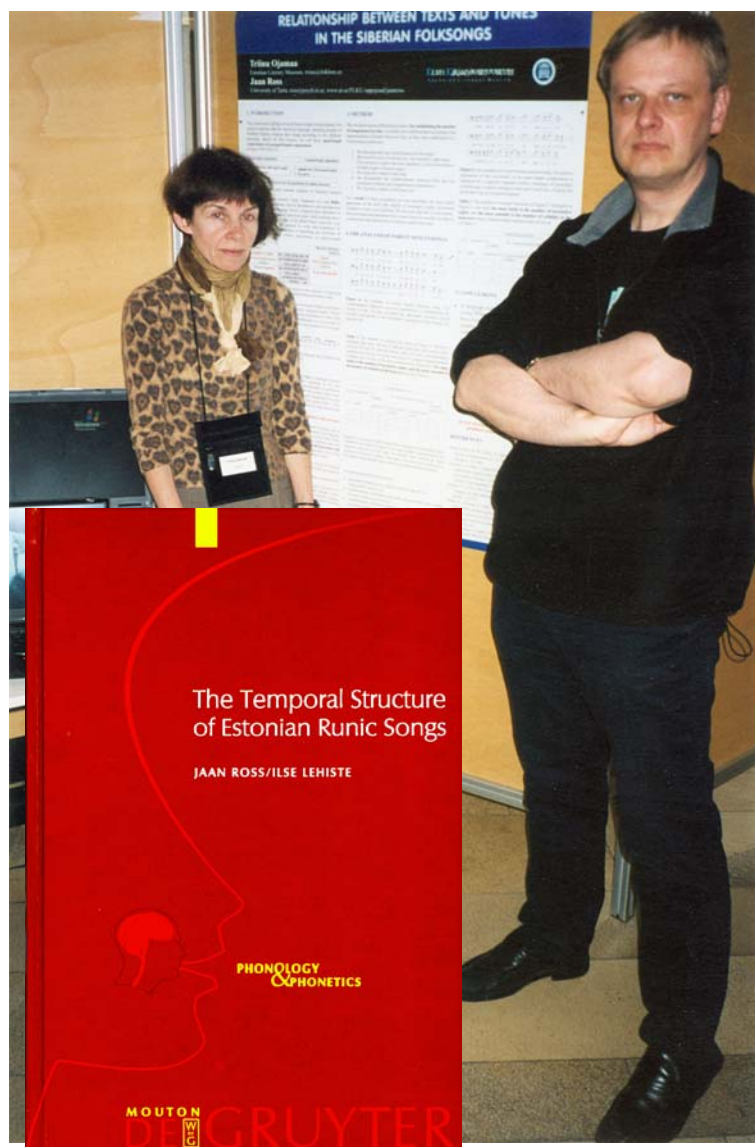
• 2002. aastal asutati sariväljaanne "Tõid etnomusikoloogia alalt". See on uurimisgrupi peamine väljund, mis on suunatud otseselt eesti lugejale – nii humanitaarteadlastele kui laiemale üldsusele. Väljaande kolm esimest numbrit käsitlevad pärimusmuusika funktsioneerimist ning selle mõiste teisenemist globaliseerivas maailmas. Samu probleeme on uurimisgrupi liikmed kajastanud teisteski väljaannetes. Audiovisuaalse lisa teaduspub-

likatsioonidele moodustavad CD-d ja video-filmid.

- Vastavalt sellele, kuidas aja jooksul muutub laulude sisu ja esitussituatsioon, teiseneb ka muusikalise heli kvaliteet. Selle analüüsimine eeldab heli visualiseerimist. II maailmasõja ajal militaarsetel eesmärkidel kõnesignaali dünaamiliste aspektide tundmaõppimiseks loodud helispeketrograafi järeltulijad – mitmesugune riist- ja tarkvara, nagu nt *Computerized Speech Laboratory*, programmid *Multi-Speech*, *Praat jt* – on uurimisgrupis kasutusel muusika analüüsimiseks. Heli akustilisel analüüsil on kolm huvisuunda: laulude temporaalse struktuuri kirjeldamine; bimusiikaalsuse tagajärjel toimunud muutused helikvaliteedis; erinevate vokaaltehnikate iseärasused. Viimane on oluline nii muusikateoreetilises kui ka pedagoogilises mõttes.
- Üheks silmapaistvaimaks saavutuseks uurimisgrupi teoreetilise suunitlusega tööde hulgas on J. Rossi ja I. Lehiste uurimus, mis demonstreerib regilaulu baasil, kuidas laulmisel kaks helidel põhinevat süsteemi – kõne ja muusika – kooseksistentsi tingimustes vastastikku teineteist mõjutavad. Sama probleemiga on seotud T. Ojamaa lühem uurimus akustilise signaali liigendamisest ning nende impulsside esiletoomisest, mis erineva kultuuritaustaga laulja/kuulaja jaoks on primaarsed. Nimetatud uurimused ei vahenda rahvusvahelisele etnomusikoloogiale mitte ainult teatud väikerahvaste kultuurispetsiifilisi erijooni, vaid näitavad kätte ka tee, mis võiks olla aluseks kõne ja muusika seoste teatud probleemide lahendamisel universaalsemal tasandil.
- Põhirõhk uurimisgrupi "Poetiline ja muusikaline folkloor" töös on muusika uurimisel. Regilaulude poetilise poolega tegelevad doktorandid L. Saarlo ja M. Sarv (teemaks "Eesti regilaulu poetika piirkondlikud erijooned"). Uurimused regivärsi meetriliste ja värsiehituslike tunnuste kohta moodustavad siduva lüli selle uurimisgrupis tehtava tööga, mis puudutab viisi ja teksti vahelisi seoseid vokaalmuusikas.

RAHVUSVAHELISED KONTAKTID

Uurimisgrupi "Poetiline ja muusikaline folkloor" teadustöö on nii sisuliselt kui ka rakendatavate uurimismeetodite poolest kooskõlas Euroopa (etno)musikoloogias valitsevate suundumustega. See on hõlbustanud integreerumist rahvusvaheliste projektide ja erialaorganisatsioonide tööga (nt European Society for the Cognitive Sciences of Music, European Seminar in Ethno-musicology jt). 2003. aastal toimus liitu-



T. Ojamaa ja J. Ross, *Conference on Interdisciplinary Musicology*, Craz, 15.-18.04.2004.

mine projektiga "Citizens and Governance in Knowledge-Based Society", teemaks "Music, National Identity, Ethnicity and Cultural Diversity in Europe", mis on suunatud Euroopa Liidu uurimisasutustes tehtavate populaarmuusikalaste uurimuste koordineerimisele. Nimetatud uurimissuund tegeleb lisaks autentse rahvamuusika teatud aspektidele ka kantri-, džäss- ja rokkmuusika uurimisega, mis eesti muusikateaduses on uudne. Kognitiivse musikoloogia vallas väärub nimetamist viimastel aastatel tehtud koostöö Rootsi Kuningliku Tehnikaülikooli kõne, muusika ja kuulmise osakonnaga, Pavlovi-nimelise Füsioloogia Instituudiga Peterburis ning Ohio osariigi ülikooliga Columbus.

PUBLIKATSIOONE

RAAMATUD

Ross, J., Lehiste, I. *The Temporal Structure of Estonian Runic Songs*. Mouton de Gruyter, Berlin–New York (2001).

Ojamaa, T. *Glissando nganassaani muusikas. Morfoloogiline, süntaktiline ja semantiline taand.* *Dissertationes Philologiae Uralicas Universitatis Tartuensis* 5. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu (2000).

Sarv, V. *Setu itkukultuur*. *Ars Musicae Popularis* 14. EKM, Tampereen yliopiston kansanperinteen laitos, Tartu–Tampere (2000).

Ojamaa, T., Rüütel, I. (koost. ja toim.). *Pärimusmuusika muutuvus ühiskonnas 1. Töid etnomusikoloogia alalt 1*. EKM, Tartu (2002).

ARTIKLID

Ojamaa, T. *De quelques orientations nouvelles de la musique traditionnelle nénetse*. *Boreales. Revue du Centre de Recherches Inter-Nordiques* 82/85, 217–247 (2002).

Rüütel, I. *Wedding Songs and Ceremonies of the Kihnu Island in Estonia*. *The World of Music* 3/2002: *Traditional Music in Baltic Countries*. Verlag Wissenschaft und Bildung, Berlin, 131–151 (2003).

Vissel, A. *Estonian Herding Songs from the Perspective of Ethnic Relations*. *The World of Music*, 3. Berlin, 79–105 (2002).

Vurma, A., Ross, J. *Priorities in voice training: Carrying power or tone quality?* *Musicae Scientiae* 4 (1), 75–92 (2000).

HELIKANDJAD JA VIDEOFILMID

Discovering Siberia: Songs of the Forest Nenets. Music of the Finno-Ugric Peoples 1. Koost. ja toim. T. Ojamaa. Tartu (2002).

Eesti rahvamuusika antoloogia. Anthology of Estonian Traditional Music. *Helisalvestusi Eesti Rahvaluule Arhiivist nr 3*. Eesti Kirjandusmuuseum, EMKÜ, Tartu (2003).

Kadripäev Kihnu saarel 1997. Videofilm. I. Rüütel, E. Sinijärv, A. Vissel. Tartu (2001).

TÖÖKINDLATE ARVUTISÜSTEEMIDE UURIMISE KESKUS

Juht prof Jaan Penjam
TTÜ Küberneetika Instituut, Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel + 372 620 4150
Faks + 372 620 4151
jaan@cs.ioc.ee
<http://cdc.ioc.ee/>



UURIMISRÜHMAD

ARVUTITEADUSE MATEMAATILISED ALUSED JA PROGRAMMEERIMISKEELTE TEHNIKA

Juht dr Tarmo Uustalu
TTÜ Küberneetika Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel +372 620 4250
Faks +372 620 4151
tarmo@cs.ioc.ee

FORMAALMEETODID SÜSTEEMIARENDES

Juht prof Jaan Penjam
TTÜ Küberneetika Instituut
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel +372 620 4150
Faks +372 620 4151
jaan@cs.ioc.ee

Töökindlate Arvutisüsteemide Uurimise Keskus on erinevate teadusasutuste uurimisrühmade võrk, mis ühendab sarnaste uurimiseesmärkidega teadlasi. Keskusesse ühendatud uurimisrühmad kujutavad endast juba aastaid *de facto* koos töötanud uurijate võrku, mis sõltuvalt finantsoludest ja teaduspoliitilisest taustast on teinud koostööd üleriigiliste seminaride vormis, arvutiteadusliku hariduse arendamise sildi all (TEMPUS-projektid) või rahvusvaheliste talvekoolide korraldamisel. Tippkeskuse moodustamine uurimisrühmade võrgustiku kujul võimaldas ühis-tegevust süsteemsemalt korraldada ning selle kaudu ka efektiivsemaks muuta. Keskusel on fikseeritud ning tööühmade baasasutustega kooskõlastatud uurimisplaan.

Keskuse koosseisu kuuluvad teadlased järgmistest teadusasutustest:

- TTÜ Küberneetika Instituut (IoC),
- TTÜ arvutiteaduse instituut (CS/TTU),
- TTÜ automaatika instituut (CC/TTU),
- TTÜ arvutitehnika instituut (CE/TTU),
- TÜ arvutiteaduse instituut (CS/UT),
- TÜ Tehnoloogiainstituut (TUIT),
- Cybernetica AS (CyBAS).

Keskuse tööd koordineerib juhatus, kuhu kuuluvad tööühmade juhid ja Keskuse juht.

INFOTURVE JA KRÜPTOGRAAFIA

Juht prof Ahto Buldas
Cybernetica AS
Akadeemia tee 21, 12618 Tallinn
Tel +372 665 4241
Faks +372 639 7992
ahtbu@cyber.ee

DIGITAALSÜSTEEMIDE DISAIN JA TESTIMINE

Juht prof Raimund-Johannes Ubar
TTÜ arvutitehnika instituut
Raja 15, 12618 Tallinn
Tel +372 620 2252
Faks +372 620 2253
raiub@pld.ttu.ee

Tegevuse süstemaatiliseks rahvusvaheliseks hindamiseks ning temaatikaalaseks nõustamiseks on keskusel juhtkomitee, mille moodustavad neli tunnustatud Euroopa teadlast: prof Reino Kurki-Suonio, Tampere Tehnoloogiaülikool, Soome; prof Kim G. Larsen, Ålborgi Ülikool, Taani; prof Reinhard Wilhelm, Saarimaa Ülikool, Saksamaa; prof José Oliveira, Minho Ülikool, Braga, Portugal.

UURIMISTÖÖ PLAANID LÄHIAASTATEKS

Keskuse uurimistööde teemad käesoleval hetkel valdkondade kaupa on järgmised:

ARVUTITEADUSE MATEMAATILISED ALUSED JA PROGRAMMEERIMISKEELTE TEHNIKA

- (Ko)induktiivsete tüüpide ja (ko)rekursioniskeemide uurimine tüübi- ja kategooriateoreetiliste vahenditega.
- Intermediaar- ja modaalloogikate algebraline ja kategoorne semantika ning nende rakendused programmeerimiseks.
- Tõestusteoreetilised uurimused konstruktiivsest hulgateooriast, Martin-Löfi tüübi-teooriast ja eksplitsiitsematemaatikast.
- Abstraktse interpretatsiooni põhiste staatilise analüüsi ja abstraktse testimise meetodite arendamine.
- Programmeerimisaluste tugevate funktsionaalkeelte jaoks, eriti deforesteerimine.

- Meetodite arendamine magasinikoodi valideerimiseks ja tüübikontrolliks magasinipõhistes keeltes.

FORMAALMEETODID SÜSTEEMIARENDES

- Programmide struktuurse sünteesi meetodi arendamine hajusarhitektuuriga arvutisüsteemidele.
- Programmide sünteesi erinevate meetodite (deduktiivne, induktiivne ja transformatsiooniline süntees) integreerimine.
- Automaatne teoreemideestamine, rakendused riistvara verifitseerimises.
- Deduktiivseid ja algoritmilisi tehnikaid kombineerivate formaalse spetsifitseerimise ja verifitseerimise meetodite väljatöötamine.
- Formaalse verifitseerimise meetodite ühendamine süsteemide kasvu toetavate meetoditega.
- Ajatundlikud interaktsioonikesksed arvutusmudelid süsteemide temporaalsete omaduste ja käitumise uurimiseks.

INFOTURVE JA KRÜPTOGRAAFIA

- Efektiivsete meetodite väljatöötamine avaliku võtme levituseks ja sertifikaatide kehtivuse kontrolliks sidus- (*on-line*) ja vallasrežiimis (*off-line*).
- Meetodite väljatöötamine avalikest andmebaasidest ja registritest turvaliste ja auditeeritavate päringute realiseerimiseks.
- Ajatembeldamisskeemi turvalisuse formaalne definitsioon ja seosed traditsiooniliste krüptograafiliste primitiividega.

DIGITAALSÜSTEEMIDE DISAIN JA TESTIMINE

- Füüsikaliste defektide ja loogikarikete modelleerimise uute meetodite väljatöötamine, suurendamaks keerukate digitaalsüsteemide testimise kvaliteeti.
- Digitaalsüsteemide uute hierarhiliste diagnostikamudelite ja testide genereerimise, rikete analüüsi ning disainivigade

ja rikete diagnoosi efektiivsemate meetodite ja algoritmide väljatöötamine.

- Efektiivsemate disaini meetodite väljatöötamine, võttes aluseks uued paradigmad "kiipsüsteemide disain, riist- ja tarkvara koosdisain" ning orienteerudes uutele disainikriteeriumitele, nagu "hästitestitavad süsteemid" ja "isetestivad süsteemid".

Teadustöö efektiivsust on oluliselt suurendanud osalemine reas rahvusvahelistes projektides ja programmides. Keskuse töörühmad osalevad viies EÜ 5. raamkava projektis: EÜ 5RP temaatiline võrgustik IST-2001-38957 APPSEM II;

EÜ 5RP temaatiline võrgustik IST-2001-33123 CoLogNet;

EÜ 5RP kaasnevate meetodite projekt IST-2001-37592 eVikings II;

EÜ 5RP kaasnevate meetodite projekt IST-2000-30193 REASON;

EÜ 5RP kaasnevate meetodite projekt IST-2001-35174 OpenEvidence.

Keskuse üheks olulisemaks eesmärgiks on arvutiteaduse alase kraadiõppe efektiivsuse parandamine. Regulaarselt viiakse läbi rahvusvahelisi talve- ja suvekoole kursustega maailma tipptheadlastelt. Samuti organiseeritakse süstemaatiliselt üleriigilisi seminare (arvutiteaduse teooriapäevad, formaalmeetodite seminaripäevad jms) ning meistriklasse kutsutud välisõppejõududega.

Aastatel 1998–2002 kaitsti järgmised doktori- tööd: S. Tupailo (Stanford U., 1998), T. Uustalu (KTH, 1998), A. Buldas (TTÜ, 1999), H. Lipmaa (TÜ, 1999), V. Vene (TÜ 2000), P. Ellervee (KTH, 2000), O. Sokratova (TÜ, 2001), J. Raik (TTÜ, 2001), A. Kuusik (TTÜ, 2001), J. Willemson (TÜ, 2002), P. Laud (U. des Saarlandes, 2002), M. Brik (TTÜ, 2002). Praegu on keskuse liikmete juhendamisel 24 doktoranti.

ARVUTITEADUSE MATEMAATILISED ALUSED JA PROGRAMMEERIMISKEELTE TEHNIKA

Uurimisgrupi põhilisteks teadussuundadeks on loogika ja algebra kui teoreetilise arvutiteaduse alusdistsipliinid ning programmeerimiskeelte teooria (semantika, disain, realiseerimine). Konkreetsemalt on uurimisvaldkondadeks struktuurne tõestusteooria ja tüübiteooria, kateoorne loogika, ordinaalanalüüs, algebraline kombinatorika, poolringide teooria ja algebraline automaaditeooria, programmikeelte semantika ja realisatsioon, programmianalüüs, sh tüübipõhised analüüsid, programmide semantikapõhine teisendamine, turvalisus programmikeeltes.

OLULISEMAID TULEMUSI

On saavutatud rida uusi tulemusi induktiivsete ja koinduktiivsete tüüpide ning monaadide ja komonaadide teorias rakendustega süntaksi ning kõrvalefektidega arvutuste esitamise ja nende üle arutlemise modulariseerimiseks ning tüübipõhise termineeruvuse alal. On formuleeritud komonaadi ja jaotuvusseadust kasutatav uudne struktuurne rekursiooni-

skeem, mis võimaldab rida hästituntud standardskeeme käsitleda ühe geneerilise skeemi erijuhtudena. On uuritud nn Mendleri-laadi struktuurseid rekursiooniskeeme, kus defineeritava funktsiooni totaalsuse (programmi termineeruvuse) tagab rekursiooni-operaatori polümorfne tüüp. On antud oluline üldistus Adámeki ja kolleegide teoreemile mittefundeeritud termialgebratest kui vabast täielikult iteratiivsetest monaadidest. On uuritud induktiivseid ja koinduktiivseid tüüpe toetatavate keelte jätkustiili ja monaadilist tõlgitavust. On uuritud sidujatega süntaksi esitamise ja manipuleerimise probleeme ning antud eksplitsiitse substituutsiooni uudne käsitlus. On leitud püsipunkiteoreetiline konstruktsioon kahe ideaalse monaadi koproducti arvutamiseks, mis võimaldab arvutada nt mittedeterminismile ja tõenäosuslikule valikule vastavate monaadide kombinatsiooni.

On esitatud turvalise infovoouudne definitsioon, kus aluseks on avalike väljundite arvu-



8. Eesti Arvutiteaduse Talvekoolist (EWSCS'03 Palmes).

tuslik (mitte informatsiooniteoreetiline) sõltumatus salajastest sisenditest, ning arendatud sellel põhinevaid programmianalüüse. On näidatud, kuidas turvalise infovoe analüüsi teha krüptimistehtega keele puhul ning kuidas analüüsida suhtelist salajasust, mille puhul programmi osade väljundite suhtes lähtutakse eeldusest, et need on mittedalajased.

On välja töötatud meetod mitmelõimeliste programmide täpseks staatiliseks analüüsiks, mis väldib olekuruumi plahvatust, kasutades globaalinvariante, ning realiseeritud vastav prototüüp avioonikas kasutatava tarkvara valideerimiseks.

On näidatud mitme konstruktiivse matemaatilise alusteooria (konstruktiivse hulgateooria, Martin-Löfi tüübiteooria) realiseeritavus Fermani eksplitsiitsesse matemaatikasse.

On uuritud terminiümberkirjutamist poolingidel ning algebraalset automaaditeooriat.

Grupp on alates sügisest 2002 kaks korda aastas toimuvate Eesti arvutiteaduse teooriapäevade mootoriks. 2004. a toimuvad Eestis uurimisgrupi korraldamisel IST TN APPSEM II 2nd Annual Meeting, APPSEM 2004 (Tallinn, 14.–16.4.2004) ja 5th International Summer School and Workshop on Advanced Functional Programming, AFP 2004 (Tartu, 16.–21.8.2004).

Koostööpartnerid: Müncheneri Ülikool, INRIA Sophia Antipolis, Minho Ülikool, Leicesteri Ülikool, Nottinghami Ülikool, Saarimaa Ülikool, Trieri Ülikool, Calgary Ülikool, Leedsi Ülikool.

Koosseis: Tarmo Uustalu (vanemteadur), Peeter Laud (vanemteadur), Jaanus Põial (dotsent), Olga Sokratova (vanemteadur), Mati Tombak (prof), Sergei Tupailo (vanemteadur), Varmo Vene (vanemteadur); Reimo Palm (teadur); Härmel Nestra, Ahti Peder, Tiina Zingel (doktorandid).

PUBLIKATSIOONE

Abel, A., Matthes, R., Uustalu, T. Generalized iteration and coiteration for higher-order nested datatypes. In: Gordon, A. D. (Ed.) Proc. of 6th Int. Conf. on Foundations of Software Science and Computation Structures, FoSSaCS 2003, Lect. Notes in Comp. Sci. 2620, 54-69 (2003).

Barthe, G., Giménez, E., Frade, M. J., Pinto, L., Uustalu, T. Type-based termination of recursive definitions. Math. Struct. Comp. Sci. 14, 1, 97-141 (2004).

Kelarev, A., Sokratova, O. On congruences of automata defined by directed graphs. Theor. Comput. Sci. 301, 1-3, 31-43 (2003).

Laud, P. Handling encryption in an analysis for secure information flow. In: Degano, P. (Ed.) Proc. of 12th Europ. Symp. on Programming, ESOP 2003, Lect. Notes in Comp. Sci. 2618, 159-173 (2003).

Sokratova, O. The Mal'cev lemma and rewriting on semirings. Theor. Comput. Sci. 255, 1-2, 611-614 (2001).

Tupailo, S. Realization of analysis into explicit mathematics. J. Symb. Logic 66, 4, 1818-1864 (2001).

Tupailo, S. Realization of constructive set theory into explicit mathematics. Ann. Pure and Appl. Logic 120, 1-3, 165-196 (2003).

Uustalu, T. Monad translating inductive and coinductive types. In: Geuvers, H., Wiedijk, F. (Eds.), Selected Papers from 2nd Int. Wksh. on Types for Proofs and Programs, TYPES'02, Lect. Notes in Comp. Sci. 2646, 299-315 (2003).

Uustalu, T., Vene, V. Least and greatest fixed-points in intuitionistic natural deduction. Theor. Comput. Sci. 272, 1-2, 315-339 (2002).

Uustalu, T., Vene, V., Pardo, A. Recursion schemes from comonads. Nordic J. of Computing 8, 3, 366-390 (2001).

FORMAALMEETODID SÜSTEEMIARENDES

Keerukatele süsteemidele esitatavate töökindlusenõuete rahuldamiseks ja produktiivsuse saavutamiseks süsteemide realiseerimisel vajatakse nii meetodeid korrektsete programmide saamiseks kui ka efektiivseid

tarkvaratehnikaid. Formaalne tõestusteooria on aluseks kahele erinevale korrektse tarkvara loomise mudelile: programmide automaatne genereerimine tema spetsifikatsioonist ja verifitseerimine (tõestatakse programmi vas-

tavus spetsifikatsioonile). Praktikas kasutatakse nende kahe vastandliku lähenemise mitmesuguseid kombinatsioone.

Töörühma eesmärgiks on uurida loogikal, algebral ja süsteemiteoorial põhinevaid programmide omaduste tõestamise ja programmide sünteesi meetodeid, samuti arendada automaattõestuse tehnikaid. Aktuaalne on meetodite ja vahendite loomine nii transformatsiooniliste kui reaktiivsete (reaalaja-) süsteemide arendamiseks.

Sard- ja hajutatud süsteemide kiire areng tingib arvutiteaduses uute, mittelineaarsel ajal baseeruvate meetodite arendamise. Reaalsed arvutisüsteemid töötavad tihti muutuvas keskkonnas (interaktsioonis keskkonnaga), mille kogu dünaamikat ei ole võimalik süsteemi projekteerimisel ette näha. Keerukamate aja mudelite kasutuselevõtt on vältimatu eeltingimus selliste süsteemide omaduste verifitseerimisel. Töörühm on muuhulgas keskendunud nii interaktiivsete arvutuste mudelitele üldiselt kui ka nn ajatundlike agentsüsteemide formaalsele kirjeldamisele ja analüüsile.

Töörühma kompetents langeb valdkondadesse, nagu tõestusteooria ja teoreemide automaatne tõestamine, mudelite teooria ajaga ja hübriid-automaadid, kompositsiooniline programmide verifitseerimine, konstruktsiooniga tagatud korrektsus, tarkvara ajastamisprobleemide formaalne analüüs ning rakendusvaldkonnad, nagu näiteks masinaehitus ja automaatjuhtimine.

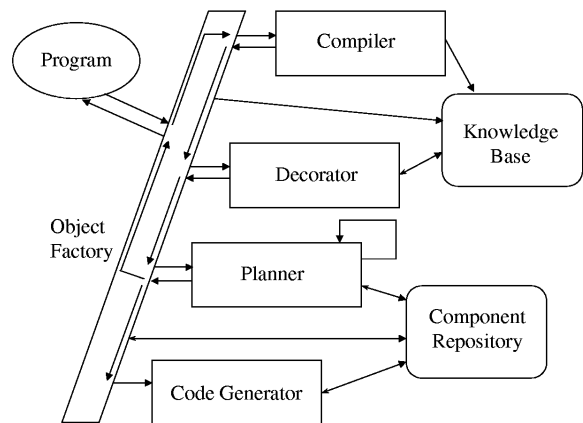
PROGRAMMIDE SÜNTEES

Esitatud on üldine formaalloogiline meetod arvutuste semantika spetsifitseerimiseks, mis kasutab osistena kas tarkvara või riistvara komponente. Kasutatav loogikaarvutus on küllalt väljendusrikas, et esitada samaaegselt süsteemide hierarhilist struktuuri ja andmevoogu nii signaali kui objekti tasandil. Meetod on küllalt võimas genereerimaks keerukaid konfiguratsioone ja algoritme kõrgtaseme spetsifikatsioonide põhjal.

Edasi on arendatud meetodeid programmide automaatseks konstrueerimiseks algoritmide probleemvaldkonna ontoloogia formaalse kirjelduse põhjal. Töötati välja algoritm esimest järku arvutusmodeli relatsioonidest moodustatud järjestikprogrammide kodeerimiseks reaalarvudega ning meetod programmide sünteesi ülesande taandamiseks (stohhastilise) optimeerimise ülesandele. Lähenemise aluseks on idee valida kõigi arvutusmodellil

genereeritavate programmide hulgast optimaalseim, kasutades diferentsiaalevolutsiooni meetodit (induktiivset programmide sünteesi). Ontoloogia spetsifitseerimiseks kasutatavad arvutusmodellid on samad, mida kasutatakse ülesannete kirjeldamiseks. Enn Tõugu struktuurse programmide sünteesi korral ning see asjaolu loob aluse induktiivse ja deduktiivse meetodi kooskasutamiseks programmide konstrueerimisel.

Välja on töötatud hajusprogrammide süntesaatori arhitektuur, mis võimaldaks sünteesitud programmide käivitamist arvutikobaratel (vt programmisünteesi süsteemi moodularhitektuuri joonis 1). Töö motivatsiooniks on olemasolevate paradigmat (intuitsionistliku lauseloogika abil programmide genereerimine, Java programmeerimiskeel) edasiarendamine, et kasvatada nende jõudlust paralleelarvutust kasutades.



Joonis 1. Hajusprogrammide süntesaatori moodulstruktuur.

Koostööpartnerid: Rootsi Kuninglik Tehnoloogiaülikool, Norra Teaduse ja Tehnoloogiaülikool, Stanfordini Ülikool.

MULTIAGENTSÜSTEEMID

Töö eesmärgiks on ajatundliku interaktsioonikeskse arvutusmodeli väljatöötamine ning eksperimendid pilootrakenduste omaduste uurimiseks. Analüüsitud on ajatundlike multiagentide ajamudeleid ning koostatud ajatundliku interaktiivse arvutuse formaalne mudel – voo põhine atribuutautomaat. Projekteeritud on ajateadlike agentide tarkvaraarhitektuur ning realiseeritud vastav instrumentaaltarkvara (keeles C# .Net keskkonnas). Pilootrakendusena on realiseeritud kaardiagentide geneeriline pere ning teostamisel on proaktiivsete transleerimisagentide uurimisprojekt.

Tõrkekindlate paralleelarvutuse mudelite uurimiseks on arendatud edasi paralleelarvutuste paketti DOUG (*Domain Decomposition on Unstructured Grids*). Paketti on edukalt katsetatud Navier-Stokesi vooluvõrrandite stabiilsusarvutuste realiseerimisel.

Koostööpartnerid: Lübecki Ülikool, Bathi Ülikool, Pennsylvania Osariigi Ülikool, Toulouse'i Ülikool.

HÜBRIIDSETE DÜNAAMILISTE SÜSTEEMIDE VERIFITSEERIJMINE

Leiti meetodid lõplike mudelite ehitamiseks reaalaaja süsteeme kirjeldavatele esimest järku predikaatarvutuse valemitele, töötati välja uued mittetõestatavuse näitamise meetodid. Loodud meetodid realiseeriti teoreemitoestamissüsteemis Gandalf. Antud töö käigus valminud ja pidevalt täiustatav moodul nimetatud teoreemitoestamissüsteemis võitis vastava ülesanneteklassi iga-aastaselt rahvusvahelisel teoreemitoestajate võistlusel konverentsi CADE-19 raames Miamis USAs.

Töötati välja mehhanism taksonoomiate esitamiseks ja kasutamiseks klassikalise teoreemitoestamise kontekstis, mis on vajalik järelusmootorite efektiivseks kasutamiseks verifitseerimisülesannete ja semantilise veebiga seotud ülesannete lahendamisel.

Realiseeriti esimene prototüüpsüsteem, mis suudab mõista fakte ja reegleid süsteemide korrektsust kirjeldavates spetsifikatsioonides ja mitmes erinevas semantilise veebi keeles, teisendades neid esimest järku loogikasse. Kasutatav taksonoomiate esitamise meetod võimaldab tõsta järelusmootorite efektiivsust juhul, kui konkreetsetes kontekstis on äratuntavad kindlad alamülesannete klassid, ja valida neile vastavad lahendusstrateegiad.

Koostööpartnerid: Chalmersi Tehnikaülikool, Taani Tehnikaülikool, Ålborgi Ülikool.

Koosseis: Jaan Penjam (prof), Mait Harf (vanemteadur), Merik Meriste (vanemteadur),

Leo Mõtus (prof), Tanel Tammet (prof), Enn Tõugu (vanemteadur), Jüri Vain (prof), Eero Vainikko (vanemteadur); Marko Kääramees (teadur); Juhan Ernits, Heiki Hiisjärv, Vadim Kimlaychuk, Vahur Kotkas, Andres Kull, Aleksander Petrov, Jelena Sanko, Raul Savimaa, Risto Serg, Konstantin Skaburskas (doktorandid).

PUBLIKATSIOONE

Fermüller, C. G., Leitsch, A., Hustadt, U., Tammet T. Resolution decision procedures. In: Robinson, A., Voronkov, A. (Eds.) Handbook of Automated Reasoning, 2. Elsevier and MIT Press, 1791-1847 (2001).

Graham, I. G., Spence A., Vainikko, E. Parallel iterative methods for Navier-Stokes equations and application to eigenvalue computation. Concurrency and Computation: Practice and Experience 15, 11-12, 1151-1168 (2003).

Küttner, R., Ernits, J., Vain, J. An open tool integration environment for manufacturing control software development. Machine Engineering 3, 1-2, 23-32 (2003).

Matskin, M., Tyugu, E. Strategies of structural synthesis and its extensions. Computing and Informatics 20, 1, 1-25 (2001).

Sanko, J., Penjam, J. Program construction in the context of evolutionary computation. In: Broy, M., Zamulin, A. V. (Eds.) Revised Papers from 5th Andrei Ershov Int. Conf. Perspectives of System Informatics, PSI 2003, Lect. Notes in Comp. Sci. 2980, 50-58 (2004).

Selic, B., Motus, L. Modeling of real-time software with UML. IEEE Control Systems Magazine 23, 3, 31-42, (2003).

Tammet, T., Kadarpiik, V. Combining an interface engine with databases: a rule server. In: Schroeder, M., Wagner, G. (Eds.) Proc. of 2nd Int. Wksh. on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web, RuleML 2003, Lect. Notes in Comp. Sci. 2876, 23-32 (2003).

INFOTURVE JA KRÜPTOGRAAFIA

Uurimistöö põhieesmärk on elektrooniliste dokumentide ja andmebaaside turvalahenduste loomine ja analüüs, samuti teoreetilised piirid turvalisuse saavutamisel krüptograafia meetoditega.

AJATEMPLID

On uuritud meetodeid, kuidas tagada usaldusväärne tõestus mingi elektroonilise dokumendi loomise aja kohta, eeldamata seejuures tingimusteta turvaliste osapoolte olemasolu.

Põhitulemused: (i) On näidatud, et saab konstrueerida elektrooniliste dokumentide loomisaja tõestamise süsteeme (nn ajatempliskeeme), milles ajatõestust saab kontrollida vallasrežiimis (*off-line*) ja (ii) tõestatud ajatempliskeemide efektiivsuse ülempiirid mitmel praktilisel juhul. (iii) On loodud ajatempliteenuse prototüüp, milles on arvestatud kõiki teenusega seotud praktilisi aspekte, mis kinnitab ajatemplialase teooria praktilist rakendatavust.

Suur osa elektroonilisi andmeid omab lisaks muudele väärtustele (kultuuriline, esteetiline jne) ka tõestusväärtust, st andmeid võidakse kasutada mingi aset leidnud sündmuse tõendamiseks. Selleks, et tagada tõendi usaldusväärsust, peab tõend pärinema autoriteetsest allikast ja selle pärinevust nimetatud allikast peab saama kontrollida ja vahel ka tõestada.

Ajatemplid tagavad dokumendi usaldusväärsuse üht aspekti – nad on mõeldud dokumendi loomise aja tõestamiseks. *Ajatempel* on elektroonilisel viisil salvestatud kinnitus (tõestus), et mingid andmed olid olemas mingil ajal. Uurimisgrupi poolt viimase viie aasta jooksul ajatemplite alal tehtud töö näitab, et aja tõestamine on võimalik praktiliselt ilma usaldatud osapooli (st nende tunnistusi) kasutamata, kaotamata seejuures tehnilist efektiivsust.

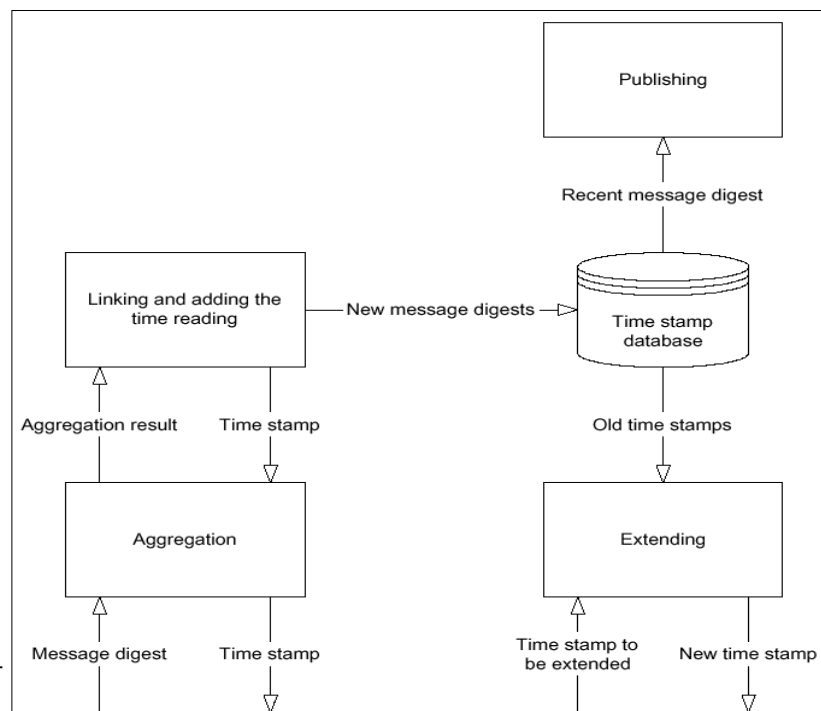
On saadud ka huvitavaid teoreetilisi tulemusi, mis selgitavad ajatempliskeemide turvalisuse matemaatilise tõestatavuse piire. Selgub, et vastupidiselt erinevate teoreetikute seas laialt levinud arvamusele, ei saa ajatemplisüsteemide turvalisust formaalselt tõestada, lähtudes kasutatava krüptograafilise räsifunktsiooni kollisioonivabaduse (*collision-resistance*) omadusest.

TURVALISED ANDMEBAASID

On uuritud, mil määral ja kuidas on võimalik andmebaasides olevaid andmeid kaitsta, eeldusel, et andmebaasi pidaja ei ole täielikult usaldatav.

Põhitulemused: (i) On tõestatud, et saab konstrueerida nn vaidlustamatuid tõestusi võimaldavaid turvalisi andmebaase, mille halduril ei ole võimalik esitada üksteisega vastuolus olevaid ja samas krüptograafiliselt kor-

Joonis 2.
Vallasrežiimis kontrolli võimaldava ajatempliteenuse üldskeem.



rektseid päringuvastuseid. (ii) On loodud andmebaaside ühendamiseks vajalik praktiline turvalahendus, millesse on integreeritud nii ajatempli- kui ka turvalise andmebaasi tehnoloogia.

Andmebaaside ja registrite turvalisuse all ei mõeldud mitte ainult konfidentsiaalsuse aspekti – andmed on kättesaadavad ainult volitatud subjektidele – vaid ka tervikluse aspekti – andmebaasist tehtava päringu vastus peab olema tõestatavalt autentne, st peegeldama andmebaasi tegelikku seisust vastuse moodustamise hetkel.

Sageli on ka vajalik, et päringuvastuse autentsus oleks tuvastatav teatud aja jooksul pärast selle moodustamist. Viimane on vajalik näiteks siis, kui päringuvastuseid kavatakse kasutada juriidiliste dokumentidena. Lisaks välistele ohtudele (näiteks häkkerid) tuleb arvestada ka andmebaasi halduri enda väärkäitumist. Ka haldur võib volitamata muuta andmeid ja muuta need tegelikkusele mitte-

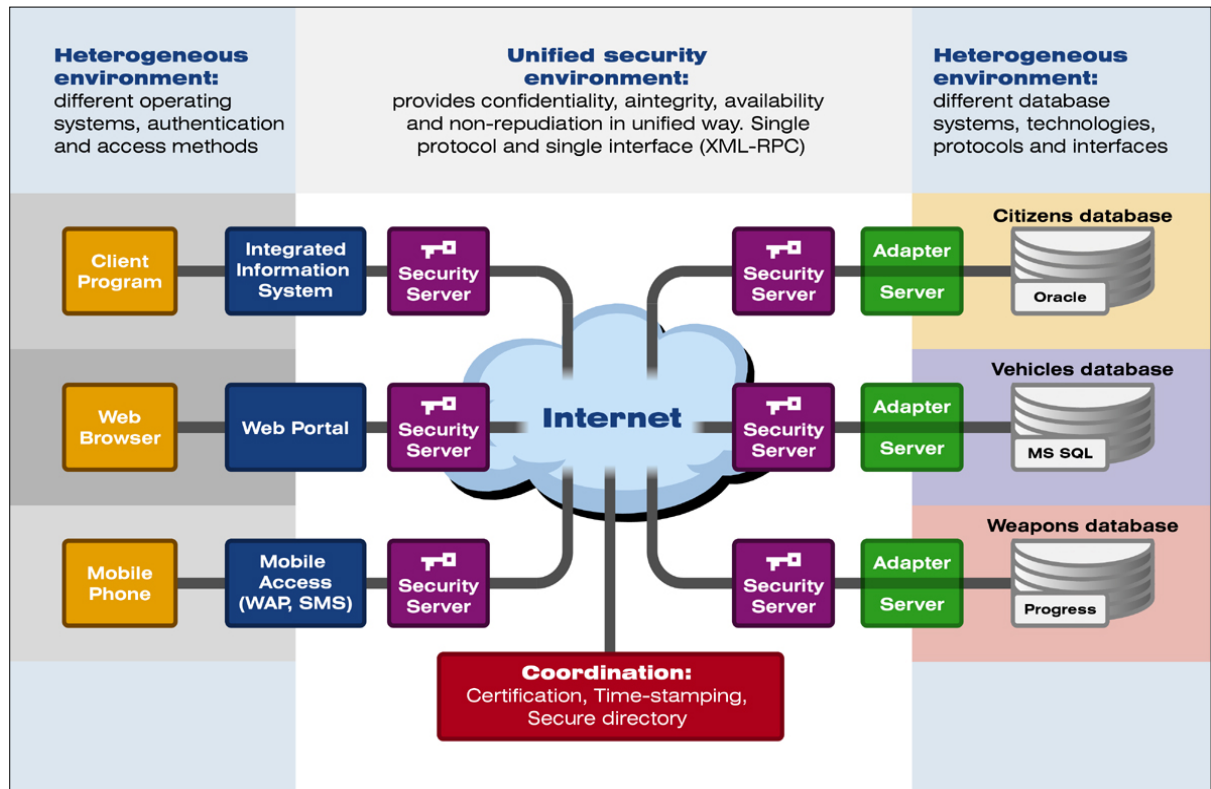
vastavaks, samuti ka vastata päringutele eba-korrektset.

Uusimad krüptograafilised meetodid võimaldavad saavutada olukorda, kus registripidaja ei saa esitada (teatud konteksti mõttes) vastuolulisi andmeid. Vajalikud krüptograafilised protokollid ja meetodid esitati esmakordselt kaks aastat tagasi uurimisgrupi teadlaste poolt ja tõestati ka nende turvalisus, kasutades algoritmide keerukusteooria meetodeid.

Teoreetilised lahendused on realiseeritud praktilises süsteemis (X-tee), mis on mõeldud erinevate riiklike andmebaaside koostöö tagamiseks. Nimetatud süsteem on töös juba üle aasta ning on pälvinud kõrgeid hinnanguid rahvusvahelistelt tehnoloogiakonkurssidelt.

Koostööpartner Helsingi Tehnikaülikool.

Koosseis: Ahto Buldas (vanemteadur), Peeter Laud (vanemteadur), Jan Willemson (vanemteadur); Sven Laur, Meelis Roos, Jelena Zaitseva (doktorandid).



Joonis 3. Turvalise andmebaasisüsteemi rakenduse X-tee üldskeem.

PUBLIKATSIOONE

Anspers, A., Buldas, A., Freudenthal, M., Willemson, J. Scalable and efficient PKI for inter-organizational communication. In: Proc. of Ann. Computer Security Appl. Conf., ACSAC 2003 IEEE CS Press (2003).

Anspers, A., Buldas, A., Saarepera, M., Willemson, J. Improving the availability of time-stamping services. In: Varadharajan, V., Mu, Y. (Eds.) Proc. of 6th Australasian Conf. on Inform. Security and Privacy, ACISP 2001,

Lect. Notes in Comp. Sci. 2119, 360-375 (2001).

Buldass, A., Laud, P., Lipmaa, H. Eliminating counterevidence with applications to accountable certificate management. J. of Computer Security 10, 3, 273-296 (2002).

Buldass, A., Laud, P., Lipmaa, H., Willemsen, J. Time-stamping with binary linking sche-

mes. In: Krawczyk, H. (Ed.) Proc. of 18th Ann. Int. Cryptology Conf., CRYPTO'98, Lect. Notes in Comp. Sci. 1462, 486-501 (1998).

Buldass, A., Lipmaa, H., Schoenmakers, B. Optimally efficient accountable time-stamping. In: Kim, K. (Ed.) Proc. of 4th Int. Wksh. on Practice and Theory of Public Key Cryptography, PKC 2000, Lect. Notes in Comp. Sci. 1751, 293-305 (2000).

DIGITAALSÜSTEEMIDE DISAIN JA TESTIMINE

Digitaalsüsteemide disaini ja testimise uurimisgrupi (DT) teaduslikud eesmärgid on otseselt kooskõlas projekteerimise ja testi alaste juhtnõrudega, mis on esitatud MEDEA visioonis ("The MEDEA Design Automation Roadmap"). MEDEA (*Micro-Electronics Development for European Applications*) on osa üleeuroopalisest EUREKA võrgustikust, mis tegeleb digitaalsüsteemide projekteerimise alase teaduskoostööga. Grupi uurimissuundadeks on digitaalsüsteemide projekteerimine ja test, isetestivad arhitektuurid ja tõrkekindlad süsteemid. Uurimistöö on suunatud uute efektiivsete meetodite väljatöötamisele digitaalsüsteemide modelleerimiseks, projekteerimiseks ja testiks eesmärgiga tagada pidevalt kasvava keerukusega süsteemide efektiivsus, kvaliteet ja tõrkekindlus. DT grupp omab kompetentsust ning tegeleb aktiivselt järgmiste probleemidega: digitaalsüsteemide diagnostilised mudelid, testprogrammide genereerimise automatiseerimine, rikkesimuleerimine ja diagnostika, füüsikaliste defektide analüüs, dekompositsiooniline projekteerimine, projekteerimisvigade diagnoos, analüüsi- ja tükeldusmeetodid riist-/ tarkvara koosdisainis ning valdavalt mälu- ja juhtosa sisaldavate süsteemide ühtlustatud modelleerimine.

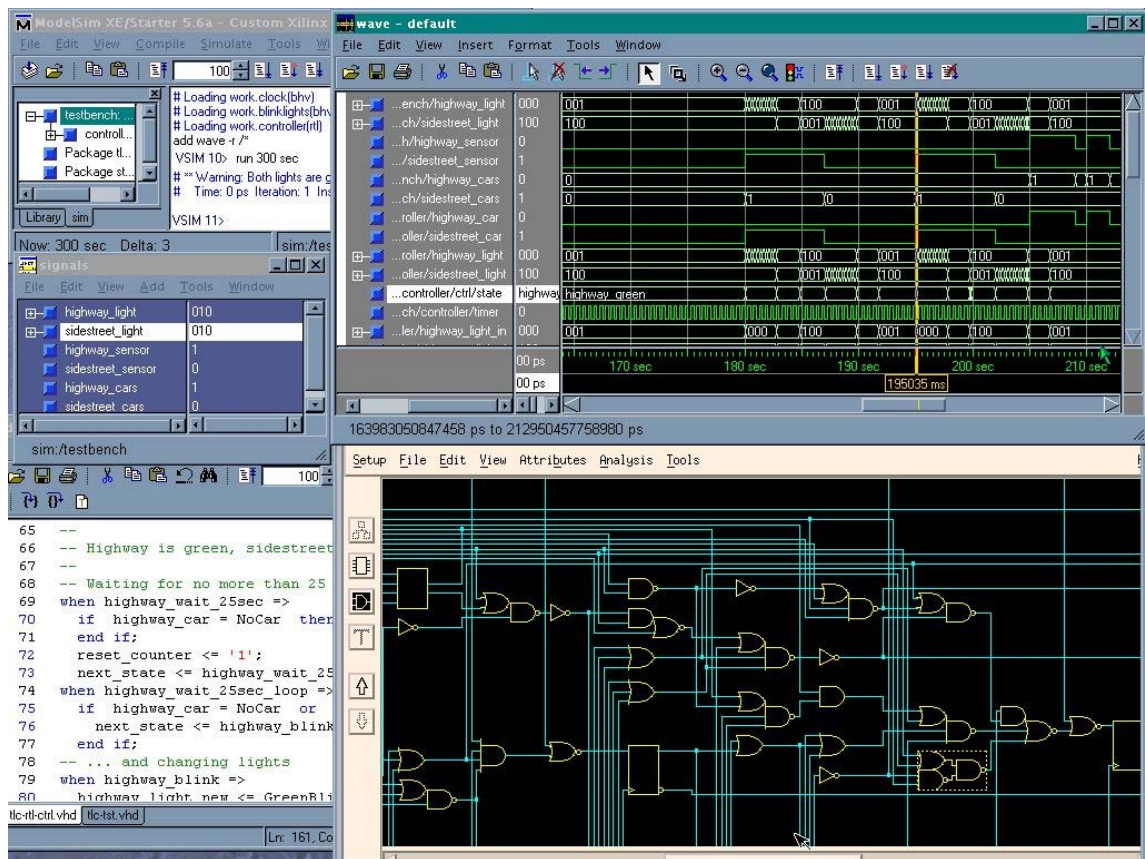
OLULISEMAID TULEMUSI

On välja töötatud uudne diagnostiline mudel, mis põhineb otsustusdiagrammide (*decision diagrams, DD*) kasutamisel testiteoorias. Mudel võimaldab üldistada diagnostikaprobleeme, lubades ühtlustatud süsteemikäsitlust

loogikatasemel, protseduursel, funktsionaalsel ning käituvuslikul tasemel. Pakuti välja uudne mudel – struktuurselt sünteesitud binaarsed otsustusdiagrammid (*structurally synthesized binary DD* ehk *SSBDD*) koos omadustega, mis võimaldavad tõsta testigenererimise, rikkesimuleerimise ja -diagnostika algoritmide jõudlust.

On välja pakutud uudne hierarhiline lähenemine digitaalsüsteemide testigenererimisele, mis põhineb DD mudeli rakendamisel. Kombineerides keerukate determineeritud otsingualgoritmide jõudluse kõrgtasemel, rikkelevitamistäpsusega kesktasemel ning madal taseme rikete aktiveerimise täpsuse, saavutati kõrge kvaliteet ja efektiivsus testide genereerimisel.

On välja töötatud ühtlustatud lähenemine testiprobleemide lahendamiseks loogikatasemel. Lähenemine põhineb SSBDD diagnostikamudelil, mis erinevalt traditsioonilistest binaarsetest otsustusdiagrammidest lubavad säilitada skeemi struktuurset informatsiooni. Nimetatud omadus võimaldas leida mitmete loogikataseme testiprobleemidele, nagu testigenererimine, mitmeväärtuseline simuleerimine, viitesimuleerimine ja rikke-diagnoos, tõhusa lahenduse, kus loogikalülide asemel kasutati kõrgemat makrotaset, mis omakorda tõstis algoritmide töökiirust. SSBDD mudeli kontseptsioonile toetudes töötati välja testitarkvara pakett Turbo-Tester, mis sisaldab programme testigenererimiseks, rikkesimuleerimiseks ja testitavuse analüüsiks.



Joonis 4. Digitaalskeemi kaasaegne projekteerimiskeskond.

On välja töötatud uudne lähenemine kõrgtaseme simuleerimise kiirendamiseks sünkroonsetele digitaalsüsteemidele, kasutades kõrgtaseme otsustusdiagrammide (HLDD) mudelit. HLDD osutusid kompaktselt ning efektiivselt mudeliks kõrgtaseme taktipõhiseks simuleerimiseks. Selleks, et HLDD eelseid ära kasutada, töötati välja algoritmid sündmuspõhiseks ja rekursiivseks simuleerimiseks nimetatud mudelil. Eksperimendid, mis viidi läbi realistlikel katseskeemidel, tõestasid lähenemise efektiivsust.

On välja töötatud uudne kontseptsioon defektorienteeritud rikkeanalüüsiks digitaalsüsteemidele. Lähenemine lubas esimest korda traditsioonilistel meetoditel käsitleda rikkeid, mis suurendavad olekute arvu skeemis. Funktsionaalse rikkekontseptsiooni tõttu saab kasutada ühtlustatud meetodeid defektorienteeritud mitmetasemeliseks rikkesimuleerimiseks ja testigeneraerimiseks. Uus kontseptsioon võimaldab genereerida kõrge kvaliteediga testvektoreid üha kasvava skeemikerukuse juures.

On välja töötatud uued analüüsi- ja tükeldusmeetodid riist- ja tarkvara koosdisainiks. Meetodid võimaldavad efektiivsemat tükeldust domineerivalt mälu- ja juhtosa sisaldavatele süsteemidele kui senikasutatud universaalsed algoritmid. Nimetatud meetodeid kasutati krüptograafilise mikroprotsessori kiibi väljatöötamisel. Realiseeriti prototüüp tarkvara, mis sisaldab uudeid tükeldusmeetodeid.

On välja töötatud uudne ühtlustatud sisekuju valdavalt mälu- ja juhtosa sisaldavatele süsteemidele. Sisekuju võimaldab analüüsi- ja sünteesivahenditel vahetada informatsiooni ilma kadudeta spetsifikatsiooni detailides. Kuju on sõltumatu sisendkeelest ning toetab digitaalsüsteemide heterogeenset kirjeldamist. Esimene versioon prototüüp tarkvarast, mis kasutab nimetatud sisekuju, realiseeriti Stockholmi Kuninglikus Tehnikaülikoolis. TTÜs töötatakse välja uusi meetodeid ja täiendusi prototüüpprogrammile.

E-õpe. On välja töötatud ning realiseeritud uudne kontseptsioon elektroonikaskeemide testi ja projekteerimise õpetamiseks. Valmis

töövahendite komplekt projekteerimise, testi ja diagnostika harjutuste läbiviimiseks. Töövahendid on interneti teel kättesaadavad, mis võimaldab välisülikoolidel e-õppe keskkonnale ligi pääseda sõltumata kohast ja ajast. Hetkel on DT uurimisgrupi poolt väljatöötatud vahendid kasutusel juba ligi 90 instituudis rohkem kui 30 riigis üle maailma.

Koosseis: Raimund Ubar (prof), Marina Brik (teadur), Peeter Ellervee (dotsent), Margus Kruus (inst direktor, CE/TTU), Jaan Raik (vanemteadur), Aleksandr Sunditsõn (dotsent), Kalle Tammemäe (dotsent); Margit Aarna, Eero Ivask, Artur Jutman, Helena Kruus, Aimar Liiver, Elmet Orasson (doktorandid).

PUBLIKATSIOONE

Cibáková, T., Fischerová, M., Gramatová, E., Kuzmicz, W., Pleskacz, W., Raik, J., Ubar, R. Hierarchical test generation for combinational circuits with real defects coverage. *J. of Mic-*

roelectronics Reliability 42, 1141-1149 (2002).

Ellervee, P., Miranda, M., Catthoor, F., Hemani, A. System-level data-format exploration for dynamically allocated data structures. *IEEE Trans. on CAD* 20, 12, 1469-1472 (2001).

Oelmann, B., Tammemäe, K., Kruus, M., O'Nils, M. Automatic FSM synthesis for low-power mixed synchronous / asynchronous implementation. *VLSI Design J.* 12, 2, 167-186 (2001).

Ubar, R. Design error diagnosis with resynthesis in combinational circuits. *J. of Electronic Testing: Theory and Appl.* 19, 1, 73-82 (2003).

Ubar R., Raik, J. Testing strategies for networks on chip. In: Jantsch, A., Tenhunen, H. *Networks on Chip.* Kluwer Acad. Publ. 131-152 (2003).