

Leiutajaid ja leiutisi
Tallinna Tehnikaülikoolis
1922–2007



Leiutajaid ja leiutisi
Tallinna Tehnikaülikoolis
1922–2007

TTÜ
KIRJASTUS

Tallinn
2008

Toimetuse kolleegium: Rein Vaikmäe (esimees), Kiira Parre,
Kersti Peekma (vastutav koostaja), Vahur Mägi

Fotod: Viivi Ahonen, TTÜ fotoarhiiv ja eraarhiivid

Kaane kujundanud Ann Gornischeff

Tagakaanel kujutatud
1980. aastal ülikoolile antud rahvusvaheline auhind
Kuldne Mercurius

Autoriõigus: Tallinna Tehnikaülikool, 2008

ISBN 978-9985-59-844-3

Sisukord

Eessõna	7
<i>Ants Kukrus</i>	
Leiutiste õiguskaitsest Eestis 1921–2007	11
Ehitusteaduskond	13
<i>Teet-Andrus Kõiv</i>	
Energeetikateaduskond	19
<i>Tõnu Lehtla, Jaan Järvik</i>	
Infotehnoloogia teaduskond	34
<i>Boris Gordon, Enn Velmre (Lauri Einer, Uljas Tamm, Ants Meister, Viljo Korsen, Olev Märten, Toomas Parve, Raimund Ubar, Mart Min)</i>	
Keemia- ja materjalitehnoloogia teaduskond	48
<i>Tiit Kaps, Leevi Mölder, Peep Christjanson, Enn Mellikov, Malle Krunks, Rein Munter, Endel Uus, Eduard Tearo, Rein Kuusik, Malle Kreen, Anti Viikna, Jüri Soone</i>	
Matemaatika-loodusteaduskond	72
<i>Elvi Muks, Merike Kelve, Ülo Lille</i>	
Mehaanika valdkond	79
<i>Rein Laaneots</i>	
TTÜ Tehnomeedikum. Biomeditsiinitehnika instituut	92
<i>Hiie Hinrikus, Kalju Meigas</i>	

Eessõna

Leiutised, leiurid ja patendid on inimkonna ajaloos ikka tähtsat osa etendanud. Tehniline loometöö on samasugune kunst nagu näiteks maalimine ja helilooming. Tagamaks leiutajatele teatud õigusi, on välja töötatud patendikaitstesüsteem, mis kehtib kõikides tööstuslikult arenenud riikides ja enamikus arengumaades. Patendikaitse seondub tänapäeval põhiliselt leiutiste õiguskaitsega.

Patendid ja litsentsid on saanud äritegevuse võtmelemendiks, seepärast ongi nendega seotud küsimused muutunud tänapäeva globaalmajanduses akuutseks. Teatavasti nimetatakse 21. sajandit infoühiskonna ajastuks, kus võtmesõnadeks on üleilmastumine, lõimumine, digitaliseerimine, nano- ja biotehnoloogia, materjaliteadus, teadmustooteid ehk infokaubad, interneti- ja teadmistepõhine majandus. Üheks uueks trendiks intellektuaalomandi kaitse valdkonnas on strateegiline patentimine. Patentidest on saanud strateegilised relvad ning patendiõiguste jõustamine on strateegiline vahend tehnilises konkurentsis. Patent on uurimistöö tulemuste originaalsuse mõõdupuu. Selgituseks tuleb märkida, et Nõukogude Liidus oli leiutiste õiguskaitsevormiks autoritunnistus (Nõukogude patente anti reeglina ainult välisfirmadele või välisautoritele). Autoritunnistus tõendas ettepaneku tunnistamist leiutiseks, leiutise prioriteeti ja autorsust ning riigi ainuõigust leiutisele. Tegemist oli leiutise õiguskaitse pseudovormiga. Teatavasti on taasiseisvunud Eestis leiutise õiguskaitse vormiks patent või kasuliku mudeli tunnistus.

Seoses meie *alma mater*'i 90. sünnipäevaga on põhjus teha tagasivaade teaduslik-tehniliste saavutuste õiguskaitse alasest tööst Tallinna Tehnikaülikoolis (endises Tallinna Tehnikumis (TT) ja Tallinna Polütehnilises Instituudis, TPIs). Tehnikaülikoolide eripäraks võrreldes muude teadusasutustega

on uurimistööde teemade paljusus. See asjaolu tuleneb uurimistöö seostatusest õppetööga.

Süsteemaatilisest patendi- ja litsentsitöö organiseerimisest meie ülikoolis saab rääkida alates 1966. aastast, mil teadusliku uurimise sektori (TUS) koosseisus loodi patendiinseneri ametikoht. Patendiinseneri põhilisteks ülesanneteks oli leiutiste väljaselgitamine, leiutistaotluste vormistamine, patendi-uuringute koostamise meetoodiline juhendamine ja leiutiste välispatentimine ning litsentsimine. Patendiuuringuid tehakse uurimistööde patentsuse tagamiseks. Peale selle võimaldavad patendiuuringud tutvuda välisfirmade tegevusega ja nende konkurentsivõimelisusega, tundma õppida ekspordimaid ja turukonjunkturi, kontrollida leiutiste välispatentimise otstarbekust ning planeerida litsentside müüki. Kahtlemata etendavad patendiuuringud teadustöö taseme tõstmisel tähtsat osa, sest patendikirjandus peegeldab kõige täiuslikumalt inimkonna teaduslik-tehnilisi saavutusi. Ka kuulsa ameerika leiduri Thomas Alva Edisoni (kel oli 1000 patenti) juhtlauseks oli: „Enne kui hakkam midagi uut looma, vaatan, mis on tehtud enne mind.”

Ülikoolis hakati patendikirjandust teadustöös süsteemaatilisel kasutama juba 1968. aastal. Patendiuuringute kohustuslik koostamine rakenduslike uurimistööde puhul viidi sisse rektoraadi ja ülikooli nõukogu 1970. aasta otsusega. Vastavalt ülikooli nõukogu otsusele asuti 1974. aastal komplekssete patendiuuringute tegemisele teadustöö suundades. Nende uuringute alusel oli võimalik koostada patendikirjanduse ülevaateid uurimistöö aruannetes, koostada andmebaase firmade kohta konjunkturiuuringuteks leiutiste välispatentimise eel ja teha leiutistaotlustele eelekspektiisi. Patendiuuringute tulemused fikseeriti teadustöö aruannetes eraldi peatükina.

Alates 1974. aastast tegi ja koordineeris patendi- ja litsentsitööd ülikoolis iseseisev, otse teadusprorektorile alluv patenditalitus, olles ühtlasi keskpattenditalituseks tollase Eesti NSV Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeeriumi liinis. Seepärast osutas ülikooli patenditalitus meetoodilist abi ka teistele vabariigi kõrgkoolidele. Patenditalitus korraldas regulaarseid patendialaseid loengutsükleid aspirantidele ja teemade vastutavatele täitjatele.

Tallinna Tehnikumi 1918.-1919. aasta õppekavades oli õppeaine „Patentide seadus”. ENSV Kõrg- ja Keskerihariduse Ministeeriumi 1981. aasta käskkirja kohaselt oli kohustuslik õppeaine „Patendinduse alused” Tallinna Polütehnilises Instituudis kõikide erialade õppeplaanides, Tartu Riiklikus Ülikoolis ja Tallinna Pedagoogilises Instituudis diferentseeritult. Patenditalituses koostati tüüpõppogramm „Patendinduse alused” kõikidele kõrgkoolidele. 1986. aastal ilmus Ants Kukruse sulest esimene eestikeelne patendinduse kõrgkooliõpik „Patendinduse alused” (kirjastus Valgus). Seoses

üleminekuga bakalaureuseõppele õppeaine likvideeriti. Praegu loetakse Tallinna Tehnikaülikoolis „Intellektuaalse omandi õiguse” kursust ainult haldusjuhtimise eriala üliõpilastele valikainena. Ilmselt oleks otstarbekas taastada intellektuaalomandi õiguse kursus TTÜ õppekavades. Probleem on aktuaalne seoses üleminekuga teadmiste- ja innovatsioonipõhisele majandusele, küberkuritegevuse kasvuga jms.

Teatavasti annavad teadustööde tulemuste uudsusest ja originaalsusest tunnistust nendele saadud patendid ning müüdnud litsentsid. Tehnikaülikool on patentinud oma leiutisi 20 riigis: Austraalias, Austrias, Belgias, Egiptuses, Hollandis, Indias, Itaalias, Jaapanis, Jugoslaavias, Kanadas, Norras, Prantsusmaal, Rootsis, Saksamaal, Soomes, Suurbritannias, Šveitsis, Taanis, Tšehhoslovakkias ja USA-s. Ülikooli töötajate osalusel loodud leiutistele on välja antud lisaks Euroopa patentidele ka Brasiilia, Korea, Mehhiko jt riikide patente.

Välisfirmadele on müüdnud terve rida originaalsete teaduslik-tehniliste leiutiste litsentse. Esimene liimvaigu DFK valmistamise tehnoloogia litsents koos kaubamärgi DFK kasutusõigusega müüdi 1976. aastal Jaapani firmale Nagoya Oil Chemical Co, Ltd. Litsentsi objekti hakati Jaapanis tööstuslikult tootma septembris 1978. Litsentsi objekt töötati välja tollaegses põlevkivi-keemia ja -sünteesi problemlaboris professor Agu Aarna juhendamisel.

Märkigem, et Tallinna Polütehniline Instituut oli 1980. aastal ainuke Nõukogude Liidu kõrgkool, mis sai tootmise arendamise ja rahvusvahelise koostöö eest rahvusvahelise preemia Kuladne Mercurius.

Aegade jooksul on Tallinna Tehnikaülikoolis tehtud silmapaistvaid maailmatasemel leiutisi. Mainigem mõnda neist. Professorid Johannes Aare ja Valdek Kulbach on välja töötanud unikaalsete tõstemastide konstruktsioonid, mis kaitsti mitmete autoritunnistustega. Neid uut tüüpi tõstemaste kasutati raskekaaluliste seadmete (näiteks keemiareaktorite) montaažil. Sääraste tõstemastide abil paigaldati 400-tonnine destillatsioonikolonn Ungaris ning 500-tonnine, 640-tonnine ja 1000-tonnine reaktor NSV Liidus.

Professor Rein Laaneots on välja töötanud maailma esimesed pindpaksuse etalonid, mis on kaitstud terve rea autoritunnistustega.

Üldtuntuks on saanud professor Verner Kikase juhendamisel väljatöötatud mitu uue koostisega põlevkivituhk-portlandtsemendi liiki. Seda sideainet kasutati Tallinna telemasti ja Iru soojuselektrijaama 200-meetrise korstna ehitamisel.

Tolleaegse TPI sanitaartehnika problemlabori hüdrokeemiaosakonna juhataja, keemiakandidaat Rein Marveti juhendamisel töötati välja elektrokeemiline hapnikuandur, mida rakendati vee ja õhu hapnikusisalduse

määramisel. Uued andurite mudelid on kaitstud autoritunnistustega ja neid on katsetatud väga erinevates tingimustes, sealhulgas ka NSV Liidu 17. Antarktika-ekspeditsioonil. Viimaste aastate leiutistest mainigem professor Mart Mini ja tema uurimisrühma loodud lahendusi elektrilise bioimpedantsi mõõtmiseks, professorite Enn Mellikovi ja Malle Krunksi juhitud uurimisrühmade väljatöötatud uudeid päikeseenergeetika materjalide valmistamise tehnoloogiaid.

Need on vaid mõned näited Tallinna Tehnikaülikooli originaalsetest teaduslik-tehnilistest lahendustest.

Käesolevas raamatus antakse ülevaade ülikooli õppejõudude, teadurite, insener-tehniliste töötajate ja üliõpilaste leiutistest ülikooli asutamisest alates. Esitletakse teaduskondade silmapaistvamaid leidureid tehnilises loometöös ja tutvustatakse tähtsamaid leiutisi valdkonniti (uurimisrühmade kaupa). Materjali illustreerivad uurimisrühmade ja seadmete fotod. Raamatule on lisatud ülikooli ja töötajate leiutiste andmebaas laserplaadil.

Professor Ants Kukrus
Juuni 2008

Leiutiste õiguskaitsest Eestis 1921–2007

Esimene Eesti patendiseadus kehtis aastatel 1921–1937. Tol ajal anti Eestis patente välja leiutistele, mis olid tervikuna uudsed, samuti leiutistele, mis koosnesid uudselt kokku seatud osadest.

Patenditaotlejaks ja patendivaldajaks võisid olla nii Eesti kui ka muude riikide kodanikud ja juriidilised isikud. Patent kehtis 15 aastat. Ekspertiisi tollal ei tehtud, kasutati avaldussüsteemi. Patendi peale oli kirjutatud, et Vabariigi Valitsus ei vastuta selle eest, kas leiutis on patenditaotleja omand, kasulik, tõepoolest uus, õigesti ja täpselt kirjeldatud.

1938. aastast hakkas kehtima uus patendiseadus, mis aktsepteeris Saksa patendisüsteemi, ja see kehtis kuni 1940. aastani. Kokku anti 20 aasta jooksul Eestis välja umbes 3000 patenti.

Paarikümne sõjajärgse aasta jooksul oli leiundus Eestis soikunud, elavnes pärast 1965. aastat, mil NSV Liit ühines Pariisi konventsiooniga.

Leiutiste patentimine ja litsentsikaubandus oli koondatud Moskva keskasutusse. Taotlused esitati Üleliidulisele Leiutiste ja Avastuste Komiteele. Kaitsedokumendiks oli reeglina autoritunnistus, mis küll ei kaitsnud autori huve, sest riik võttis ainuõiguse leiutisele endale.¹

Pärast Eesti taasiseseisvumist taasasutati 3. detsembril 1991 Eesti Patendiamet ja alustati tööstusõigussüsteemi ülesehitust. Leiutise üheks õiguskaitse vormiks on patent ja Eestis on kasutusel ekspertiisisüsteem. Leiutise patendi-

¹ Mets, H. Riigi Patendiameti tekkelugu. – Riigi Patendiamet 1919–1993: aastaraamat 1993. Tallinn: Patendiamet, 1994.

registrisse kandmise ja patendiomaniku ainuõiguse tõenduseks väljastatakse patendiomanikule ka patendikiri.

Teine leiutiste õiguskaitsse vorm on kasulik mudel, mille puhul on kasutusel avaldussüsteem. Kaitsedokumendiks on kasuliku mudeli tunnistus.

Käesoleva väljaande lisa on leiutiste andmebaas laserplaadil. Andmed on kogutud Eesti Patendiraamatukogu fondist ja väljaandest Eesti Vabariigi leiutiste bibliograafia: 1922-1940/ M. Prede, M. Kabi. Tallinn 1990; Eesti Rahvusarhiivi andmebaasist AIS aadressil ais.ra.ee; Euroopa Patendiameti andmebaasist esp@cenet ja Vene Föderatsiooni Patendiameti andmebaasist.

Ehitusteaduskond

Ehitusmehaanika teaduskonnast välja kasvanud ehitusteaduskonnas on läbi aegade olnud rida erksa vaimuga teadlasi-õppejõude, kes on seotud leiutus-tegevusega. Märkigem Johannes Aaret ja Valdek Kulbachi, Verner Kikast, Raimond Otsmani, Evald Piksarve ja Artur Haini, Ilja Ragnar Auristet, Rein Marvetit ja Teet Jäetmad, Teet-Andrus Kõivu, Heino Mölderit ja Enno Kirti, kes on paljude leiutiste autorid. Mitmedki neist leiutistest äratasid suurt tähelepanu, näiteks tõstemastid olid oma aja tehnika tippsaavutus, leiutised ehitusmaterjalide alal on aga andnud olulise panuse Eesti ehitusmaterjalide tööstuse arengusse.

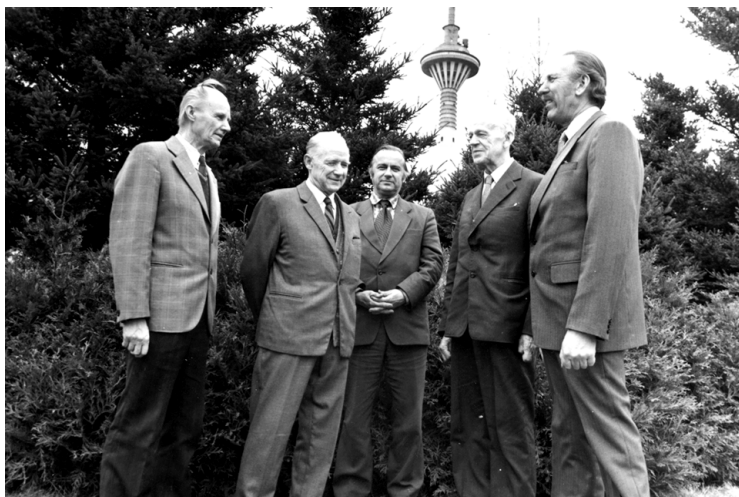
Ülikooli esimesteks ehitusvaldkonna leiduriteks olid Johannes Hint (kardina ja eesriide hoidja), August Komendant (paljukorruseline moodulhoone), Alfred Kütt (pappsindli valmistamise viis), August Lätt (tulekustutaja), Endel Ploompuu (suurte kiiruste saavutamise meetod, mis on kasutatav kahuritega kiirelt liikuvate ehk kaugete märkide tulistamisel), Karl Puhvel (nurgamõõtja), Richard Tiitso (nurgalugeja - nivelliirteodoliit jt).

Ehitusmaterjalide alal on teaduskonna õppejõudude-teadurite teadusuuringute tulemusel loodud 24 leiutist. Oluline osa innovaatisest tegevusest langeb Verner Kikasele (9 leiutist) ja tema juhitud kollektiivile, kuhu kuulusid õppejõud-teadurid Artur Hain (5), Evald Piksarv (5), Raimond Otsman (4), Ilmar Laul (3), Toomas Laur (1), Lembi Raado (1), Enn Uustalu (1), Stellian Grabko (1). Kollektiivile anti aastatel 1965 ja 1972 Nõukogude Eesti preemia, samuti autasustati neid üleliidulise rahvamajandussaavutuste näituse medalitega. Leiutistest on olulisima tähtsusega kõrgemargiline põlevkivituhk-portlandtsement, mille autorid on V. Kikas, R. Otsman ja A. Hain. Nimetatud ehitusmaterjal on saanud laialdase tunnustuse, sellest on valmistatud kõige vastutusrikkamad konstruktsioonid, näiteks Tallinna teletorn, Iru

energiajaama korsten, aga samuti enamik suurpaneelhooneid. Praegusel ajal moodustab portland-põlevkivitsemend 1/3 Kunda Nordic Tsemendi aastatoodangust. Peale kõrgemargilise põlevkivituhk-portlandtsemendi ja selle valmistamise meetodi on V. Kikase uurimisrühm välja töötanud erinevad tsemendid, sideaine, põlevkivituhksideaine ja Eesti põlevkivituha kukersiidi baasil gaasbetooni, mis on kasutusel gaasbetoon-müürikivide valmistamisel.

Ehitustehnoloog Ilja Ragnar Auriste on enam kui kahekümne leiutise autor. Ta kuulus Agu Aarna juhitud töörühma, uurides eelkõige DFK-liimide tugevusomadusi. Täpsemalt tema tegevuse kohta vt keemia- ja materjali-teaduskonna ülevaatest.

I. R. Auriste leiutistest ehituse vallas märkigem koostöös Henno Remmaga loodud plastbetooni, mida kasutati lennuväljade lennuraja tihendamiseks, ja seadet sideainete pidevaks segamiseks, mille kaasautor oli Enno Sorki.



Verner Kikase (paremalt teine) juhendatav töörühm.

Ehitusmaterjalide alal on Raimond Otsmanil ja Värdis Reimanil (1) leiutis „Kvartslüivade sobivuse määramise viis silikaatbetooni valmistamiseks”.

Ehituskonstruksioonide alal on märkimisväärseks saavutuseks **Johannes Aare** ja **Valdek Kulbachi** konstrueeritud unikaalsed mastkraanad kuni 1000-tonniste seadmete tõstmiseks. Tõstemastide ja silindriliste reservuaaride alal on neil kuus leiutist. 1985. aastal autasustati J. Aaret ja V. Kulbachi märkimisväärse tehnoloogilise saavutuse – suure tõstejõuga mastkraanade konstrueerimise, katsetamise ja juurutamise eest NSVL Ministrite Nõukogu



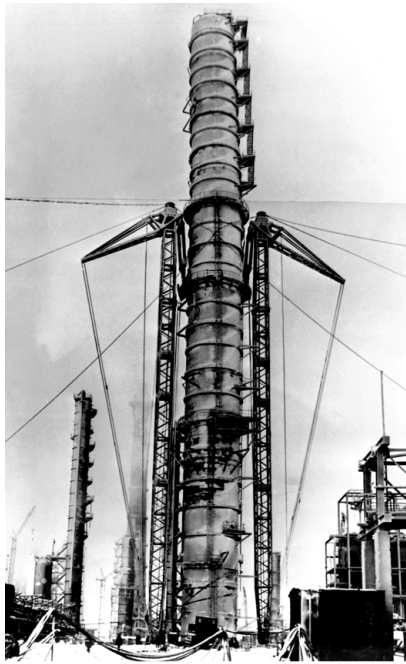
1



2



3



4

1 - Tallinna telemast; 2 - Iru korsten; 3, 4 - tõsteseadmed.

preemiaga. Tõstemastide arendamine sai alguse Johannes Aare ja Tallinna masinatehase vahelisest koostööst, mille tulemusel loodi 200-tonnise tõstevõimega montaažimastid, mis said tuntuks NSV Liidu tööstuspiirkondades. Peatselt tekkis vajadus kuni 500-tonniste reaktorite tõstmiseks. Eriti õnnestunuks loetigi 500-tonnise tõstevõimega tõstemaste kuni 100 m kõrguste seadmete paigaldamiseks. Nende projekteerimisel rakendati rida uudseid lahendusi. Eesmärgiks oli saavutada mastide tõstevõime kasv ilma nende massi oluliselt suurendamata. Näiteks 1971. aastal Prantsusmaalt toodud raskete reaktorite paigaldamisel Ufaas kahtlesid prantslased tõstemastide kandevõimes, kuna need olid liiga „saledad“. Reaktorite paigaldamisel ei tekkinud aga mingeid probleeme. Tuleb märkida, et meie mastkraanade vantide arv oli 4, mis oli oluliselt väiksem kui välismaistel analoogidel (6–10). See asjaolu lihtsustas oluliselt mastide monteerimist. Edasi tekkis vajadus juba kuni 1000-tonniste reaktorite tõstmiseks. Esmakordselt kasutati selliseid tõstemaste 1977. aastal Omskis 750-tonniste reaktorite paigaldamisel, 1982. aastal Tobolskis aga juba 1000-tonniste ja 100 m kõrguste reaktorite paigaldamisel. Tuleb märkida, et nende tõstemastide projekteerimisel kasutati esmakordselt piiriolukordade meetodit. Tõstemastid pälvisid Prantsuse ja USA firmade suure tunnustuse.

Sanitaartehnika ja keskkonna tehnoloogia alal on ehitusteaduskonna õppejõud-teadurid teinud 39 leiutist, neist veetehnika alal 23.

Eelkõige väärib märkimist hapnikuandurite väljatöötamine sanitaartehnika problemlaboratooriumis. Hapnikuandurite loomist alustati 1971. aastal, mil laborisse tuli tööle Rein Marvet. Hapnikuandurite valmistamise tehnoloogia põhinebki **Rein Marveti (7)** ja **Teet Jäetma (5)** leiutistel. Lisaks on Rein Marvet osalenud ka vee biokeemilise töötlemise ja elektromagnetilise vooluhulgamõõduri loomisel. Koostöös Harju KEKiga valmis 1974. aastal esimene kantav hapnikumõõtur, millel oli hapniku näit juba milligrammides liitri kohta ja temperatuuri näit Celsiuse kraadides. See, NSV Liidu esimene hapnikumõõtur, sai üleliidulisel rahvamajandussaavutuste näitusel mitmeid medaleid.

Möödunud sajandi 70. aastate lõpus korraldati hapnikumõõturite riiklikud katsetused. See oli üldse esimene selletaoline katsetus Eesti kõrgkoolides ja hapnikumõõtur kanti riiklikku registrisse (nn GOS-register). 1980. aastatel valmistatud tuhandeid hapnikumõõtureid müüdi kogu NSV Liidus.

1988. aastal Lappeenranta (Soome) elektroonikaettevõttega alustatud koostöö viis igati ajakohaste hapnikumõõturite valmistamiseni. 1990. aastal valmis kantav hapnikumõõtur Marvet AJ90 ja 1991. aastal statsionaarne hapnikumõõtur Marvet AJ91, mida valmistati Eestis, müüdi Soomes, Rootsis

ja mujal Euroopas. Aastal 1991 asutati OÜ Elke Sensor ning sellest ajast alates valmistatakse mõõteriistu Eestis. Hapnikumõõtureid eksporditi alates 1995. aastast Soome, siis Rootsi, Saksamaale, Tšiilisse, Ungarisse ja mujale. 2000. aastast tehakse koostööd tuntud firmaga Hach-Lange, hapnikuandureid saadetakse USAsse ja Euroopa tütarfirmale. Praegu on koostöö ka mitme hapnikumõõtureid valmistava firmaga Saksamaal, Ungaris ja Venemaal.

Heino Mölderi juhitud uurimisrühma leiutised (7) kuuluvad reoveepuhastuse valdkonda. Kehra tselluloosi- ja paberikombinaadi reoveepuhastuse seadmetele sobiva puhastuskeemi uurimisel-väljatöötamisel pakuti välja originaalne mehaanilis-keemilise eelpuhastuse meetod, kus lubja asemel kasutati põlevkivituhka. Meetodi kaasautor oli Leo Tepaks.

1970. aastate alguses alustati esimestena NSV Liidus uute efektiivsete reovee bioloogiliste väikepuhastite rajamist. Pakuti välja originaalseid tehnilisi lahendusi, näiteks kavitatsiooniline rootoraeraator ja heitvete biokeemiline puhastus. Leiutiste kaasautorid olid Enno Kirt ja Jaanus Ütt.

Koostöös üleliidulise ehitusinseneride kaugõppeinstituudi teadlastega töötati koridori tüüpi aerotankide jaoks välja originaalsed retsirkulatsioonisüsteemid ja madalrõhulise aeratsiooni tehnilised lahendused, mida kasutati Tartu reoveepuhastusjaama esialgses projektis ja sama jaama ehitamisel alates 1987. aastast.

Enno Kirdi (5) ülejäänud leiutised on seotud reovee bioloogilise puhastusmeetodi edasiarendamise ja reovee väikepuhastite, sh ringkanalite konstruktiooni täiustamisega.

Olev Sakk on välja töötanud koalisiaatoriga õlialaldi ja on toiduainetööstuses kasutatava kondipasta tootmismeetodi kaasautor.

Heldur Lond on kaasautor joogivee puhastamise meetodi ja kahe aeraatori loomisel.

Hüdraulika laboris on juurutatud leiutis „Vedeliku kulu ja rõhu registreerimise seade“, kus kaasautoriteks on **Tiit Koppel** ja **Uno Liiv**.

Kütte ja soojusvarustuse alal on **Teet-Andrus Kõivul** 16 leiutist, neist 12 koos V. G. Dratšnjoviga Leningradist (üleliidulisest hüdromehaanika, sanitaartehnika ja eriehitustööde instituudist).

Soojusvarustuse alal on enim huvi pakkuvad kaks leiutist elevaatorsõlme täiustamiseks ning automatiseeritud elevaatorsõlm. Esimeste puhul on tegemist kahedüüsilise elevaatorsõlme ja selle moderniseeritud variandiga, mis leidsid kasutamist hoonete küttesüsteemide ühendamisel kaugküttevõrguga. Kahedüüsilist elevaatorsõlme rakendati laiaulatuslikult Pihkva linna soojusvarustuse süsteemis, samuti Kasahstani ja Eesti kaugküttesüsteemides, aga ka teistes NSV Liidu linnades. Leiutis „Elevaatorsõlm“ oli

oluline lahendus soojuse säästmisel kaugküttesüsteemides ja leidis laialdast vastukaja, sest muutis tolleaegsed soojussõlmed reguleeritavateks. Leiutis „Automatiseeritud elevatorsõlm“ (kahedüüsilisel elevaatoril-jugapumbal põhinev automatiseeritud soojussõlm) oli endises Harju Elektris ja kodumasinat remonditehases väikeseeriatootmises ning juurutati Tallinna, Viimsi jt kaugküttesüsteemides. Leiutist eksponeeriti paljudel näitustel, selle väljatöötamise ja rakendamise eest anti autorile üleliidulise rahvamajandus-saavutuste näituse hõbemedal. Tallinna elamutes on juurutatud peale eelnimetatute ka välisõhu temperatuuri andur küttegaafiku järgi töötavale seadmele.

Soojusväljastussüsteemi reguleerimise tehniline lahendus kätkes endas soojussõlmede automaatregulaatorites kasutatavat kütte- ja sooja tarbevee süsteemi koordineeritud töö põhimõtet.

T.-A. Kõiv pakkus välja meetodi elamute küttesüsteemi soojuskandja temperatuuri seadistamiseks. Meetod annab võimaluse muuta ühetoru-küttesüsteemide püstikud reguleeritavaks, mis võimaldab suhteliselt lihtsate vahenditega tagada soojuse säästu näiteks renoveeritud otsaseintega korter-majades.

Aksel Jürgenson (2) jt töötasid välja ehitusplatsidel kasutatavad dünamomeetrid ning Siim Idnurm, Hillar Aben jt lahendused pingete määramiseks.

Energeetikateaduskond

2008. aastal möödub 50 aastat energeetikateaduskonna asutamisest. 9. aprillil 1958 otsustas TPI nõukogu laevaremonditeaduskonna ja osalt mehaanikateaduskonna baasil moodustada alates 1958/59. õppeaastast energeetikateaduskonna. Algselt kuulusid teaduskonda soojusenergeetika, elektrisüsteemide, tööstuse elektrifitseerimise, teoreetilise ja üldelektrotehnika ning laevajõuseadmete kateedrid. Aja jooksul on kateedrid vahetanud teaduskondi, muutnud oma nimetusi ja teisendunud instituutideks. Valdav osa teaduskonna nimel esitatavatest leiutistest kuulub elektrotehnika ja tööstuse elektrifitseerimise valdkonda, autoriteks on tänaste elektrotehnika aluste ja elektrimasinate ning elektriajamite ja jõuelektroonika instituudi endised ja praegused töötajad.

Energeetikateaduskonnas kujunes professor **Aleksander Voldeku** poolt 1954 algatatud **magnetohüdrodünaamika** (MHD) uuringutest välja tugev uurimis- ja arenduskeskus MHD-seadmete ja lineaarajamite alal. MHD-seadmete uurijate koolkond on leidnud ka rahvusvahelist tunnustust. Tööde sisuks oli elektromagnetvälja kasutamine sulametallide transpordiks, segamiseks ja keerutamiseks valutööstuses või elektrienergia genereerimiseks; samuti ka vastavate seadmete kasutamine metallurgia ja valutööstuse automatiseerimiseks. Teadurite loodud seadmete põhilisteks rakendusvaldkondadeks oli must- ja värviline metallurgia, aatomienergeetika ning lennuki- ja lennukimootoritööstus. Magnetohüdrodünaamika põhimõtteid uuriti-rakendati paljude sulametallide, nagu Al, Mg ja nende sulamite, Na, Hg, Pb, Zn, haruldaste muldmetallide ja nende sulamite ning muude elektrit juhtivate vedelike teiseldamiseks või segamiseks. Energeetikateaduskonna õppejõud ja teadurid Aleksander Voldek, Hugo Tiismus, Hans Jänes ja Endel Risthein said tehtud töö eest 1967. aastal ENSV riikliku preemia.

Magnetohüdrodünaamika uurimis- ja arendustöö kulges kasvava intensiivsusega kuni 1980. aastate lõpuni, mil tööde tellimine ja finantseerimine lõpetati. Veerand sajandi jooksul olid siin hõivatud üle 20 tehnikakandidaadi kraadiga õppejõu, paljud teadurid ja insenerid. Tööde tulemuseks oli üle 50 praktikas rakendatud leiutise ning paljud esmarakendused maailmas. MHD suuna baasil arenes omakorda välja lineaarajamite suund, mida juhtis professor Juhan Laugis, kellele anti ENSV teenelise leiutaja nimetus ja kelle nimel on tänaseks 38 leiutist nii MHD kui ka lineaarajamite alalt.

MHD-alase uurimis- ja arendustöö tulemusena loodud põhilised seadmed olid sulametalli induktsioonpumbad, kulumõõturid, keerutid ja segistid ning ka sulametalli dosaatorid ja valutööstuse automaatikavahendid.

Sulametallide ja muude **vedelike kulu- ehk vooluhulga mõõturid** võimaldavad määrata mingi kindla aja jooksul toru või kanali ristlõiget läbinud vedeliku mahtu. Elektromagnetiline induktsioonkulumõõtur mõõdab vooluses paikneva rootori ümber olevas mähises indutseeritud elektromotoorjõudu, mis on võrdeline vedeliku vooluhulgaga. Enim leiutisi on sel alal **Volf Mežburdil** (12). Need käsitlevad kulumõõturite eri komponente, muundamise ja gradueerimise meetodeid. Leiutiste kaasautoriteks on Ants-Kasper Kõiv, Tarmo Rosman, Eugen Puusepp, Juhani Tellinen, Lembit Reimal, Ants Meister ja Mart Rosmann. Vedelike kulumõõturite alal toimus pikaajaline tihe koostöö tootmiskoondisega Tööstusaparaat, mille toodangus neid leiutisi rakendati.

Ülikoolis loodud **sulametalli keeruteid ja segisteid** kasutatakse valutööstuses valutoorikute ja detailide kvaliteedi parandamiseks. Pooljuhtmaterjalide puhul kasutatakse pöörleva ja kombineeritud elektromagnetväljaga MHD-seadmeid pooljuhtmonokristallide kasvu mõjustamiseks. Selles valdkonnas on suurimad teened **Viktor Keskülal**, kelle leiutised on seotud pooljuhtmaterjalide monokristallide kasvatamise ja monokristalli kasvu juhtimiseks kasutatavate segistitega (3) ning sulametalli pihustamise seadmetega (3). Monokristalli kasvu juhtimisseadmetega ühtlustatakse lisandite jagunemist monokristallide kasvatamisel. Uudsete seadmete kasutamisel suurenes ühest monokristallist saadava vajaliku kvaliteediga materjali hulk 40 protsendilt 80ni ehk kaks korda. Hapniku algselt väga ebaühtlane jagunemine piki monokristalli asendus ühtlase jagunemisega. Seadmeid katsetati kosmoses. Sulametalli pihustamise seadmed valmisid katseseadmetena uute tehnoloogiliste protsesside tarbeks. Leiutiste kaasautoriteks olid Lembit Reimal, Ilmar Tergem ja Aleksander Kilik. Viktor Kesküla loodud spiraalkanaliga MHD-induktsioonpumpasid kasutati aatomienergeetikas sulametall-soojuskandja transpordiks (2).

Aastail 1962–1972 alustas elektrimasinate kateedri juhataja **Hans-Arnold Jänes** MHD- ja lineaarmasinate uurimist koos akadeemik Aleksander Voldekuga. H.-A. Jänes on 10 leiutise autor, põhiliselt MHD- ja lineaarelektromasinad, nende põhisõlmed ja nendele tuginevad tootmistehnoloogia seadmed. Viimastest üks on vedelmetallist räbu eraldamiseks ja kaks kummi pidevvulkaniseerimiseks. Leiutiste kaasautoriteks on Evald Külm, Alar Kont, Lembit Rannu, Veiko Siimar, Hugo Tiismus, Aleksander Voldek ja Kalvi Šilf.

Tootmise automatiseerimiseks oli oluline luua paindlikult **juhitavad elektritoiteallikad**. Pikka aega olid selleks kasutusel ferromagnetilise materjali küllastusprotsessidel põhinevad magnetilised muundurid (magnetvõimendid). Täiustatud magnetiliste muundurite baasil töötati **Vello Sarve** ja **Tiiu Sakkose** osalusel välja rida uudseid toiteseadmeid alalisvoolu-plasmatronidele ja erinevatele magnetsüsteemidele, mida rakendati nii NSV Liidus kui ka mujal maailmas.

Pärast jõupooljuhttehnika sünni (türistori leiutamist 1956) alustas Tallinnas asuv elektrotehnikatehas 1960. aastate algul katsetusi jõupooljuhtide tootmiseks. Ühtlasi alustati Eestis uurimis- ja arendustööd mitmesuguste **jõupooljuhtseadmete** loomiseks. Selles töös osalesid koos V. Sarvega ka T. Sakkos ja teised energeetikateaduskonna töötajad.

1980. aastatel sai põhiliseks uurimissuunaks muundusseadmete elektromagnetiline ühildamine koormuse ja toitevõrguga. Muundusahelates toimuva energiavahetuse seaduspärasuste tundmaõppimine võimaldas rakendada uudseid efektiivseid võtteid vähemoonutavate reguleeritavate alaldite, vahelduvpingeregulaatorite ja silumisfiltrite loomiseks, kasutades selleks kas perioodi jooksul sihipäraselt juhitavat faasidevahelist energiavahetust või filtreerimisahelates perioodi jooksul diskreetselt või pidevalt tüüritavaid energiasalvesteid. Esimese mooduse rakendamine faasidevahelise astmeliselt muudetava ülekandeteguriga transformaatori või autotransformaatori abil võimaldab saada paljupulsilisi muunduriskeeme ilma faaside arvu muutvate jõutransformaatoriteta. Teise mooduse rakendamine drosselite keerdu arvu kommuteerimisega või kondensaatorite järjestik-paralleel-ümberlülitamisega perioodi jooksul võimaldab mitmekordselt vähendada filtri ahelates salvestatavat energiakogust ning seadmete massi ja mõõtmeid. Nende põhimõtete alusel töötati välja mitmed uudsed vähemoonutavad alalis- ja vahelduvvooluregulaatorite skeemilised lahendused, millele saadi rida NSV Liidu autoritunnistusi. Leiutiste hulgas oli kolmefaasiline pingeregulaator (15 leiutist), kolmefaasiline vahelduvvoolu-vahelduvvoolu muundur (4), kolmefaasiline vahelduvvoolu-alalisvoolu muundur (5),

kolmefaasiline alaldamis- ja sümmeerimisseade (1), alaldi väljundpinge silumisseadmed (6), sageduse kolmekordisti (2) ja reguleeritav sageduse kahekordisti (1). Peale Vello Sarve olid leiutiste kaasautoriteks ülikoolist Tiiu Sakkos, Heinar Sakkos, Juhan Laugis, Leo Karafin, Aivar Reivik, Teolan Tomson ja Maire Hansen.

1972. aastal alustati professor **Jaan Järvi**ku eestvedamisel uurimis- ja arendustööd tööstusettevõtete elektrivarustuse automatiseerimise alal. Hiljem loodi ka vastav elektrivarustuse automaatika laboratoorium. Uurimisobjektideks olid sügavküllastusega ferromagnetseadmed, reaktiivvõimsuse reaalaja-kompensaatorid ning jada- ja rööpresonantsi vaheldumisega muundurid. Põhilised leiutised on valdavalt võimsate elektriliste küllastusreaktorite ja juhitavate reaktorite, reaktiivvõimsuse kompenseerimisseadmete, alalisvoolu-kaarajude ja kaarkeevituse toiteseadmete ning elektri kvaliteedi tagamise ja elektromagnetilise ühilduvuse alalt.

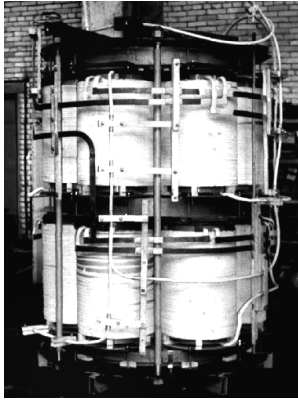
Reaktorite leiutamise põhiidee oli muuta (ilma filtreid kasutamata) mitte-lineaarsed küllastuva magnetahelaga seadmed näivalt lineaarseks ja konstruktsioonilt lihtsaks. 1980. aastal valmis Eesti Energia Turba tootmisbaasis originaalse konstruktsiooniga kõrgepingeline juhitav reaktor Valgevene energiasüsteemile. Küllastusreaktor võeti tööle 20. augustil 1991. aastal Baikali–Amuuri magistraali elektrivõrgus Burjaatias. Ainulaadne võimas 525 kV juhitav reaktor valmis koostöös Zaporozje trafotehase, Alma-Ata ja üleliidulise elektrotehnika instituudi spetsialistidega 1992. aastal.

Jaan Järvi ku 30 leiutise (sh 23 välisriigi patendi) kaasautoriteks on Juhani Tellinen (17 leiutist), Kuno Janson (9), Ardi Reiner (8), Heljut Kalda, Toomas Vinnal, Rain Lahtmets, Eino Sepping, Jevgeni Šklovski, Ain Pool, Igor Davõdov, Ülo Kala, Helmuth Veiler, Enn Sinioja, Koit Antsmäe ja Indrek Tõnuri.

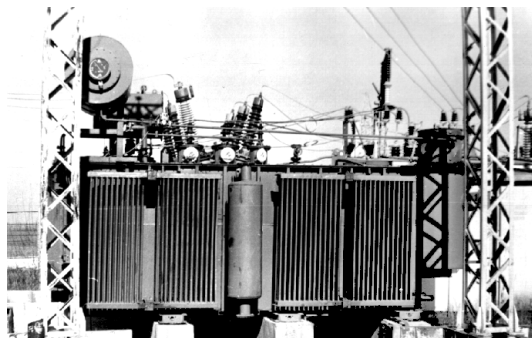
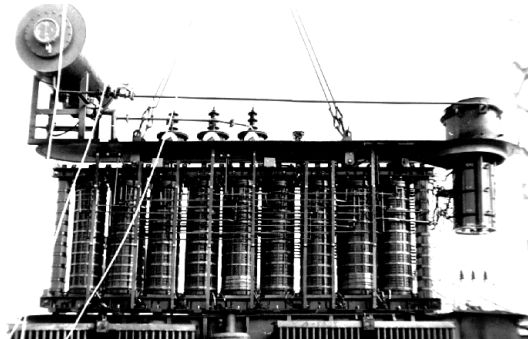
Võimsate, sagedaste talitlusühiste, toitekatkestuste ja tavatalitluse juhusliku kiire vaheldumisega ebalineaarse tunnusjoonega kaarleek-terasesulatusahjude muutmine võrgusõbralikuks on väga keeruline ülesanne. Selle lahendamise käigus sündis ilma välise juhtimiseta koormusega isekohastuv uus resonantsmuundurite klass, mis ideaalselt sobib „tõmblevate“ tarbijate „taltsutamiseks“ ja mis kaotab kõik oma eelised „korralike“ tarbijate puhul. Sellise muunduriga toiteallikate tõhusust on kinnitanud kahe kaarahju pikaajaline tulemuslik töö Tšeljabinis.

Patenteeritud on ka kaudse ja lihtsa võimsusteguri korrektsiooni-meetodiga alalisvoolu-vahelduvvoolu muundurid. Muunduritel on loomulik langev pingevoolu tunnusjoon, mis teeb nad eriti sobivaks elektrikaare toitmisel, kondensaatorite laadimisel ja muude kiiresti ja suures ulatuses

muutuvate koormuste (nt kaarkeevitusaparaatide) toitmisel. Välja on töötatud originaalne kaarkeevitusaparaat.



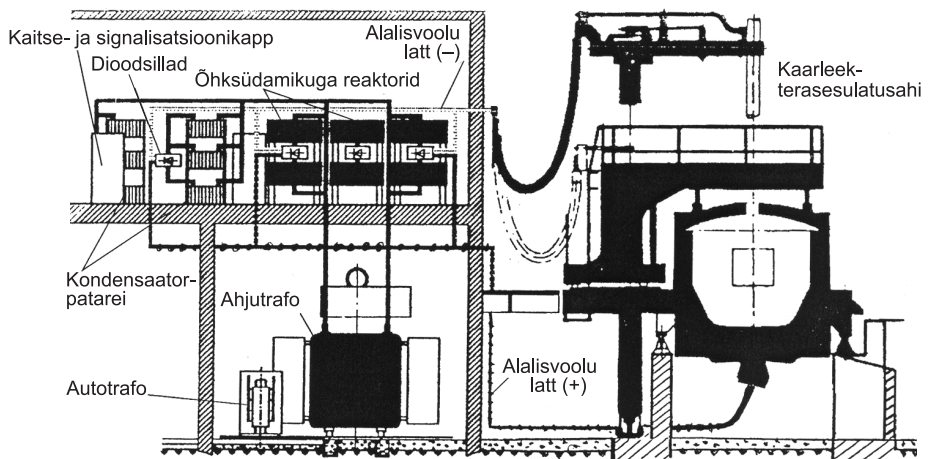
Esimese Eestis leiutatud juhitava reaktori aktiivosa ja reaktori katsetamine Ellamaa alajaamas 1980. aastal.



Eestis leiutatud ja projekteeritud küllastusreaktori tööselülitamine Burjaatias 20. augustil 1991.



Maailma esimene võimas $3 \times 60 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ja 525 kV juhitav reaktor Zaporozhje katsehallis 1992. aastal.



Kaarleek-terasesulatusahju alalisvoolutoiteallika (8,5 MW) koostesõlmede paigutus Tšeljabinski metallurgiakombinaadis.

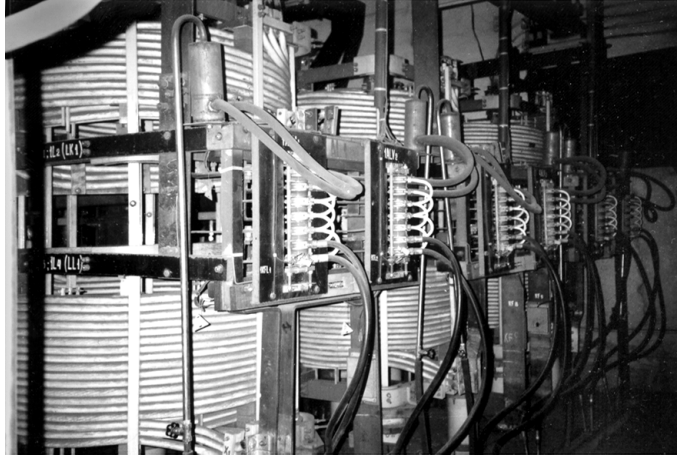
Induktsioonaparaatide mähiste väljavõtete ümberlülitamiseks koormuse all ja lülitusliigpingete vältimiseks leiti mitu originaalset pooljuhttehnikale tuginevat lahendust. Trafo mähis lõhestatakse ümberlülitamise ajaks kaheks rööpmähiseks, mis lühiskontuuris on lülitatud jadamisi ja piiravad ahela lühisvoolu ohutu väärtuseni. Kondensaatorpatarei astmete sisse-väljalülitamisel on samuti liigpingete ja -voolude oht. Siirdeprotsesside minimeerimiseks sobivad paremini kontaktivabad türistorlülitid. Suurte voolude korral aga eralduvad neis märgatavad kaod. Et kasutada mõlema lülititüübi eeliseid, töötati välja kondensaatorpatarei astmete ja trafomähiste väljavõtete originaalse teenindava türistorlüliiti/ümberlüliiti prototüübid.



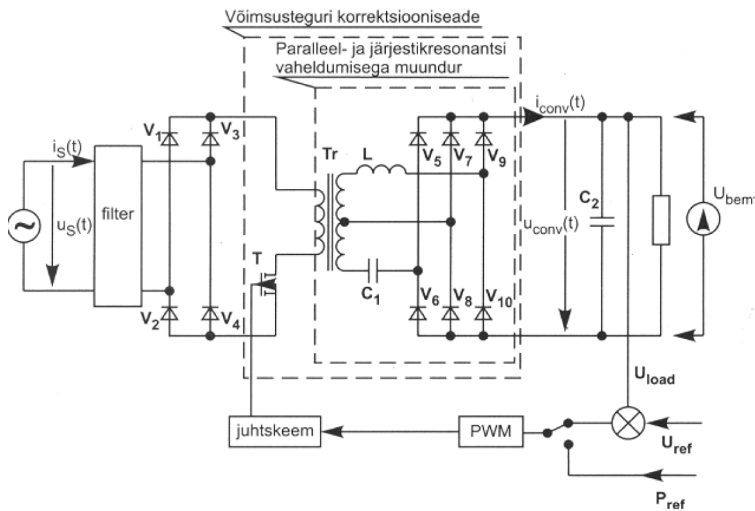
Automaatse 12-astmelise kondensaatorpatarei teenindava türistorlüliiti valijalüliiti, nimivool $I = 1 \text{ kA}$, pingeline $U = 380 \text{ V}$.

Juhani (Ivan) Tellinenile välja antud 13 NSV Liidu autoritunnistust ja 16 välisriigi patenti on põhiliselt võimsate elektriliste küllastusreaktorite ja juhitavate reaktorite ning kujumäluga magnetiliste metallide alalt. Viimased on tehtud J. Tellineni tööperioodil Helsingi Tehnikaülikoolis.

Kuno Jansoni leiutised on põhiliselt võimsate pooljuhtmuundurite valdkonnast ja seotud elektrotehnoloogiliste seadmete toiteallikatega. Nendele on välja antud 8 NSV Liidu autoritunnistust ning 1 Eesti ja 22 välisriikide patenti. Leiutisteks on: vahelduvvoolu-alalisvoolu muundur (2), vahelduvvoolu-alalisvoolu muunduri võimsusteguri korrektsioonimeetod ja muundur meetodi realiseerimiseks (1), alalisvoolu-kaarleeksulatusahjude juhitav toiteallikas (1), voolu reaktiivkomponendi kompensator (1), induktsioonaparaatide ja trafode mähiste koormuse all ümberlülitamise seadmed (3), türistoride juhtimisseade (1).



Osa alalisvoolu-kaarleeksulatusahju toiteallikast ESTA 8,5 MW.
Toiteallikas töötab Venemaal, Tšeljabinskis alates 1994. aastast.



Võimsusteguri kaudse ja passiivse korrigeerimisvahendiga muunduri skeem, mille põhjal on välja töötatud uut tüüpi kaarkeevitusaparaat.

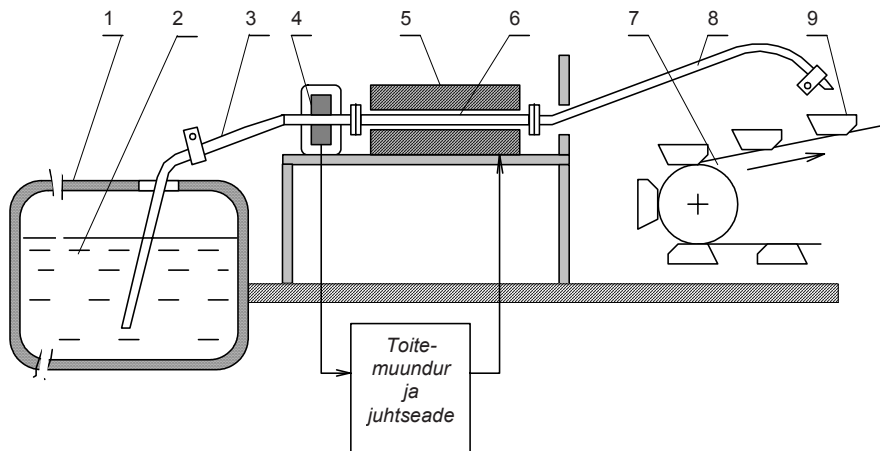
Ardi Reineri leiutisteks on võimsad elektrilised juhitavad reaktorid kõrg- ja ülikõrgpinge ülekandeliinidele (4), juhitav lineaarmootor (2), eelmagnetimisega juhitav kolmefaasiline trafo-pingestabilisaator (1), automaatjuhtimisega kondensaatorseade (1). Leiutiste kaasautoriteks on Jaan Järvik, Juhani Tellinen, Eino Sepping, Rain Lahtmets, Ülo Kala ja Helmuth Veiler.



Jaan Järviku juhtimisel loodud ning mitmeid TTÜ teadurite leiutisi sisaldav tehase Amurstal dünaamilise reaktiivvõimsuse kompensaaatori (35 kV, 160 Mvar reaktor ja 132 Mvar mahtuvusvõimsus) reaajas toimiv juht-, kaitse- ja diagnostikasüsteem. Esimene süsteem paigaldati Moldova metallurgia-tehase sama võimsusega kompensaaatorile.

1980. aastal moodustati **elektriamite kateedri** juurde NSV Liidu lennukitööstuse ministeeriumi **elektriamite ja automatiseeritud juhtimis-süsteemide tööstusharulaboratorium**, mida juhtis professor Juhan Laugis. Kateedri õppejõud ja teaduslabori töötajad seadsid endale ülesandeks **automatiseeritud valutehnoloogia väljatöötamise**. Tehnoloogiat arendati kahes suunas: statsionaarsete ja teisaldatavate valuseadmete väljatöötamiseks. Vertikaalse konveieriga sulamagneesiumi MHD-dosaator (vt lk 28) juurutati Kasahstanis Ust-Kamenogorski titaani-magneesiumikombinaadi magneesiumi valutsehhis. Sulamagneesium (2) pumbatakse ahjust (1) konveieri (7) valuvormidesse (9). MHD-ajam koosneb tasapinnalisest lineaarsest induktooriga (5), kanalist ja sulametalli voolutorudest (3) ja (8). Metallide voolamise kiiruse mõõtmiseks ja stabiliseerimiseks kasutatakse vooluhulga andurit (4). TTÜ töötajatele on väljastati esimesed autoritunnistused MHD-pumba ning sulametalli valamise ja doseerimise kohta juba 1966. aastal. Hiljem, aastatel 1967–1991, saadi sulametalli elektromagnetiliste doseerimise meetodite ja seadmete kohta kokku 18 autoritunnistust. Leiutiste autoriteks olid H. Tiismus, J. Laugis, R. Kask, H. Sakkos, T. Lehtla, R. Teemets, Ü. Kala,

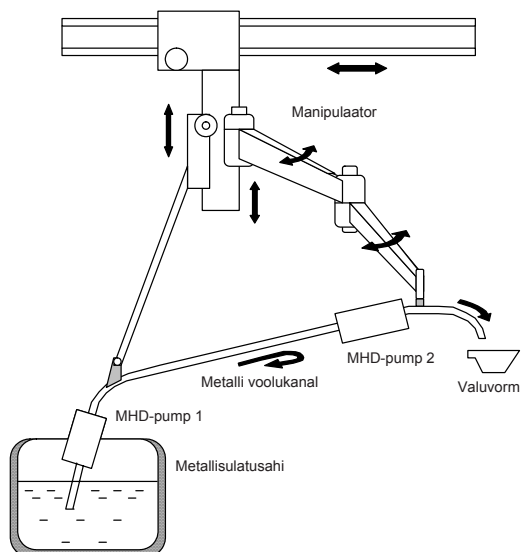
V. Loigom, E. Pettai, A. Musikka, A. Oorn, J. Sarandi, H. Oorn, A. Karboinov, R. Jansikene, A. Arusoo, Ü. Merisalu, M. Saarma Tallinna Tehnikaülikoolist, A. Pavlov, V. Belonog, E. Semenov, G. Tšistjakov Kaasani mootorihituskoondisest ning J. Golotov, V. Kainov ja B. Družinin tehases nr M-5671.



Vertikaalse konveieriga sulamagneesiumi MHD-dosaator.

Teisaldatav sulametalli doseerimise süsteem koosneb sulametalli MHD-ajamist, mis on kinnitatud SCARA tüüpi horisontaalse liigendkäega manipulaatori külge. Dosaatorit saab kiiresti teisaldada ühe sulametallikatla juurest teise juurde ning täita operatiivselt eri kohtades asuvaid sulametalli valuvorme. Seadet tervikuna võib nimetada valurobotiks, mille sulametalli trakti kohta on väljastatud autoritunnistus. Leiutise autoriteks on J. Laugis, A. Oorn, E. Pettai, J. Tolstuhova, V. Belonog ja E. Semenov.

MHD-ajam koosneb kahest lineaarsest MHD-pumbast ja sulametalli kaksikkanalist. Pump 1 on pidevalt ilutluses ja reguleerib sulametalli tsirkuleerimist kanali torudes. Torud on pidevalt täidetud sulametalliga, mistõttu toru seinad ei puutu õhuga kokku ja metalli oksüdeerumine on minimaalne. Pump 2 töötab doseerimiseadmena. Sulametalli voolu saab lülitada sisse ja välja või reguleerida pidevalt valuvormi sulametalliga täitmise kiirust, sõltuvalt tehnilistes tingimustes ettenähtud nõuetest. Kahe pumba kasutamine annab ühepumbalise dosaatoriga võrreldes olulise eelise, sest ajami parameetrid on ajas oluliselt stabiilsemad ning väheneb metalli oksüdeerumine ja torude mustumine doseerimispauside ajal.



Valurobot koos integreeritud sulametalli MHD-ajamiga.

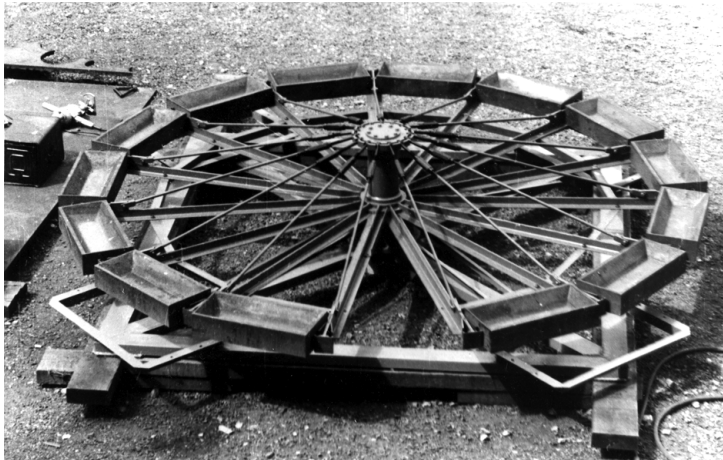


Teisaldatav sulametalli MHD-ajam.

Valutehnoloogias kasutati valdavalt vertikaaltasandil liikuvat konveierit, mille puhul valuvormide soojendamine enne sulametalli valamist toimus gaasileegi abil. Tehnikaülikooli teadurid ja insenerid töötasid välja karussellkonveieri, mille liikumapanemiseks kasutati elektromagnetilisi lineaarseid induksioonmasinaid. Samadest masinatest saadavat energiat kasutatakse ka valuvormide eelkütteks. Lisaks töötati välja spetsiaalne energia neelav valuvormide konstruktsioon. Leiutiste autorid olid H. Tiismus, J. Laugis,

J. Sarandi, R. Teemets, A. Arusoo, H. Sakkos, R. Kask ja V. Loigom ülikooli poolt ning A. Pavlov, V. Belonog, E. Semenov, G. Tšistjakov ja M. Mõntseva Kaasani mootorihituskoondisest. Tööde tulemusena arendati välja kaheots- tarbelise lineaarajami idee, mille järgi energia muundati ajamis mehaaniliseks liikumiseks ja sekundaarsüsteemi soojuseks. Nii sugused ajamid olid eriti vajalikud valutööstuses, mil sulametalli sai valada vaid eelkuumutatud vormidesse.

Joonisel näidatud karussellkonveieri liikumapanemiseks ja vormide soojendamiseks on kasutusel 2...4 vahelduvvoolu-linearmootorit. Pärast vormide täitmist sulametalliga ja metalli jahutamist kuni tahkumistemperatuurini tühjendatakse vorm automaatselt. Konveieri liikumise kiirust ja valuvormide asukohta mõõdetakse impulssanduriga. Vormide temperatuuri mõõdetakse vahetult enne sulametalli valamist vormi.



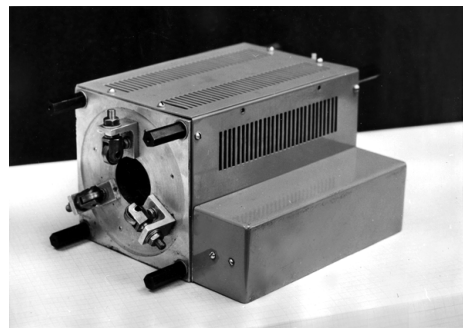
Eelkuumutatavate valuvormidega ja lineaarinduktoritega automaatne karussell-valumasin.

Valutööstuse automatiseerimiseks töötati välja palju erinevaid seadmeid, sest sulametallide erinevad omadused tingisid ka olulisi muudatusi seadmete konstruktsioonis ja materjalide valikus. Seadmed juurutati metallurgia- ja valutehastes Moskvast, Nižni Novgorodis ja Kaasani; Ukrainas, Gruusias ja Kasahstanis ning mujal tollases NSV Liidus. Eksootilisematest töödets võib nimetada ajameid seatina- ja tseeriumisulamite transportimiseks, keeruteid pooljuhtmaterjalide tootmiseks ning katseseadet naatriumsoonega kaablite valmistamiseks, MHD-keeruteid ning kruvijoonelise kanaliga pumpasid terase, räni ja pooljuhtsulamite tarbeks (E. Risthein ja H. Tiismus).



Karussell-valumasina juhtimissüsteemi häälestamine.
 Vasakult Tõnu Lehtla, Aleksander Grinko, Juhan Laugis,
 Rein Kask ja Raivo Teemets.

1980. aastatel kandus uuringute raskuspunkt MHD-ajamitelt automatiiseerimise ja robotiseerimise valdkonda ja nende rakendamisele valutööstuses ja masinaehituses. Lineaarmasinade kasutamisega lihtsustati seadmete kinemaatikat ja parandati dünaamilisi omadusi. Valmis tööstuslik katse-seade titaanlehtede automatiseeritud eelkuumutamiseks kolmeefaasilise jooksevvälja induktoriga ja eelkuumutatud titaanlehtede löikamiseks. Seade sisaldas lineaarajamil põhinevat manipulaatorit ja juhtimissüsteemi. Valtsmetalli löikeseade, induktsioonkuumutusseade ja manipulaatori juhtimissüsteem, mille autoriteks on J. Laugis, T. Lehtla, A. Oorn, H. Sakkos, T. Roosimaa, L. Kulmar, V. Belonog ja E. Semenov, sai mitmed autoritunnistused.



Üks paljudest TTÜs väljatöötatud silindrilistest lineaarmootoritest.

Lineaarmasina sekundaarsüsteemi konstruktsiooni autoriteks on J. Laugis, E. Pettai, A. Oorn ja A. Grinko.

Kaasani mootoriehituskoondise tellimusel töötati välja kulgmootoritega pöördlaud reaktiivmootorite turbiinilabade keevisõmbluste kontrolliks ja juurutati nende väikesarjatootmine. Seadme autorid on J. Laugis, A. Oorn, A. Kukrus, A. Reivik ja V. Belonog.



Linearmootoritega röntgenkontrolli pöördlaud.
Vasakult Leo Karafin, Juhan Laugis ja Aivar Reivik.

Induktsioonkuumutuse valdkonnas on loodud seade sisepõlemismootorite karteriõli käivituseelseks soojendamiseks. Seade töötati välja Tallinna Autobussipargi tellimusel, kel oli tõsiseid probleeme 1980. aastatel kasutusel olnud Ikarus-tüüpi autobusside käivitamisega talvistes oludes. Kuna mootorid külmas ei käivitunud, jäeti need sageli kogu ööks tööle. Leiutise autoriteks on J. Laugis, A. Oorn ning H. Linholm ja V. Tahk autobussipargist. Seade patenteeriti kolmes välisriigis.

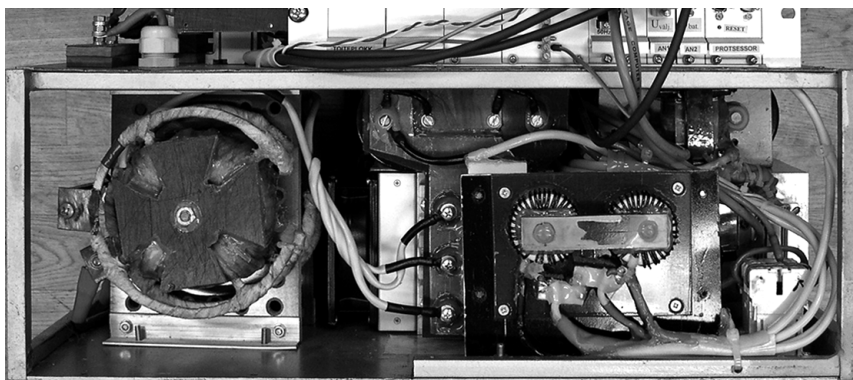
1990. aastate teisel poolel tekkis Tallinna Trammi- ja Trollibussikoondisel huvi elektertranspordi arendamiseks. Elektriagamite ja jõuelektronika instituudi teadurid uurisid trammide ja trollibusside seisundit ning talitlust erinevates oludes. Selgusid mitmed puudused, mida uute tehniliste võimaluste abil sai kõrvaldada. Uurimis- ja arendustöö tulemusena töötati välja uus ajam, uued pardaseadmete toitemuundurid ning uus juhtimissüsteem, mis registreeriti leiutistena Eesti Patendiametis. Leiutiste TTÜ-poolseteks autoriteks olid J. Laugis, T. Lehtla, E. Pettai, J. Joller, A. Rosin, D. Vinnikov, M. Lehtla ja üliõpilane O. Kiritschenko ning U. Heinvere Tallinna Trammi-

pargist. Viieaastase töö tulemusena rekonstrueeriti Tallinnas 28 trammi, mis võrreldes endistega tarbisid sama läbisõidu puhul kuni 50% vähem energiat. TTÜ teadurite pakutud tehnilised lahendused andsid olulist majanduslikku tulu ja pakkusid huvi ka rahvusvahelises ulatuses. Projekti üheks võtmeisikuks olnud Jüri Joller asutas oma firma ja jätkab omandatud oskusteabe varal firma Valmet trammide rekonstrueerimist Helsingis.



TTÜs väljatöötatud muunduritega tramm.

IGBT-transistoridel põhineva vaheldiga ja kõrgsagedusliku vahelüliga alalisvoolumuundurid on välja arendatud ka elektrirongide pardasüsteemide toiteks. Nende võimsus on kuni 50 kW. On loodud prototüübid ning käivad läbirääkimised tootearenduseks firmaga Estel Elektro AS. Leiutise autorid on Dmitri Vinnikov, Juhan Laugis ja Tanel Jalakas.



Elektrisõiduki kõrgsageduslik abitoiteallikas.

Infotehnoloogia teaduskond

Tähtpäevalisi meenutusi ja ülevaateid on kohane alustada kõne alla võetu algusaastatest. Infotehnoloogia teaduskonna instituutide puhul peame meenutama aega ja olusid viiskümmend aastat tagasi. Tol ajal, kümmekond aastat pärast Teise maailmasõja lõppu, oli suure võitjariigi Nõukogude Liidu majandus ja tsiviiltööstuslik tootmine seisus, mis nõudis kiireid meetmeid nende tugevdamiseks ja ajakohastamiseks. Paari aasta jooksul korraldati rida ametkondlikke ja parteilisi nõupidamisi, kus tunnistati vajadust suurendada mehhaniseerimise, automatiseerimise ja sidetehniliste vahendite tootmist ning laiendada aparaaditööstust. Ühtlasi tõdeti, et nii konstrueerimise ja tootmise kui ka eksploatatsiooniga tegelevates asutustes ja ettevõtetes on vähe vajalike oskustega tehnikuid ja insenere. Kõnedele järgnesid otsused ja ettekirjutused piirkondlikele rahvamajandusnõukogudele. Uuendati ka kesk- ja kõrgeriharidust andvate tehnikaõppeasutuste vastuvõtu- ja õppeplaanid, kuhu lisati uusi erialasid. Moskvast saadud juhiste järgi talitati ka Eestis. Et siinsete elektrotehnikaettevõtete (ja mitte ainult nende) tehniline tase ja töökultuur oli ka pärast sõda märksa kõrgemad kui NSV Liidu keskmine, on mõistetav, et ülikooli juhtkond ja Eesti NSV plaanimajanduse juhtijad andsid omavaheliste arupidamiste järel elektrotehnikal põhinevale inseneriharidusele senisest avaramad arenguvõimalused, kuigi ülikooli materiaalsed ressursid ja tolmise kohalikkude majanduselu korraldava riikliku organi rahvamajandusnõukogu toetus olid napid.

Automaatika, telemehaanika ja elektrimõõtetehnika seadmete ja riistade erialale võeti esimesed üliõpilased vastu 1958. aasta sügisel. Raadioaparatuuri konstrueerimise ja tootmise eriala avati ametlikult 1960. aasta suvel. Esialgu tööstuselektronika nime kandnud elektronika eriala üliõpilaste vastuvõtt algas järgmisel, 1961. aastal. Uute erialade õppekavade ja aine-

programmide koostamine ja rakendamine tingis erialakateedrite asutamise. 1960. aasta kevadel asutati automaatika kateeder (juhataja ja uurimis-tegevuse juhendaja Hanno Sillamaa) ja 1962. aastal elektroonika kateeder (juhataja Paul Plakk). Raadiotehnika eriala õppejõud pidid õppe- ja uurimistööd tegema automaatika kateedris kahe eriala jaoks vägagi kitsastes oludes kuni 1966. aastani. Siis sai raadiotehnika kateeder reaalselt teoks (juhataja kt Vladimir Heinrichsen) ning laienesid V. Heinrichseni alustatud uuringud nõrkade signaalide töötlemise vallas.

Esimesed leiutised

Uute õpetamis- ja tegevussuundade juurdumisel oli tähtis roll ülikooli teoreetilise ja üldelektrotehnika kateedril, mida aastail 1953–1962 juhatas **Paul Plakk**, kes freesturba niiskuse mõõtmise jt uurimistulemuste tunnustusena oli saanud Eesti NSV riikliku preemia juba 1950. aastal. Esimesed autoritunnistused tema loodud ja ehitatud mõõteriistadele sai ta (tagantjärele) 1953. ja 1954. aastal.

Samas kateedris alustas oma uurimistööd mõõtmistehnika alal ka **Gunnar Väljamäe**. Halli efektil põhinevate andurite edukas kasutamine esimestes omaehitatud mõõtelülitustes tõi tegijale 1959. ja 1960. aastal esimesed autoritunnistused. Nii Paul Plakk kui ka Gunnar Väljamäe jäid tookord valitud uurimis- ja leiutamisalale truuks kogu pika õppejõuna töötamise aja.

Tänapäevases elus tähtsate materjalide füüsikalise-mehaaniliste omaduste kiire mõõtmine nende valmistamise või käitlemise ajal (P. Plakk) ning stabiilsed ja kontrollitavate karakteristikutega Halli anduritel põhinevad signaalimuundurid (G. Väljamäe) panid aluse kaua kestnud ning tegijate ja kaasaaitajate poolt ühisele leiutustegevusele, mis sai uue hoo pärast kolimist Mustamäele 1967. aastal, iga kateeder oma ruumidesse.

Uute mõõtetehniliste lahenduste otsimisega alustasid peatselt H. Sillamaa aspirandid, insenerid Vladimir Heinrichsen ja Lauri Einer, kes astusid aspirantuuri pärast mitmeaastast töötamist praktikas, esimene vabariiklikus raadiokomitees, teine Eesti Energias.

Signaalitöötlemise suuna valinud ja aspirantuuri järel õppejõuna ülikoolis raadiotehnika eriala edasiarendamisele pühendunud V. Heinrichsen sai oma esimese autoritunnistuse koos G. Väljamäega tehtud leiutisele 1963. aastal.

Reoloogia ja reomeetria ehk tahkuvate reaalvedelike ja vedelsegude omaduste mõõteseadmed

Mitmesuguste vedelike ja vedelate segude voolamisomaduste kiiretoimelise mõõtmise probleemi valinud L. Einer sai ühes noorema kolleegi, hiljem elektroonika kateedrisse siirdunud Vello Männamaaga esimese autoritunnistuse võnkeanduriga viskosimeetrile aastal 1967. Sama töö jätkamine koos kateedri probleemlaboratooriumi tugisamba insener Rein Jõersiga tõi tegijaile kaks autoritunnistust 1969. aastal. Samadel aastatel said valmis laia mõõtepiirkonnaga ja suhteliselt võimsa aktiivanduriga viskosimeetri VM1 ehitusjoonised ja katseksemplarid. Nende elektromehaaniline anduriplokk valmistati ülikooli eksperimentaaltöökojas.

Katsetamine näitas, et arvutusmudeliga valitud lähtesuurused ja nende järgi ehitatud seadme karakteristikud olid lähedased ja edasitöötamist õigustavad. Näiteks sai mõõta vaikliimide tardumise ajaliskulgu ning saada üksikmõõtmiste tulemusi kiiresti ja mitme suurusjärgu ulatuses. Teist ülikoolis valmistatud viskosimeetrit VM1 eksponeeriti üleliidulisel rahvamajandussaavutuste näitusel Moskvast. Eksponaati said külastajad näha lühikest aega, siis viidi see varjule. Põhjenduseks oli eksponeerimisloa puudumine NSV Liidu avastuste ja leiutiste komiteelt (see luba oli, kuid miskipärast ei jõudnud õigel ajal sinna, kuhu vaja!). Ka NSV Liidu aparaadi-ehituse ministeeriumi (Minpribor) soovituskirjad paarile aparaaditehasele (asuda ette valmistama VM1 väikeseeriat) jäid tulemuseta. Vastused olid tolele ajale omased. Armeenia tehase oli nõus, kuid asja edasi arutades leidsid tehase peainsener ja nende ridade kirjutaja mõlemad, et see ülesanne on tehasele liiga keeruline. Tallinnas asunud tehase tõrjus ettepaneku sellega, et oli oma kohustusliku tootmisplaani täitmisega krooniliselt hädas. Viskosimeetriga tutvunute hulgas olid koostööst huvitatud just ehitusmaterjalide teaduslike uurimisinstituutide ja kõrgkoolide betoonmaterjalide laboratooriumite esindajad. Olude sunnil pidid nad leppima seadme kirjelduse ja ehitusjoonistega, millest mõnedki koduste võimaluste puudumise pärast loobusid.

Võnkesüsteemiliste andurite perspektiivikust väikeste viskoossuste mõõtmiseks (mootoriõlid, vedelkütused) tõendas ka Ülo Rømmeli ja Boris Gordoni autoritunnistusi pälvinud tegevus. Tellijale tehtud andurini jõuti ühel juhul (töötanud traktoriõlide viskosimeeter, autorid Ü. Rømmel ja mehaanikainsener A. Pikner Tartust).

Viskosimeetri esikekssemplariga tehtud mõõtmised andsid olulist (isegi avastuslikku) informatsiooni silikaatbetooni instituudi ja Riia Polütehnilise Instituudi betoonilaboratooriumi uurijatele (disperssete segude ja toote-

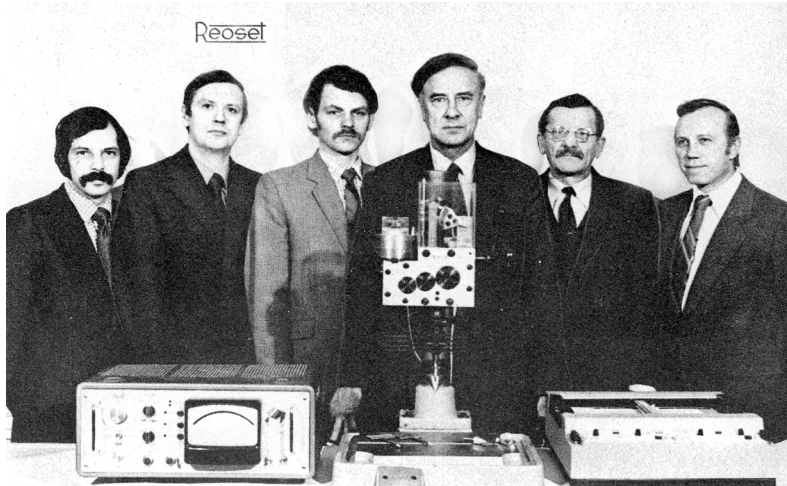
toorikute sisestruktuuri ja mehaaniliste omaduste käitumise kohta auto- klaavieelsel ajal). Seni kasutatud käsitsi mõõtmise vahendite, koonus- ja plaatpenetromeetrite täienduseks konstrueeriti ühiselt (Heino Randma ja Ahto Räni SBIst, ülikoolist G. Väljamäe, S. Seppel ja L. Einer) kaks ühe- suunalist nihkedeformatsiooni mõõtvat seadet, mis said ka autoritunnis- tused (1973 ja 1974).

Leiutustegevus elavnes märgatavalt 1970. aasta paiku. Mitmekordne ümberkolimine oli lõppenud, Halli anduritega tegelevad insenerid ja üliõpilased leidsid (elektroonika kateedri juhataja Otto Pikkovi abiga) elektromagnetilise müra ja mehaanilise vibratsiooni eest varjulise väikese tööruumi II õppehoone keldris. Leping Moskva lähedal asuva pooljuht- materjalide katsetehasega selle toodete karakteristikute stabiilsuse mõõtmiseks lubas andurite parematest partiidest kokkulepitud osa meile jätta. Esiletoomist väärrib see, et ligi pooled edasistest originaalsetest mõõte- seadistest, mis G. Väljamäe eestvedamisel valmisid, sündisid teiste uurijate abistamiseks. Nende hulgas oli mõõtelülitusi ülikooli mehaanikateadlastele (M. Ajaots, A. Jürgenson, T. Tiidemann) ja eriseadeldisi arstiteadlastele (kardioloog Kalju Rägo, silmaarst Leo Schotter, kirurgid Uno Sibul ja Evi Johani). Peamiseks kaasautoriks nendele leiutistele oli juba üliõpilasena G. Väljamäega koos töötama hakanud insener Johan Tilk, samuti vanem- õpetaja Toomas Uutma.

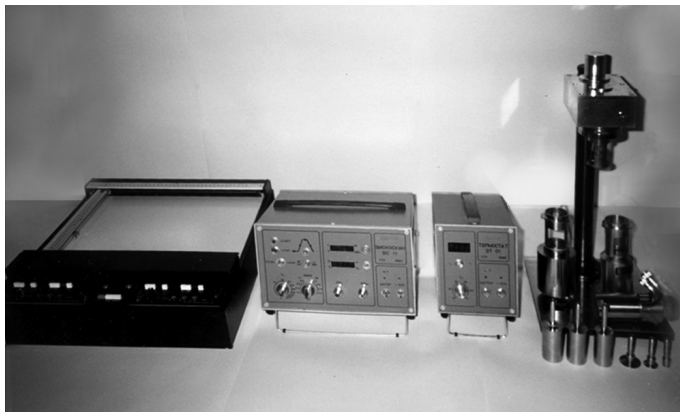
Pikkamööda kujunes reoloogiliste mõõtmistega tegelejalat välja koostöö betooni ja raudbetooni keskinstituudiga Moskvast. Juhtivteadur Klementi Kimi kogemus „tehnilise viskoossuse“ mõõtmise katsetega tehase tingi- mustes oli teda veennud, et alustada tuleb aja nõuetele vastavate labo- ratorsete töökindlate ja automatiseeritud mõõteriistade väljatöötamise ja valmistamisega. Sõlmitud lepingute vahendid andsid reaalse tulemuse 1980. aastatel keskinstituudile valmistatud mitme betoonimassile jt segudele sobiva rotatsioonviskosimeetri ja poolautomaatse plastomeetri ning 3–4 ühise autoritunnistuse näol. Töömahukais ja mitmekülgeid lahendusi nõudnud töödes osalesid õppejõud L. Einer, S. Seppel, T. Uutma, automaatikainsenerid B. Gordon, Ü. Proode, Ü. Rimmel, Ü. Sepp, J. Tilk, U. Umbleja, mehaanikainsener J. Pere jt.

Samasugust või detailsemat ülevaadet vääriskid kahtlemata Jaak Peter- soni ja Rein Jõersi leiutised elektrimõõtetehnikas (eriotstarbeliste voltmeet- rite ja pingekalibraatorite sõlmed), samuti automaatikute teadusuuringute üldjuhi H. Sillamaa leiutusala tegevus, mis sellest ülevaatest etteantud piiride tõttu välja jäävad. Vaadeldud ajavahemiku viimane autoritunnistus automatiseeritud rotatsioonviskosimeetrile anti G. Väljamäele ja kaasauto-

ritele 1991. aasta sügisel. Veidi varem, sama aasta juunikuus sai leidurite tuumik oma tööde eest Eesti Vabariigi teaduspreemia.



Automaatika kateedri uurimisrühm Boris Gordon, Ülo Proode, Johan Tilk, rühmajuht Gunnar Väljamäe, Simmu Seppel ja Toomas Uutma ning nende loodud universaalne plastomeeter.



Reoloogiline mõõtesüsteem.

Automaatika kateedri/instituudi töötajate leiutamises kaasalöödud aastatega kogunenud autoritunnistuste arv on märkimisväärne: Gunnar Väljamäe (32), Johan Tilk (16), Boris Gordon (14), Toomas Uutma (17), Simmu Seppel (18), Lauri Einer (11), Ülo Proode (11), ülejäänutel vähem.



Reoloogilise mõõtesüsteemi autorid
Eesti Vabariigi teaduspreemia kättesaamisel 1991.

Niiskete keskkondade elektriliste parameetrite mõõturid

Võib väita, et tänase elektroonikainstituudi ja, veelgi enam, kogu info- tehnoloogia teaduskonna uurimis- ja arendustööd elektroonse mõõtetehnika alal said alguse **Paul Plakki** tegevusest Tallinna Tehnikumi füüsikalise keemia laboratooriumis 1930. lõpuaastatel. 1940. aastaks oli P. Plakk välja töötanud ja valmis ehitanud vähemalt kolm mõõteriista vedelike parameetrite määramiseks. Neid kasutati nimetatud laboris tööstusettevõtete poolt tellitud uuringute tegemisel. Niiskete keskkondade elektriliste parameetrite mõõtemetodite uurimine realiseerus kahes autoritunnistuses aastatel 1953 ja 1954. Nendel põhinevad puistematerjalide, eeskätt freesturba niiskuse mõõturid olid selleks ajaks juba Tootsi briketitööstuses juurutatud ja töid P. Plakkile 1950. aastal ENSV riikliku preemia. Samateemalise kandidaaditöö kaitses P. Plakk 1952. aastal. Freesturba niiskuse mõõtureid valmistati ülikoolis vähemalt 15 eksemplari. P. Plakk oli aktiivne ka pärast pensionileminekut 1983. aastal. Tema taotlus füüsikalise keemia valdkonda kuuluvale avastusele jäi küll kahjuks rahuldamata, kuid tema poolt kasutusele võetud elektrilise impedantsi meetod oli pioneerlik algatus tänapäeva elektroonikainstituudis harrastatavale uurimistöole elektrilise bioimpedantsi kasutamise vallas. Hilisemal ajal on Paul Plakki alustatud teematikat edasi arendanud tema poeg **Tiit Plakk**, praegune elektroonikainstituudi doktorant, kellele kuulub viis leiutistunnistust aastaist 1988–2005.

Elektromagnetilised kulumõõturid

Ants Meister alustas leiutustegevust 1963. aastal Tallinna elektrotehnika instituudis (laiemalt tuntud ka nn Pirita tee instituudi nime all), kus ta töötas pärast ülikooli lõpetamist 1960. aastal. Tallinna mõõduriistade tehase tellimisel tehtav töö oli seotud peamiselt vedelike elektromagnetiliste kulumõõturite (vooluhulga) mõõturitega. Esimesed neli leiutist aastaist 1963–1966 käsitlevad Halli anduriga muunduril põhinevaid elektromagnetilise kulumõõturi variante. Olulise panuse andsid leiutise kaasautorid Üllar Jõgevest samast instituudist ja Mihhail Gammerman mõõduriistade tehasest. Üks elektromagnetilistest kulumõõturitest õnnestus hiljem juurutada mõõduriistade tehases seeriatootmisse, kus see püsis palju aastaid ühe põhilise tooteliigina. 1972. aastal sai Ants Meister kaks üleliidulise rahvamajandussaavutuste näituse hõbemedalit.

1968. aastal tuli A. Meister õppejõuks ülikooli raadiotehnika katedrisse. Ühtlasi jätkus uurimistöö ja leiutustegevus elektromagnetiliste kulumõõturite alal. Töös osalesid ka elektroonika kateedri õppejõud Viljo Korsen ja Uljas Tamm, samuti Volf Mežburd elektrotehnika aluste kateedrist ning Mart Rosmann koondisest Tööstusaparaat. Pikka aega kuulusid töörühma ka raadiotehnika kateedri uurimislabori töötajad Madis Toomet, Valeri Gerasimštšuk, Jüri Maltsev ja Jaan Vain. Aastail 1979–1982 saadi hulgaliselt autoritunnistusi, millest enamik kannab nimetust “Elektromagnetiline kulumõõtur”, mis leiutise detailsemat sisu ei avanud. See oli tingitud tollasest suhtumisest leiutiste võimalikku kasutuselevõttu. Väga aktiivne oli rühma liige **Jüri Maltsev**, kes neil aastatel tunnistati ka ülikooli parimaks leiutajaks.

Lisaks kulumõõturite temaatikale sai A. Meisteri töörühm veel rea autoritunnistusi kulumõõturite rakendamise seotud või sellele lähedastes valdkondades. Nimetagem siinkohal selliseid leiutisi nagu vedelike dosaator, kulumõõturi digitaalne mõõteskeem, pingejärgija sisendtakistuse mõõtur, pingete suhte mõõtur ning viimasena korrelatsioon-vooluhulgamõõtur. Tööd selles valdkonnas lõppesid aastal 1984 seoses ülikooli uurimistööde suuna muutumisega. Teaduskonna ühe viljakama leiduri Ants Meisteri arvel on kokku 30 leiutist.

Viljo Korsen oli samuti väga aktiivne elektromagnetiliste kulumõõturite täiustamise alal. Tema nimega on seotud 14 autoritunnistust. Oluline osa nendest haakub ülikooli raadiotehnika ja elektroonika kateedris (vastutav täitja A. Meister, V. Kotšegarov) ning elektrotehnika aluste kateedris (V. Mežburd, A. Kõiv) tootmiskoondise Tööstusaparaat tellimisel tehtud lepinguliste uurimistöödega elektromagnetiliste kulumõõturite alal.

“Elektromagnetkulumõõtja digitaalne mõõteseade” kirjeldab väljatöötatud skeemitehnilise lahenduse põhikontseptsiooni. Tellija juures tehtud katsetused kinnitasid prooviseadme head mõõtetäpsust. Leiutiste kaasautorite hulka kuulusid korduvalt Ants Meister ja Mart Rosmann ning Mihhail Gammerman tootmiskoondisest Tööstusaparaat.

Praktilises mõttes väga edukaks osutus V. Korseni (kaasautor K. Olman Eesti Põllumajandustehnikast) leiutise „Elektrikarjuse pulsaator“ rakendamine. Elektrikarjuse konstruktsiooni ja elektriskeemi igakülgse täiustamise käigus tekkis mõte ühildada seadme mehaaniline ja elektriline sidumine tugivardaga üheks lihtsaks sõlmeks. Seade oli aastaid suurseriatootmises NSV Liidu aegsetes ettevõtetes Harju EPT, tehases Estron ja H. Pöögelmanni nimelises tehases.

Elektroonsed signaaluundurid ja mõõteriistad

Olev Märten on enam kui 20 leiutise autor või kaasautor. Perioodist 1984–1991, mil ta pärast ülikooli lõpetamist 1983. aastal töötas uurimis-arendusinsenerina tootmiskoondise RET raadioelektronika KB osakonnas TO-5 (juhataja Toom Pungas), on pärit 19 NSV Liidu autoritunnistust. Vahelduvpinge mõõtemuundurid (6), signaali absoluutväärtuse detektor (2), stohhastiline voltmeeter (1), funktsioonigeneraatorid (3) ja täppis-vahelduvpingeallikas (1) kuuluvad kõik vahelduvpinge täppismõõteriistade valdkonda. Leiutisi rakendati vahelduvpinge mõõtemuundurites TV9-2 (Rein Kippereri arendused), voltmeetrites V3-60A (V3-60 parendatud variant) ja kalibraatori V1-8 moderniseerimisel (variant V1-8M). Vähegi olulisema seeriatootmiseni jõudis vist ainult V1-8M (Kalev Märteni initsiatiiv). Sii valdkonda kuuluvad ka Lääne Kaluri taotletud autoritunnistus (töenäoliselt mainitud ettevõtte, Toom Pungase ja Rein Metsa koostöö tulemusena). Üks mõõtemuunduri lahendus tehti tollase Leningradi tootmiskoondise Vibraator jaoks ja veel teinegi Riia koondise Raadiotehnika tarbeks. Kas need leiutised seal ka juurutati, pole teada.

Eelmainitud leiutiste kaasautoriteks olid enamasti Toom Pungas, vahel Kalev Märten ning mõnikord ka kolleegid osakonnast TO-5. Hea töö ja viljaka leiutustegevuse eest nimetati Olev Märten NSV Liidu sidevahendite tööstuse ministeeriumi parimaks nooreks spetsialistiks 1985. aastal.

Sama perioodi 5 leiutist, kaasautoriteks Toomas Sildam, Harri Trampärk ja Kalev Märten, kirjeldavad NSV Liidus kasutusel olnud polaarmodulatsiooniga FM-ringhäälingusüsteemi stereodekooderite ja modulaatorite lahendusi, mis olid välja arendatud kuni katsetatud prototüüpideni ning publitseeritud erialastes väljaannetes.

Peale doktorikraadi kaitsmist ülikoolis 2000. aastal on O. Märtns teinud veel kolm patentset leiutist. Need on "Meetod ja seade RFID-vastuvõtja dekooderi sünkroniseerimiseks", "Meetod ja seade mitmesagedusliku signaali üheaegseks analüüsiks" ning "Bioimpedantsi analüsaator". Nende leiutiste juures on kaasautoriteks olnud Paul Annus, Jurijs Artjuhs, Ivars Bilinskis, Alar Kuusik, Raul Land, Aivar Liimets, Mart Min, Toomas Parve ja Ants Ronk.

Uljas Tamm on kas üksi või kaasautoritega seitsme leiutise autor. Välja antud aastail 1967–1975, kirjeldavad need peamiselt mõõtetektorite ja kiiretoimeliste pinge efektiivväärtuse mõõturite lahendusi.

Mart Min ja tema uurimisrühma liikmed on enam kui 30 leiutise autorid. Suurima osa nendest moodustavad leiutised **lülitrežiimse sünkroonmuundamise** tehnika alal – lülitrežiimsed signaalimuundurid, mis on mõeldud kasutamiseks elektroonses mõõtetehnikas, eeskätt sünkroon- ja vektorvoltmeetrites, signaali- ja süsteemianalüsaatorites ning etalonsignaali generaatorites. Nende erikujud on suunatud biomeditsiinielektronika ja meditsiinitehnika alastele rakendustele, eeskätt elektrilise bioimpedantsi mõõtmiseks. Mõned leiutised on tehtud südame stimuleerimissageduse juhtimise piiride automaatseks seadistamiseks südamerütmurites ning stimuleerimise rütmi reguleerimiseks. Needki seonduvad bioimpedantsi mõõtmisega ja selle alusel saadud informatsiooni kasutamiselega. Leiutised sünkroondetekterimise alal puudutavad diskreettoimega (lülitrežiimseid) elektroonikaskeeme, millest osa on vaadeldavad kui funktsionaalsed korrutatavad digitaal-analoogmuundurid. Põhiline osa leiutistest on suunatud lülitrežiimsete sünkroonmuundurite tundlikkuse vähendamisele kõrgemate harmooniliste suhtes, kasutades selleks harmoonilise funktsiooni astmelist (ajas ja nivoos diskreetset) aproksimeerimist. Leiutistes kasutatud lahendusi eristab see, et tulemused saavutatakse väikese arvu aproksimeerivate nivoode/vahemike kasutamiselega. See võimaldab tehniliselt lihtsate lahendustega saavutada olulist võitu mitmete mõõtetehniliste parameetrite osas, näiteks laiendada töösagedusala terve suurusjärgu võrra. Lisaks sisaldavad leiutised mitmeid muid sünkroonmuundurite mõõtetehniliste omaduste täiustusi, nagu faasimanipulatsiooni ja -modulatsiooni siseseviimine signaali-komponentide eraldamiseks ja madalsageduslike häiringute allasurumiseks. Osa nendest lahendustest on orienteeritud kasutamisele bioimpedantsi mõõtmisel.

Leiutised bioimpedantsimõõturite alal on viimasel ajal olnud suunatud digitaalse signaalitöötlusega kaasnevate eriprobleemide lahendamisele, sealhulgas mitteühtlase võendamise kasutamisele digitaliseerimise juures ning

üheaegsele paljusageduslikule mõõtmisele. Lahendused põhinevad riist- ja tarkvaraliste (algoritmiliste) lahenduste optimaalsel ühiskasutamisel.



Ekspereimantaalne bioimpedantsi mõõtur ja analüsaator, projekteeritud USA kontserni Guidant (praegu Boston Scientific Inc.) eritellimusel kardiovaskulaarseteks uuringuteks loomkatsete juures.

Lülitrežiimsete sünkroonmuundurite erikujud biomeditsiinielektronika ja meditsiinitehnika alaste rakenduste jaoks, eriti just elektrilise bioimpedantsi mõõtmist silmas pidades, on suunatud lahenduste optimeerimisele, eeskätt minimeerimisele. Eesmärgiks on olnud saavutada võimalikult väike kasutatavate diskreetsete nivoode arv, optimeerida ajaintervallid ehk impulsside kestused, minimeerida elektroonsete komponentide arv, saavutada üliväike voolutarve ning sobivus biomeditsiinis kasutamiseks mitmes muus mõttes.

Leiutiste autorite rühma juht on Mart Min, teised autorid ülikoolist ja samast uurimisrühmast on olnud **Toomas Parve** (28), Paul Annus, Härmo Härm, Alar Kuusik, Raul Land, Olev Märten ja Ants Ronk. TTÜ-poolseteks kaasautoriteks on olnud veel Vello Kukk, Ants Laansoo, Jürgen Lamp, Vello Männama ja Hanno Sillamaa. Teistest ettevõtetest on kaasautoriteks olnud põhiliselt Toom Pungas Tallinna raadioelektronika konstrueerimisbüroost, kuid ka Tõnis Laud tehases Punane RET ja Raul-Vello Rebane TA arvutustehnika spetsiaalsest konstrueerimisbüroost (varem tuntud ka kui EKTA, praegu AS Cybernetica). Biomeditsiini alal tehtud leiutiste kaasautoriteks on olnud TTÜ doktorandid Andres Kink ja Indrek Rätsep firmast SmartImplant ning Agu Kivilo ja Innar Meitre Tartu ülikoolist. Lisaks on

kaasautoriteks olnud Ivars Bilinskis, Jurijs Artjuhs ja Aleksandrs Ribakovs Lāti TA elektroonika ja arvutiteaduse instituudist ning Antti Haapalainen Tampere Tehnikaülikooli Ragnar Graniti instituudist. Leiutisi on kasutatud järgmistes seadmetes.

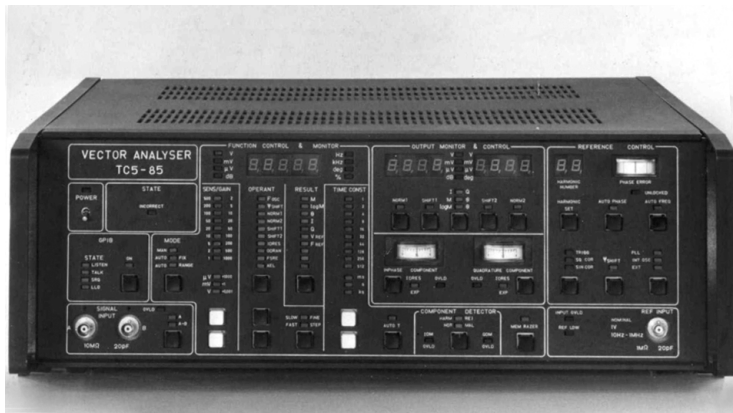
Vektorvoltmeetrite TB5-78 katsenäidiseid valmistati TTÜ eksperimentaaltöökojas, neid kasutati tehnikaülikooli energeetikateaduskonnas teadusliku uurimistöö vahendina.

Protsentmeetrilisi komplekstakistuse/-juhtivuse mõõtureid TE2-79 valmistati TTÜ eksperimentaaltöökojas kokku viis. Aparaaate kasutati 1980. aastatel Tartu ülikooli keemiateaduskonnas elektrokeemiliste protsesside kineetika uurimiseks.

Vektorvoltmeetrite TB5-80A väikeseria (10 eksemplari) valmis Tallinna tehases Punane RET. Neid kasutati ülikõrge helikvaliteediga (erakordselt väikesed moonutused, lai sagedusala) audioelektroonikaseadmete testimise mõõtekompleksis. Sellega on seotud ka originaalne mõõtmismeetod, mille autorid on V. Männama, A. Laansoo ja M. Min.

Vektoranalüsaatoritest TC5-85 ja TC5-85A valmistati katsenäidised, mida demonstreeriti paljudel näitustel Soomes, Mehhikos, Itaalias ja Jaapanis.

Vektoranalüsaatori mõõtekaarte PC-põhisteks mõõtmisteks on valmistatud väikepartiidena ja kasutatud Müncheni tehnikaülikoolis ning Bundeswehri ülikoolis Münchenis nii õppetöös kui ka teadusuuringutes.



Tehases Punane RET valmistatud digitaalse vektoranalüsaatori TC5-85 näidiseksemplar.

Bioimpedantsi mõõtmise seadmeid (EBI-box, Z-box, EBI-chip) on tellimisel valmistatud mõned katseeksemplarid 2000. aastatel. Neid on kasutatud biomeditsiinilistes eksperimentides USA-Rootsi ühisettevõttes Pacesetter

AB/St. Jude Medical Sweden. Sama firma patentis ka meie leiutised südamestimulaatorite alal, mis on nüüd selle firma intellektuaalomand.

Bioimpedantsi mõõtmise integraalskeemist (EBI-chip ASIC) valmis küll katsepartii, kuid otsest rakendust peale uurimistöö pole need komponendid leidnud.

Bioimpedantsi mõõteseadet Z-box on seni valmistatud viis eksemplari, neist kaks USA meditsiinitehnika firma Guidant Inc. tellimusel. Nende kasutusele võtmine toimub parajasti firmas Boston Scientific, USA.

Meditsiinilisteks uurimistöödeks mõeldud seade Cardio-Z valmistati Euroopa Liidu ühisprojekti DASPTOOL raames Tampere tehnikaülikooli Ragnar Graniti instituudi tarbeks.

Paljud leiutised on patenteeritud Ameerika Ühendriikides, Suurbritannias, Prantsusmaal, Saksamaal, Kanadas, Austraalias, Austrias, Rootsis, Soomes ja Jaapanis. Neist kõige perspektiivikamad on USAs patenteeritud „Adaptiivse rütmiga südamestimulaator” ja „Impedantsi mõõtmist ja löögimahu arvutamist kasutav adaptiivse rütmiga südamestimulaator”. Leiutise „Meetod ja seade objekti paljusageduslikuks ja mitmekanaliliseks analüüsiks” kaitsmiseks on esitatud rahvusvaheline patendikoostööleping patenditaotlusega. Lahendusele „Seade ja meetod südamerütmi jälgimiseks” on esitatud USA patendi taotlus, peale selle on esitatud taotlused USA patendile paljude signaalide üheaegse hõive, võendamise, digitaliseerimise ja demoduleerimise kohta.

Uurimisrühma tööd on ära märgitud ENSV MN teaduse- ja tehnikapreemiaga 1986. aastal ja Eesti Vabariigi teaduspreemiaga 1993. aastal, leiutiste alusel valmistatud näituseeksemplarid pälvisid nii kuld-, hõbe-, kui ka pronksmedaleid NSV Liidu rahvamajanduse saavutuste näitusel 1980. aastatel.

Digitaalsüsteemide disain ja test

Arvutitehnika instituudi uurimistöö on aastate vältel olnud keskendunud digitaalsüsteemide disaini ja testimise valdkonda, kus eesmärgiks on olnud põhiliselt mitmesuguste disaini ja testimise probleemide lahendusmeetodite väljatöötamine, algoritmimine ja algoritme realiseerivate tarkvara-tööriistade loomine, mida traditsiooniliselt leiutisteks ei loeta. Osa uurimistöö tulemustest kuulub siiski ka uut tüüpi testimisriistvara loomise valdkonda, kus aastatel 1985–1991 vormistati neli leiutist, kõigis neis on kaasautoriks **Raimund-Johannes Ubar**, kelle töid hinnati 1986. aastal üleliidulisel rahvamajandussaavutuste näitusel kahe hõbemedali vääriliseks.

Leiutises (1985) „Suurte integraalskeemide testimisseade“ (Tõnu Lohuaru, Raimund-Johannes Ubar) on realiseeritud idee testimisinfo kompaktselt salvestamiseks, mis võimaldas kokku hoida vajalikku mälumahtu. Uudne oli mikroprogrammjuhtimisseade, milles oli realiseeritud riistvaraliselt algoritm kompaktse testinfo lahtipakkimiseks reaalselt testsignaali jaoks.

Leiutis (1986) „Sünkroonsete digitaalsete plokkide testimisseade“ (Raimund-Johannes Ubar, Agu Viilup, Teet Evertson) võimaldas esmakordselt teostada testide deterministlikku genereerimist aparatuursete meetoditega testris eneses vahetult nende realiseerimise hetkel. Uudne oli idee hoida mälus testide asemel testitava skeemi mudelit nn otsustusdiagrammidena, mis võimaldas selle mudeli baasil aparatuurselt realiseerida kiired algoritmid testjadade genereerimiseks reaalajas.

Leiutises (1987) „Digitaalsete plokkide testimise ja diagnostika seade“ (Tõnu Lohuaru, Raimund-Johannes Ubar, Heldur Haak, Teet Evertson) on realiseeritud idee rikete automatiseeritud otsimiseks digitaalskeemides testsüsteemi abil dialoogrežiimis. Uudsuseks oli spetsiaalse alamsüsteemi väljatöötamine Boole'i diferentsiaalvõrrandite aparatuurseks lahendamiseks ning selle integreerimine testsüsteemi.

Leiutises (1991) „Suurte integraalskeemide testimisseade“ (Raimund-Johannes Ubar, Tõnu Lohuaru, Paul Pukk, Mati Männisalu, Eduard Vanamölder) on realiseeritud idee mikroprotsessorite testimiseks testinfo struktureeritud esitamise ja reaalajas lahtipakkimise teel. Uudseks oli testi esitamine varieeritava testprogrammiga, mida teisendati vastava info alusel reaalajas ning kõik variatsioonid omakorda realiseeriti tsükliliselt erinevate andmetega. Testprogrammi, varieeritava info ja testoperandide esitamine eri mäludes võimaldas drastiliselt vähendada testimiseks vajaliku kogumälu mahtu.

Digitaalsüsteemide projekteerimise valdkonnas on Peeter Ellervee kaasautoriks Ericsson Telefon AB (Rootsi) patendis „Meetod ja aparatuur N-bitiste andmete kodeerimiseks/dekodeerimiseks 2N-bitisteks koodsõnadeks/kooder ja dekodeer“, kus realiseeriti uudne kahefaasilise taktsignaaliga töötav järjestik-paralleelne muundur ja statistiliselt sümmeetriline isesünkroniseeruv andmete kodeerimine. Leiutisele on välja antud patent viies riigis – USA, Rootsis, Hiinas, Kanadas ja Jaapanis.

Omaette väiksema temaatikana patenteerimise vallas tuleb nimetada pooljuhtseadiste alal saavutatud autori- ja kasuliku mudeli tunnustusi, mis on väljastatud Toomas Rangi juhitud uurimisrühmale. Uurimisrühma liikmeteks on Oleg Korolkov ja Mihhail Pikkov. Kaitstud on difusioon-

keevituse tehnoloogia abil loodud uudsed ränikarbiidil põhinevad kiiretoimelised Schottky diodid. Dioode kasutatakse ülikiiretes energia-
muundurites ehk konverterites. Tänu väga väikesele väljalülitumisajale (toff
suurusjärgus 20 ns) on võimalik energia muundamisel tekkivat energiakadu
oluliselt vähendada. Peale selle on diodide võimalik töötemperatuur kõrge
(kuni 500 °C), mis vähendab muundurite komponentide jahutuskonstruktsioonide mõõtmeid.



Schottky diod.

Keemia- ja materjalitehnoloogia teaduskond

Sissejuhatus

Leiundus on Tallinna Tehnikaülikooli tegevusvaldkondade loetelus alati olnud ja on ka edaspidi mõõdupuuks, millest selgub ülikooli potentsiaal kaasa rääkida innovatsioonis. Läbi aastakümnete on praeguse keemia- ja materjalitehnoloogia teaduskonna liikmed olnud aktiivsed rakendusuurimuslike projektide teostajad. Teoreetilise pagasi oskuslik ühendamine tehnoloogiaalase kogemusega on lubanud hulganisti välja töötada ja kaitsta uudseid tehnilisi lahendusi.

Tehnikateaduste vallas on praktiliselt ainuvõimalik saada tulemusi meeskonnatööga. Nii kujunesid ka teaduskonnas töörühmad praktika vajadustest tulenevates rakendusuringute suundades. Aga nagu maailmas ikka, nii on ka tehnikateaduste temade viljelemisel oma ajalised seaduspärasused - on intensiivne ideede genereerimise periood, on personali, infrastruktuuri ja leiunduse hoogsa kasvu periood, aga pole välistatud lõpuks ka välistest ja sisemistest asjaoludest tingitud tagasihoidliku leiutus-tegevuse periood.

Üheks tulemuslikumalt töötanud meeskonnaks, kus ideede puuduse all ei kannatatud, võib kahtlemata pidada uurijate kollektiivi, mille eesotsas oli Agu Aarna. Teaduskollektiivi kandvaks juhtmõtteks sai põlevkiviõli ja eriti selle fenoolse osa käsitlemine seguna, mille omadusi suures ulatuses määravad vesiniksidemed. Suure panuse vesiniksidemetega süsteemide uurimisel andsid Karl Kiisler, Leevi Mölder, Peep Christjanson jpt. Töö andis ootuspäraselt arvestatavaid rakenduslikke tulemusi arvukate töötutes evitatud leiutiste näol, mille kvaliteedist ja rahvusvahelisest tasemest andis tunnistust DFK-liimide alal tehtud leiutiste paketi müük litsentsilepingu alusel Jaapani firmale Nagoya Oil Chemical.

Kaaluka panuse andis teaduskonna leiutustegevusse uurijate kollektiiv – praegune keemiatehnika instituut, mille eesotsas oli aastaid Enno Siirde. Teoreetiliste ja rakendusuuringutega, mille teostamisel tegi suure töö Rein Munter, suutis see kollektiiv lahendada leiutiste tasemel mitmeid olulisi probleeme Tallinna varustamisel kvaliteetse joogiveega, aga ka heitvete puhastamise alal. Sama kollektiivi liikmed Endel Uus ja Eduard Tearo tegid koostööd Ado Köstneri töörühmaga rakendusensümoloogia alal ja nende ühised leiutised leidsid tee tööstuse praktikasse.

Teadusliku jätkusuutlikkuse tugevaks näiteks on teaduskonnas Enn Mellikovi eestvedamisel töötav väga aktiivne uurimisrühm – materjali-teaduse instituut, mis töötab edukalt kõrgtehnoloogiliste materjalide ja konstruktsioonide loomisel päikesepatareide jaoks ning on oma arvukaid leiutisi patenteerinud paljudes riikides.

Mihkel Veiderma ja Rein Kuusiku juhitud teadlaskollektiiv – anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium – on väga oskuslikult ühendanud tahke faasi manulusel toimuvate keemiliste protsesside alusuuringud rakendusuuringutega, mille tulemuseks on teaduspublikatsioonide kõrval ka rida Eesti tööstuse jaoks olulisi leiutisi.

Intensiivselt töötas uurijate rühm eesotsas Eduard Piirajaga polüetüleeni pinna aktiveerimise ja värvimise tehnoloogia täiustamise alal. Need tööd on heaks näiteks kiiresti praktikasse jõudnud leiutistest. Agu Aarna koolkonna ühe liikmena on Jüri Soone kaastöölistega kaitsnud mitmeid leiutisi kütuste tehnoloogia valdkonnas.

Käesolevas ülevaates on lühidalt refereeritud keemia- ja materjalitehnoloogia teaduskonna liikmete leiutustegevust ülikooli ajaloo jooksul. Leiutustegevus on teaduskonnas olnud aastate jooksul kord väga aktiivne, kord tagasihoidlikum. Seoses akadeemilise personali noore põlvkonna pealekasvamisega ja uute avanenud ja avanevate võimalustega infrastruktuuri arenguks võib põhjendatult loota, et oleme juba lähiajal leiutustegevuse vallas uue elavnemise tunnistajateks.

Menetlused resortsinooli tüüpi ühendite lahutamiseks ja puhastamiseks

Kõnealune leiutiste kogum kuulub valdkonda, mis hõlmab resortsinooli (1,3-dihüdrosübenseeni) tüüpi kahehüdrosüülsete fenoolide, eriti resortsinooli alküül derivaatide eraldamise, lahutamise ja puhastamise, vähemal määral ka kasutamise menetlusi.

Seda tüüpi ühendid, nn alküülresortsinoolid, tekivad märkimisväärses koguses Eesti kukersiitse põlevkivi termilisel lagunemisel. Tööstuslikus

protsessis jaotuvad nad kahe uttesaaduse – põlevkiviõli ja uttevee vahel. Viimasest eraldatakse alküülresortsinoolid ekstraktsiooni teel nn vees lahustuvate fenoolidena. Iseloomulik on, et põlevkivist pärinevates, paljudest ühenditest koosnevates segudes domineerivad ühendid, milles alküülrühmad paiknevad asendites 5 või 2 ja 5. Nendest levinuimad on 5-metüülresortsinool (u 25% kõigist seda tüüpi ühenditest), 5-etüülresortsinool ning 2,5- ja 4,5-dimetüülresortsinool (igauhte 7–10%), mille puhtkeemiline süntees on praeguseni ülimalt keerukas ning tööstuslikult rakendamata. See asjaolu määrab ka nende hinna maailmaturul, mis on sadu kordi kõrgem kui põlevkivitöötlemise põhisaaduse (põlevkiviõli) hind.

Leiutiste teoreetiliseks baasiks olid TTÜ orgaanilise keemia kateedris tehtud uuringud polaarsete ühendite lahuste molekulaaroleku, termodünaamika ja faasitasakaalu alal. Nende uuringute olulisemate, tunnetushorisonti avardavate tulemuste autoriteks võib lugeda Jaak Arro, Arkadi Ebberit, Hindrek Tamvelius ja Laine Tiikmad, hilisemal perioodil ka Ille Johannest. Viimase uurimiselaks olid peamiselt alküülresortsinoolide nitrosoderivaadid kui kompleksimoodustajad. Uuringute üldjuht oli Leevi Mölder.

Kõnealuses uurimisvaldkonnas töötati peamiselt aastatel 1976–1990. Kuni aastani 1983 korraldati uuringuid TTÜ orgaanilise keemia kateedris, hiljem Eesti TA Keemia Instituudis. Seal moodustati 1982. aastal vastav sektor, kuhu läks üle uurijate põhituumik ülikoolist. Selle moodustasid Jaak Arro (4), Leevi Mölder (12), Hindrek Tamvelius (5), Laine Tiikma (Tarvis) (12) ja Igor Zabellevitš (4). Hiljem liitus töörühmaga Ille Johannes (Juul) (24). Uuringute eesmärk oli lahendada eelkõige põlevkivifenoolide saamise ja kasutamise probleeme. Seetõttu oli peamiseks finantseerijaks ja koostööpartneriks Kohtla-Järve Põlevkivikeemia Tootmiskoondis (praegune Viru Keemia Grupp AS). Tootmiskoondise tollaegne juhtkond oli väljapaistvalt uuendusmeelne ja teadusuuringuid soosiv. Leiutiste lõplikule väljatöötamisele ja rakendamisele aitas oluliselt kaasa selles ettevõttes 1978. aastal ülikooli jaoks projekteeritud ja ehitatud pooltööstuslik katseseade, mille menetlusi katsetati. Katsetööde praktiliseks juhiks oli Erich Hunt, kes on ühtlasi kolme leiutise kaasautor.

Leiutisi kõrge puhtusastmega ühendite tootmismenetluste alal viimistleti Keemia Instituudi katsetehases. Menetluste abil saadud ühendite kasutamist antioksidantidena katsetati NSV Liidu TA Keemilise Füüsika Instituudis, nende kasutamist lõhnaainete sünteesiks üleliidulises lõhnaainete instituudis ning liimvaikude saamiseks – Põlevkivi Instituudis. Viimasega toimus ka muudes küsimustes üsna tihe koostöö. See hõlmas mitmeid

ühisuuringuid. Loomulikult toimus koostöö ka ülikoolisiseselt, eriti põlevkivikeemia ja sünteesi probleemlaboratooriumiga.

Kõnealuses valdkonnas tehtud seitsmest leiutisest võib olulisimaks lugeda kogumit omavahel tehnoloogiliselt seotud lahendustest, mis hõlmab 5-metüülresortsinooli ja 2,5-dimetüülresortsinooli saamise menetlusi. Mõlema toote puhul oli protsess üles ehitatud põhimõtteliselt sarnaste, kuid erinevatel parameetritel ja kindlas järjestuses tehtavate operatsioonide jadana. Selle jada olulisimad operatsioonid on: (1) sobiva lähteaine eraldamine alküülresortsinooli üldisest massist rektifikatsiooni teel; (2) lisandite selektiivne ekstraheerimine teatava koostisega lahustite segu abil vesilahusest, mille pH on reguleeritav; (3) lahuse kokkuaurutamine ja sihtsaaduse kristalliseerimine; (4) ümberkristalliseerimine varieeritava koostisega lahustite segust.

See kogum leiutisi rakendati 1980. aastate lõpul osaliselt Kohtla-Järve Põlevkivikeemia Tootmiskoondises. Paraku õnnestus Lääne firmadega sõlmida vaid ühekordseid tarnelepinguid, mistõttu toodangu maht jäi vaid mõnesaja kilogrammi tasemele. Seoses eraettevõtluse tekkimise ja koondise erastamisega läks see tootmine ja toodete turustamine üle väikefirmadele.

Teine rühm leiutisi hõlmab koobalti eraldamismenetlust lahjadest nõrgalt happelistest või neutraalsetest vesilahustest, kasutades spetsiaalset kompleksimoodustajat, mis saadakse 5-metüülresortsinooli ja 2,5-dimetüülresortsinooli nitroseerimisel. Tekkinud kompleks floteeritakse.

Alküülresortsinooliimid ja litsentsimüük

Põlevkivi pürolüüs annab ühe produktina ka uttevee, mis sisaldab u 10 g/l fenooli. Sellist vett loodusesse suunata ei tohi. 1950. aastail suhtuti eraldatud fenoolidesse kui heitprodukti (kuni 10000 t aastas) ja need lisati põlevkiviõlile. Uurimistööde arenguga sai aga järjest selgemaks nende fenoolide originaalne struktuur, nimelt koosnevad fenoolid valdavalt (üle 90%) alküleeeritud resortsinoolidest. Teatavasti on sünteetiline resortsinool aga väärtuslik, kuid kallis tooraine vaikude sünteesiks.

Põlevkivi uurimise ühe juhtiva teadlase Agu Aarna juhendamisel alustati ülikoolis intensiivseid uurimistöid nende fenoolide tegeliku väärtuse kasutamiseks. Probleem osutus aga keeruliseks, kuna uttevee fenoolid on segu erinevatest alküülresortsinoolidest, millel on ühest küljest kõrge, kuid ka erinev reaktsioonivõime segus. Põhimõttelise tähtsusega on, et põhikomponendiks on 5-metüülresortsinool, mis analoogselt resortsinooliga on reaktsioonil formaldehüüdiga kolmefunktsiooniline ja võimaldab saada sügavalt struktuuristunud polükondensaate.

Vaikude sünteesimeetodi väljatöötamisel osutus viljakaks arusaamine põlevkiviõlist kui molekulaarkomplekside segust. Fenoolidega molekulaarkomplekse moodustavate ühendite kasutamine erinevate alküülresortsinoolide reaktsioonivõime alandamiseks ja lähendamiseks segus andis edukalt toimiva sünteesimeetodi ja oli aluseks tervele reale uutele liimvaikudele põlevkivi uttevee fenoolidest. Vaigud said nimetuseks DFK, mis tulenes sõnadest difenool ja kompleksimoodustaja. Esimene viide nimetatud vaikudele ja liimidele nende alusel pärineb 1960. aastast. Saadi terve rida autoritunnistusi liimvaikude sünteesimeetodite kohta perioodil 1961–1966, kus kõigis kasutati kompleksimoodustajana küll atsetooni, kuid vaigud erinesid siiski oluliselt. Koos sünteetiliste põrandakattematerjalide tormilise kasutuselevõtuga hakati tootma kaproniga modifitseeritud mastiksit DFK-P nende liimimiseks. Koostöös Kiviõli Põlevkivikeemia Kombinaadiga ja kombinaadiga Stroiplastmass (Mõtištši) toodeti aastas üle 4000 t mastiksit. Töötati välja ka erineva kvaliteediga liimid uttevee summaarsetest difenoolidest või kitsamatest alküülresortsinoolide fraktsioonidest, mida rakendati üksikpartiidenä mineraalsete ehitusmaterjalide liimimiseks, aga ka veekindla vineeri tootmiseks. DFK-tüüpi liimide tugevusomadustele kasutamisel konstruktsiooniliimidena osutus väga kasulikuks täiteaine-kõvendi, milles formaldehüüd oli eelnevalt seotud silikaltsiitpulbriga. Vaigu kõvenemisel formaldehüüd ja leelis migreerusid optimaalse kiirusega vaiku. Leiutis patenteeriti edukalt 14 riigis.

Uute kompleksimoodustajate otsingul, lähtudes parematest sanitaarhügieenilistest omadustest ja väiksemast tuleohtlikkusest, osutus otstarbekaks kaprolaktaam, mis samaaegselt andis võimaluse sünteesida veevaba vaiku ja sellest oluliselt paremate omadustega liimi. Kuigi põhieesmärgina toodeti Kohtla-Järve Põlevkivikeemia Tootmiskoondises vaiku (DFK-4) soojusisolatsioonimaterjalide liimimiseks metallidega koostöös laevaehituse tehnoloogia uurimise keskinstituudiga, oli selle ühendi kasutuselevõtmine viljakas ka uurimistöös erinevate ühendite formaldehüüdiga reageerimise võime kvantitatiivseks hindamiseks keerulistes mitme substraadiga kontsentreeritud süsteemides. Ühe variandina kasutati ka kaprolaktaami oligomeere, mis andis liimile parema nakkevõime.

Aastatel 1960–1970 loodi Agu Aarna juhendamisel tugev alus liimidealasele uurimissuunale, mille raames toimusid mõistlikus tasakaalus nii alus- kui ka rakendusuuringud. Selle perioodi tähtsündmusteks olid Eesti NSV teaduspreemia andmine tööle „Liimvaigud põlevkivi alküülresortsiniidest (DFK)” (autorid A. Aarna (töö juht), K. Kiisler, I. Auriste, P. Christjanson) 1967. aastal, esimese üleliidulise liimide ja liimimise tehnoloogia alase

konverentsi korraldamine ülikoolis 1966. aastal ja K. Kiisleri ettekanne liimide sünteesi kohta põlevkivi alküülresortsinoolidest ÜRO põlevkivisümposiumil 1968. aastal. Tuleviku seisukohalt oli oluline tähtsus ka rahvusvahelisel näitusel „Keemia-70” Moskvas, kus eksponaat „DFK-vaigud ja -liimid. Omadused ja kasutamine” kõitis ühe Jaapani firma tähelepanu, kes avaldas näituse brošüüri 1971. aastal Jaapani ajakirja *Adhesion and Adhesives* kahes numbris.



DFK-liimidega seotud leiutiste põhiautorid. Vasakult Jüri Vabaoja, Karl Kiisler, Peep Christjanson, Agu Aarna ja Jüri Tanner.

Teise põlvkonna DFK-vaikude sünteesi põhimõtteks oli, et hakati reaktsioonikiiruse alandamiseks ja komponentide reaktsioonivõime lähendamiseks kasutama metüloolühendeid, mis ühest küljest olid kompleksmoodustajateks ja teisest küljest formaldehüüdi doonoriks vaikude sünteesil. Töötati välja N-metüloolkaprolaktaami sünteesimeetod ja DFK-vaigu sünteesimeetod, kasutades seda ühendit kondenseeriva agendina. Alternatiivina võis lisada täiendavalt ka N,N'-dimetüloolkarbamiidi. Leiutis patenteeriti 14 riigis. Monomeerne segu alküülresortsinoolidest ja dimetüloolkarbamiidist vee-etanooli keskkonnas osutus otstarbekaks puidu immutusagensiks tugevdatud kandi ja tallaga puitsuuskade tootmisel. Kõvastunud puit moodustus samas tsüklis suusadetailide kokkuliimimisega. Meetod juurutati masstootmisse 1973. aastal puidutöötlemiskombinaadis Viisnurk ja koos patenteeriti leiutis 12 riigis.

Pärast mitmeid läbirääkimisi leiutiste autoritega aastatel 1975–1976 sõlmis Jaapani firma Nagoya Oil Chemical 17. novembril 1976. aastal Tokyos litsentsilepingu NSV Liidus selleks volitatud asutusega Litsentsintorg. Lepingu objektiks olid antud hetkel kolm meie leiutiste Jaapani patenti, kuid kogu lepingu kehtimise ajaks kõik väljatöötavad DFK-vaigud ja liimid.



Läbirääkimistel Jaapani firmas Nagoya Oil Chemical 1978. aastal.
Peep Christjanson ja firma president S. Horiki.



Läbirääkimistel Glehni lossis Jaapani firmale Nagoya Oil Chemical
litsentsimüügi küsimustes.

Lepinguga kaasnes ka kokkulepe tootjaga alküülresortsinoolse tooraine tarnimiseks firmale. Kõige kvalifitseeritumaks alküülresortsinoollimide kasutusvaldkonnaks on liimitud puitkonstruktsioonide tootmine.

Selleks töötati välja meetod vaigu sünteesiks ja vastav dokumentatsioon anti ka firmale koos litsentsilepinguga. Hiljem meetodit täiustati ja patenteeriti viies riigis. Sünteesi põhimõte seisneb esimeses astmes saadud metüloolfenoolide kondensatsioonis alküülresortsinoolidega ja oli eriti sobiv antud juhul, kuna reaktsiooni kiirus oleneb vähe resortsinoolsest komponendist. Liimi tootmiseks ostis selle tehnoloogia litsentsilepinguga 1982. aastal ka Soome firma Priha OY (praegu Neste Resins OY). Liimi sanitaarhügieenilised omadused ei rahuldanud siiski täielikult firmat ja liim ei jõudnud suurtootmisse. Alküülresortsinoolide ja dimetüloolcarbamiidi alusel töötati välja monomeerne sideaine kivivilla tootmiseks koostöös Kiievi ehitusmaterjalide kombinatsiooniga. Metüloolfenoolide kopoolükondensatsioonil alküülresortsinoolidega koos amiididega saadud sideaine osutus aga niiskuskindlamaks ja see rakendati suurtootmisse. Leitud patenteeriti 12 riigis. (Tehnoloogia vastavuses Jaapani patendiga ostis lisaks põhilepingule ka litsentsilepingu partner.) Ühe variandina kasutati eelnimetatud vaigus täiendava hüdrofobiseeriva lisandina pika ahelaga alküülresortsinooli kompleksis krooniühendiga.



DFK-liimiga valmistatud puittala katsetamine.

Uute immutusseguude otsingul koostöös puidutöötlemiskombinatsiooniga Viisnurk kasutati alküülresortsinoolide ja karbamiidi kompleksi reaktsiooni

heksametüleentetramiiniga. Saadi kihiline paberplast, mida kasutati suusa välise katematerjalina ning paremate tehnoloogiliste ja mehaaniliste omadustega modifitseeritud puit. Mõlemad leiutised patenteeriti 8 riigis. 1979. aastal hakati Rapla KEKis tootma nii immutussegusid suusatööstusele kui ka alküülresortsinool-fenool-formaldehüüdiimi (DFK-14) liimitud puitkandekonstruktsioonide tootmiseks. Tarbijate ring laienes pidevalt. Üheks tähtsündmuseks oli 1986. aastal ENSV Ministrite Nõukogu preemia teadus- ja rakendustööde kompleksile „Liimitud ja modifitseeritud puit”. Autorid olid P. Christjanson (töö juht), T. Kaps, A. Köösel, J. Starkopf, T.-M. Süld ja J. Tanner ning kaasautorid koondisest Eesti Kolhoosiehitus ja ENSV metsa-, tselluloosi-, paberi- ja puidutööstuse ministeeriumist (pms PTK Viisnurk).

Teoreetiliste uurimistööde arenguga osutus võimalikuks töötada välja alküülresortsinool-formaldehüüdvaigu sünteesi meetod, milles kompleksimoodustajana kasutatav kaprolaktaam on kokondensaadina etteantud hulgas seotud vaigu struktuuri ja selle alusel parandatud tulekindlusega vahustatav liim soojusisolatsioonimaterjalide liimimiseks.

Litsentsilepingut Jaapani firmaga pikendati mitu korda; viimane neist aastatel 1992–1997 oli sõlmitud juba TTÜga. litsentsilepingu täitmine stimuleeris ka välispatenteerimist, sh saadi ka kuus Jaapani patenti. Jaapani firma omandas lisalepingutega litsentsintorgilt ka nende kasutamiseõiguse ja autorid koostasid vastava tehnilise dokumentatsiooni. Intensiivne arendustegevus lepingu raames avaldus ka selles, et Jaapani firma esindajad külastasid ülikooli tehniliste probleemide arutamiseks aastatel 1975–1994 kokku 27 korral ja leiutiste autorid P. Christjanson, J. Starkopf, T.-M. Süld, K. Kiisler osutasid Nagoyas aastatel 1978–1993 firmale tehnilist abi kokku üheksal korral. Ilmselt oli litsentsileping ka määrav litsentsintorgi ettepanekul ülikoolile rahvusvahelise kaubanduse arendamise eest auhinna Kuldne Mercurius andmisel 1980. aastal.

Kogu DFK-vaikude ja liimide kompleks töötati välja põlevkivikeemia problemlaboratooriumis, mille juhataja aastatel 1965–1978 oli K. Kiisler ja aastatel 1979–1992 P. Christjanson. Teadustöö tulemused patenteeriti, sh saadi 20 autoritunnistust ja 73 patenti. Põhileitajad olid K. Kiisler (18/73); P. Christjanson (15/59); A. Aarna (10/39); J. Vabaoja (5/24); T. Kaps (4/20); T. Süld (4/16); J. Tanner (3/26).

Aktiivne leiutustegevus ei piirdunud ainult DFK-vaikude ja liimidega. Töötati välja uued mittekuivavad rõhutundlikud liimid kasutamiseks eriotstarbeliste kleepmaterjalidena. Leiutise põhiautoriteks olid Svjatoslav Vösotski ja Karl Kiisler ning Helvi Sepp, kes 1976. aastal sai ülikooli esimeseks parimaks naisleiduriks. Põhireseptuurid koosnesid *p*-tertsiaarsest

butüülfenoolist ja formaldehüüdist sünteesitud vaigust, kloropreenkummist ja polüisobutüleenist. Ühe variandina töötati välja ka antikorrosioonmastiks *p*-kumüülfenoolist ja formaldehüüdist sünteesitud vaigust ning selle alusel ka rõhutundlik liim. Modifitseeritud koostised andsid parema tugevusega, põlemiskindlusega või termokõvenevaid liime, aga ka hermeetikuid.

Pinnakattematerjalide valdkonnas tegeldi lakkide ja värvidega etinool- ja epoksüvaikude alusel. Põhiautoriteks olid Tiia-Maaja Süld ja Karl Kiisler. Lakikompositsiooni säilivusaja tõstmiseks kasutati lisakomponendina laktaami. Töötati välja ka elastomeeridega ja fenoolvaikudega modifitseeritud kompaundid, milles ühe variandina kasutati kloropreenkummit ja fenoolformaldehüüdvaike ja teise variandina butadieennitriilkummit ja alküülresortsinool-formaldehüüdvaiku. Kõvendiks oli ka polüamiini reaktsiooni produkt metüloollaktaamiga. Tiia-Maaja Süld nimetati Eesti NSV ja korduvalt ka ülikooli parimaks naisleiduriks.

Kõrvuti eespool nimetatutega saadi terve rida autoritunnistusi muudest valdkondadest. Näidetena võiks nimetada plastbetooni korrosiooniinhibiitorit ja epoksüvaigu kõvendit amiinide reaktsiooniproduktidest N-metüloollaktaamidega ning alküülresortsinoolvaikudega modifitseeritud polümeer-kandjate saamisviisi.

Litsentsimüügi partner ostab endiselt alküülresortsinoolset toorainet ja meie andmetel kasutab seda peamiselt fenoolformaldehüüdvaikude kõvenemise kiirendamiseks komposiitmaterjalide tootmisel.

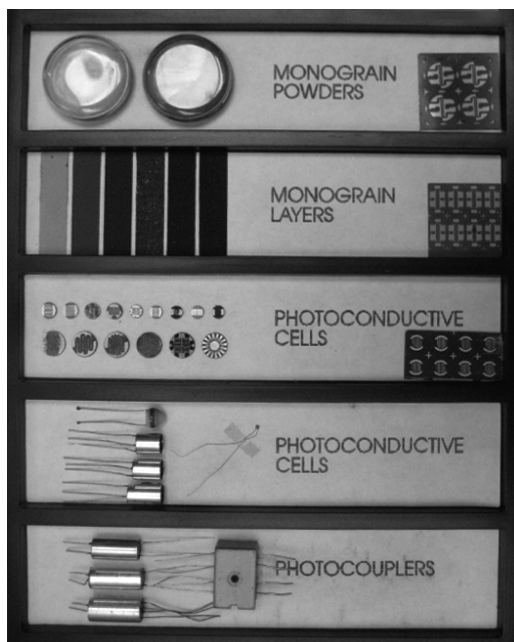
Leiutistest päikesepatareide valdkonnas

Materjaliteaduse instituudi teadlaste teadustöö on aastate jooksul suunatud uute kiirgustundlike ja päikeseenergeetika materjalide loomisele ning nende kasutamisele erinevates seadistes. Tehtud teadustöö tulemused on kaitstud Euroopa, USA, Saksamaa ja paljude teiste riikide patentidega.

Jüri Varvase juhitud uurimisrühm, kuhu kuulusid ka Jaan Hiie, Vello Valdna, Inna Buzmakova ja Enn Mellikov, uuris pulbrilisi fotojuhtivaid materjale. Käsitleti erinevaid tehnoloogilisi võimalusi materjalide sünteesiks. Teadustöö tulemustele anti välja 11 NSV Liidu autoritunnistust. Väljatöötatud fotojuhtivate materjalide alusel on loodud terve rida uuetüübilisi kiirgusdetektoreid, optopaare ja fotomodulaatoreid, mis võeti kasutusele kondiitritoodete vabriku Kalev automaatikaseadmetes, tehases Punane RET jt Eesti ning NSV Liidu ettevõtetes ja teadusasutustes.

Vello Valdna poolt Tallinna raadioelektronika konstrueerimisbüroo tellimisel 1969. aastal loodud fotomodulaatori müratase oli 1000 korda väiksem, kui teoreetikud seda omal ajal võimalikuks pidasid. Gorki

aparaadiehituse teadusliku uurimise instituudi tellimusel väljatöötatud fotomodulaatori tööstusliku variandi tootmist alustati 1983. aastal Tšernovtšõ tehases Izmeritel. Fotomodulaator võimaldas tösta NSV Liidus toodetavate alalisvoolu-mikrovoltmeetrite tundlikkust mitu suurusjärku.



Pooljuhtmaterjalide laboris II-VI ja IV-VI grupi elementidest valmistatud fototundlikud pulbrid, kiled, kihid, fotodetektorid, optopaarid ja fotomodulaatorid.

USA firma Bruker AXS, Inc. tellimusel V. Valdna loodud röntgenluminofoor muudab nii meditsiinis kui ka turvasüsteemides kasutatava röntgeni kiiremaks ja tundlikumaks. Leiutisel on USA patent ja seda toodetakse USA firmas PhosphorTech Corporation.

Koostöös Jülichi teaduskeskusega Saksamaal on Mare Altosaar ja Enn Mellikov töötanud välja mitmed tehnoloogilised võimalused monokristallilise pulbri saamiseks ja selle alusel päikesepatareide formeerimiseks. Tehnoloogia on lisaks Euroopa patendile saanud patendid ka USAs, Saksamaal ja reas teistes riikides.

Instituudi teadurid Mare Altosaar, Jaan Raudoja ja Enn Mellikov on koostöös Hollandi firmaga Scheuten Glasgroep loonud meetodi ühendi $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ monokristallilise pulbri valmistamiseks ning ka seda pulbrit sisaldava monopartikulaarse membraanpäikeseelemendi. Uudsele meetodile

on patendid on välja antud Euroopa riikides ning enam kui viieteistkümnes riigis üle maailma.

Koostöös firmaga Scheuten Glasgroep on välja töötatud ka erinevate pulbriliste materjalide pinnakäsitlemise tehnoloogia. Uudse meetodi loomisel osalesid instituudi teadurid Mare Altosaar, Jaan Raudoja, Tiit Varema ja Marit Kauk. Leiutisele on välja antud Eesti patent ja kaks Euroopa patenti, õiguskaitse taotlused on esitatud veel üheksas riigis.

Erinevad tehnoloogilised võimalused väljatöötatud monokristalliliste pulbrite kasutamisel ioonselektiivsete elektroodide valmistamiseks ning loodud ioonselektiivsete elektroodide parameetrite suunatud juhtimiseks on Tiit Varema, Mare Altosaare, Enn Mellikovi, Dieter Meissneri ja Nikolai Zaitsevi loodud lahendus, mis on Saksamaal patentimisel.

Elektroonikaseadiste töötamisel on väga oluline nende kaitse erinevate kahjulike välismõjude eest. Selliseks kaitseks annavad praktilise võimaluse instituudi teadurite Teolan Tomsoni ja Vello Sarve loodud võimendussummeetria seade ja vahelduvvoolu konverter.

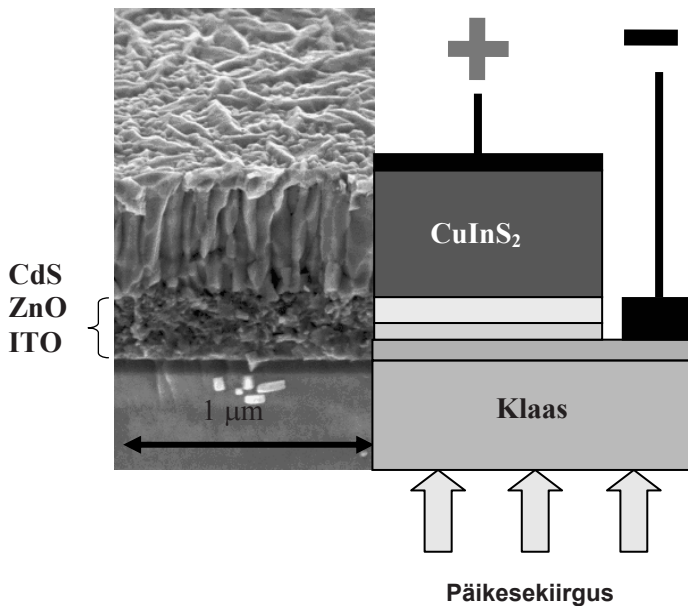
Päikesepaneelide praktilisel kasutamisel elektrienergia saamiseks on vaja luua tingimused, mis tagavad päikesepaneeli maksimaalse efektiivsuse vastavates geograafilistes ja kliimatilistes tingimustes. Teolan Tomsoni väljatöötatud heliokollektori eksponeerimise meetodi rakendamine võimaldab tõsta heliokollektori toodetavat energiakogust. Leiutis on Eestis patenteerimisel.

Päikeseenergeetika materjalide valmistamine keemilistel meetoditel

Malle Krunksi juhitava uurimisrühma teadustöö tulemusena on loodud mitmed uudsed tehnoloogiad päikeseenergeetika materjalide valmistamiseks.

Autorite kollektiiv Malle Krunks, Arvo Mere ja Olga Kijatkina on välja töötanud üliodava tehnoloogia õhukesekileliste $\text{TiO}_2/\text{In}_2\text{S}_3/\text{CuInS}_2$ ja $\text{ZnO}/\text{CdS}/\text{CuInS}_2$ päikeseplatareide koostisosade ja kogu struktuuri valmistamiseks vedeliksadestuse meetoditel, kusjuures absorberkihina kasutatakse pihustuspürolüüsi meetodil sadestatud CuInS_2 kihti. Päikeseplatarei koosneb läbipaistva juhtiva oksiidikihiga (näiteks SnO_2 kihiga) klaasalusest, oksiidikihile kantud TiO_2 või ZnO aknakihist, CuInS_2 absorberkihist ning puhverkihist akna- ja absorberkihi vahel. TiO_2 või ZnO aknakiht ning CuInS_2 absorberkiht valmistatakse keemilise pihustuspürolüüsi meetodil, kusjuures InOS või CdS puhverkihid keemilise sadestamisega lahusest või pihustuspürolüüsi meetoditel. Patenditaotlus on esitatud kihtide sadestamise temperatuuride, järjekorra ning pihustussadestuse või keemilise sadestamise

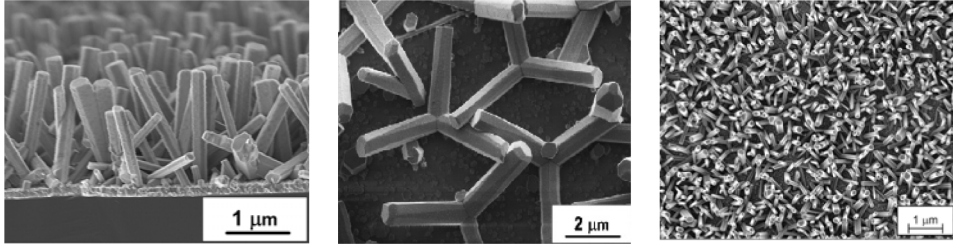
lahuste koostise, lähteainete molaarsuhete, kontsentratsiooni ja pihustuskiiruse kohta. Tehnoloogia eripäraks on valmistamise lihtsus ja odavus suurepinnaliste ja hinnalt odavate fotovoltstruktuuride valmistamiseks. Leitud „CuInS₂ absorberkihiga päikeseelemendi valmistamise meetod” on saadud õiguskaitses Eestis ja seda taotletakse ka USA-s.



Päikesepatarei ristlõige. SEMi foto ja skeem.

Malle Krunk, Ilona Oja Acik ja Tatjana Dedova on välja töötanud nanokolonnilise struktuuriga ZnO kihtide valmistamise uue meetodi. Õiguskaitses taotletakse lihtsale ja odavale pihustuspürolüüsi meetodile nanomõõtmelistest vardakujulistest ZnO kristallidest koosneva kihi sadestamiseks. ZnO nanovarraste kasvatamiseks kasutatakse lähteainena tsinkkloriidi, mille vesilahus või vesi-alkohollahus pulveriseeritakse vajaliku temperatuurini (400–600 °C) eelkuumutatud alusele. Alustena kasutatakse klaasi, juhtiva läbipaistva metalloksiidiga, nagu ITO, SnO₂, ZnO, kaetud klaasialuseid, räni jt. On leitud sobivad kasvutemperatuurid, lähteaine kontsentratsioonid ja lahuse pihustuskiirused sobiva kujuteguriga (pikkuse/läbimõõdu suhe) kristallide kasvatamiseks alusel. Esitatud on tehnoloogilised tingimused kristallide külgsuure pidurdamiseks ja seejärel ZnO kristallide kujuteguri kontrollimiseks. Pihustusmeetodil valmistatud ZnO

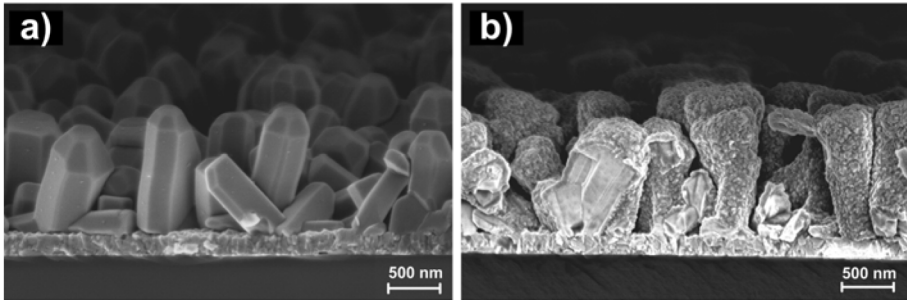
kristallid on kas plaadi või nanovarda kujulised nanomõõtmelised heksagonaalsed kristallid (läbimõõt 40–200 nm, pikkus 50 nm–6 µm). Iga üksik kristall on kõrge puhtusastmega monokristall. USAs, Austraalias, Indias, Hiinas ja Euroopa riikides patenteerimisel oleva tehnoloogia eeliseks on protsessi lihtsus nii tehnoloogiliselt kui ka aparatuurselt, lühikesed sadestusajad, kemikaalide odavus ja kättesaadavus ning saadud produkti kõrge kvaliteet.



SEMi fotod pihustuspürolüüsi meetodil valmistatud ZnO nanovarrastest.

Malle Krunksi, Atanas Katerski, Tatjana Dedova, Arvo Mere ja Ilona Oja Aciki leiutis „Päikesepatarei ZnO nanovarraste baasil“ käsitleb nanostruktuurse fotovoltmuunduri valmistamist peamiselt pihustuspürolüüsi meetodil. Töötati välja nanostruktuurse päikesepatarei disain ja koostelementide valmistamise tehnoloogiad. Päikesepatarei põhineb pihustuspürolüüsi meetodil valmistatud ZnO nanovarrastest koosneval kihil, millele on sadestatud passiveeriv kiht, sellele puhverkiht ning seejärel üliõhuke absorbermaterjali kiht. ZnO nanovardad kasvatatakse klaasalusele, mis on kaetud elektrit juhtiva ja spektri nähtavas piirkonnas hea optilise läbilaskvusega metalli oksiidi (näiteks SnO_2 , In_2O_3 või ZnO) kihiga. Absorberkihiks on keemiliselt pihustatud paarikümne nanomeetri paksune CuInS_2 kiht. ZnO nanovardad passiveeritakse kuni paari nanomeetri paksuse keemiliselt inertse dielektrilise materjali, näiteks TiO_2 kihiga, mille ülesandeks on tagada ZnO nanovarraste keemiline stabiilsus ning hoida ära struktuuri elektriline šunteerumine. Titaandioksiidi kiht valmistatakse soolgeel meetodil sukeldamise või pihustamise teel. Passiveeritud ZnO nanovarraste ja absorberkihi vahele kantakse pihustuspürolüüsi meetodil In_2S_3 puhverkiht. Nanostruktuurse ZnO kihi baasil valmistatud päikesepatareis saavutatakse kõrgem fotovoolu tihedus tänu p-n-siirde suuremale pindalale võrreldes planaarse õhukesekilise struktuuriga, mis omakorda annab suurema valguse elektriks muundamise efektiivsuse. Üliõhuke absorberkiht

võimaldab kasutada madalama kvaliteediga absorbermaterjali, kuna fotogenereritud laengukandjad ei pea läbima absorbermaterjali paksu kihti, vaid separeeritakse p-n-siirde elektrivälja mõjul kontaktidele. Selline lahendus, mis võimaldab kasutada madalama puhtusastmega absorbermaterjale, avab võimalused odavate keemiliste tehnoloogiate kasutamiseks fotovoltstruktuuride loomisel ja loob eeldused päikesepatarei valmistamise kulude oluliseks alandamiseks. Leiutis on patenteerimisel USAs jt riikides.



SEMi fotod a) pihustuspirolüüsi meetodil sadestatud ZnO nanokristallide kihist, b) ZnO nanokristallidel baseeruvast üliõhukese anorgaanilise absorberkihiga päikesepatareist.

Keskkonnatehnika valdkonna leiutistest

Keskkonnatehnika valdkonna leiutised võib jagada kahte gruppi: reovete valdkonda kuuluvad ja joogivee valdkonda kuuluvad. Leiutised reovee puhastustehnoloogia alal kasvasid välja koostöös nii Eesti kui ka tollase NSV Liidu keemiatööstuse ja ehitusmaterjalide tööstuse ettevõtetega. Männikul asuva silikaltsiiditehase tellimusel uuriti silikaltsiidist ehitusplokkide viimistlusreovee puhastamise võimalusi. Enno Siirde, Rein Munter ja Hilja Looritsa väljatöötatud tehnoloogia kohaselt läbib viimistluse jääkvesi kõigepealt setiti, kus sadenevad tsemendiosakesed. Seejärel hapustatakse vett väävelhappega, et lõhkuda akrüülemulsiooni, ja lastakse seejärel segul kihistuda. Selginud osa juhitakse kahekihilisele filtrile (tsement + puidulaastud). Tulemusena saavutatakse jääkvee 98%-line puhastusaste tsemendi suhtes ja 99%-line puhastusaste polümeerse emulsiooni suhtes. Puhastatud vesi retsirkuleeritakse tsement-polümeerse värvi valmistamise seadmete pesuveeks, mis võimaldab kokku hoida 90% puhast toorvett. Protsessi käigus tekkinud šlamm suunatakse pärast veesisalduse vähendamist ladustamisele prügilasse.

Tööstusreovete puhastustehnoloogia valdkonnas on Enno Siirdel, Hilja Looritsal ja Rein Munteril koos kaasautoritega patenteeritud ka täiendavad lahendused.

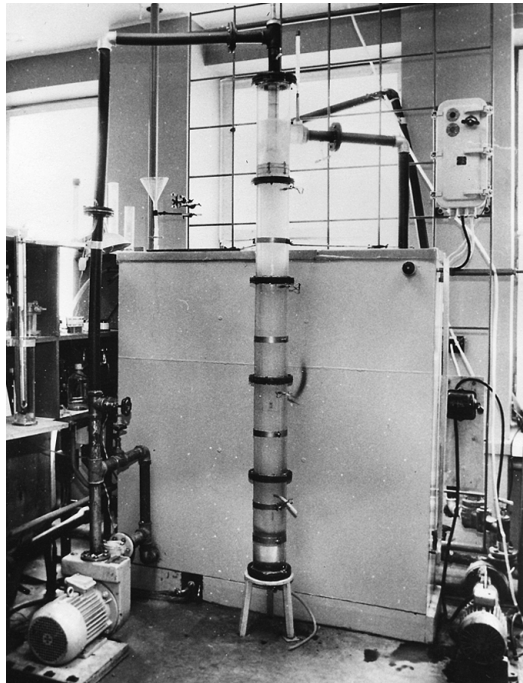
1980. aastatel algas ülikooli keemiatööstuse protsesside ja aparaatide kateedris lepinguline koostöö Moskva piimatööstuse teadusliku uurimise instituudiga. Uurimistöö teema sai alguse Moskva instituudi kavatsusest kasutada piimatööstuse piimaaurutusparaatide sekundaarauru kondensaati sekundaarse tehnoloogilise veena. Sekundaarauru kondensaat on soolavaba vesi, milles on veidi piimast pärinevat orgaanilist ainet (u 1 mg/L), mis aurutusprotsessi käigus kandub tilkadena sekundaarauruga kaasa. Selle kõrvaldamiseks katsetati kahe aasta jooksul nii osoonimist kui ka filtrimist. Majanduslikult osutus kõige otstarbekamaks filtrimine rõhu all. Esimeses astmes suunati kondensaat 1,4-baarise rõhu all läbi raamfilterpressi, kus filtrivaks abiaineks oli tellisepuru osakesed läbimõõduga 0,05 mm ja kihi paksusega 2 mm. Teises astmes filtriti kondensaat 8-baarise rõhu all läbi kartongkihiga survefiltri. Tulemusena eraldati veest piimakomponendid 98-100%-liselt, mis võimaldas puhastatud vett tehases tehnoloogilise veena retsirkuleerida. Piimasisaldus vees vähenes 1,0 milligrammilt 0-0,02 milligrammini liitri kohta. Meetod juurutati mitmes Siberi piimakombinaadis.

Samasse valdkonda kuulub ka Enno Siirde, Rein Munteri, Sven Kame-nevi, Sergei Preisi jt leiutis, mis on sellelaadsetest töödest kõige huvitavam, sest katseid tehti ülikooli keemiatööstuse protsesside ja aparaatide kateedris aniliinvärvitööstuse originaalreoveega, mis oli pärit Berezniki ja Permi aniliinvärvitehasest. Peale selle tehti 1980. aastate teisel poolel ka proovikatseid Berezniki keemiatehase katseseadmepool Siberi karmides tingimustes – suvel +40 °C, talvel sageli -40 °C.

Aniliinvärvitööstuse reoveed kuuluvad kõige raskemini töödeldavate reovete hulka. Selles sisalduvad peaaegu kõik aromaatsed orgaanilised ühendid – benseen, toluen, ksüleen, aniliin, toluidiin, nitrobenseen jt. Meie ülesandeks jäi välja töötada aniliinvärvitööstuse bioloogiliselt puhastatud reovee järelpuhastustehnoloogia koagulatsiooni ja osooni abil. Eelkatsed näitasid, et ainult osooni kasutamine lähtevee kõrge hapnikutarviduse juures (KHT > 3500 mg/L) läheks väga kalliks. Enno Siirde pakkus välja idee kasutada astmelist töötlust, s.t kõigepealt vähendada saasteainete sisaldust, kasutades koagulatsiooni lubjaga, seejärel osoonida selitatud vett, siis uuesti koaguleerida, sadestades välja osoonimisprodukte, seejärel uuesti osoonida jne, kuni saavutatakse reovee nõutud puhastusaste. Tavaliselt õnnestus saavutada nõutud puhastatus (KHT < 1200 mg/L) nelja astmega: koagulatsioon-osoonimine-koagulatsioon-osoonimine. 1984.

aastal valmis Berezniki keemiatehases osoonimise katseseade, kus osooni ja vee segamiseks kasutati R. Munteri ja S. Preisi väljatöötatud intensiivset päriooluga staatilist segurit (nn laternat). Teadaolevalt töötab tehase katse-seade praegugi. Meetodi tööstuslik juurutamine on seni takerdunud osooni-generaatorite maksumuse taha.

Joogivee puhastamise valdkonda kuuluva leiutise autorid on S. Preis, R. Munter ja E. Siirde, kes töötasid välja uudse päriooluga staatilise seguri – toru-torus tüüpi kontaktaparaadi.



Keemiatööstuse protsesside ja aparaatide kateedris välja töötatud toru-torus tüüpi kontaktaparaat vee ja reovee osoonimiseks.

Vee kiire küllastamine osooniga toimus aparaadi ülaosas asuvas sõel-põhi-kolonnis (nn laternas), lahustunud osooni reaktsioonid orgaaniliste ainetega aga selle aja jooksul, mil laternast väljunud veevool liikus mööda tsentraalset toru alla ning seejärel torudevahelises ruumis uuesti üles. Nimetatud kontaktaparaati katsetati edukalt Berezniki keemiatehases.

Keemiatehnika valdkonna leiutistest

Teema 1. Okka-haljasmassi kasutamine bioloogiliselt aktiivsete tarbekeemia-produktide saamiseks

Okka-haljasmassist bioaktiivsete ainete tootmise tehnoloogia küsimustega tegeldi ülikooli keemiatööstuse protsesside ja aparatuuride kateedris professor E. Siirde juhtimisel üle 20 aasta (1970–1991). Uurimisetappidest ja erinevate tehnoloogiliste lahenduste koostamisest võtsid osa Endel Uus, Eduard Tearo ja Lui Pikkov keemiatööstuse protsesside ja aparatuuride kateedrist, Viktor Strižak masinaelementide kateedrist, R. Mägi ja R. Bruus üliõpilaste SKBst, üliõpilased O. Semjonova ja S. Vorotinski; V. Kapten, R. Augas, U. Ilumets ja J. Keerov Valgamaa metsamajandist, V. Land Võru metsakombinaadist. Uudsetele tehnoloogilistele lahendustele saadi 6 autoritunnistust.

Keemiatööstuse protsesside ja aparatuuride kateedris tehtud uurimistööde tulemusena võeti 1971. aastal Valgamaa metsamajandi keemiatehnikas ekstraheerimiseks kasutusele trikloroeteen, mis andis bensiiniga võrreldes tunduvalt paremaid tulemusi ekstraktiivainete saagise osas (1,5 korda) ja bioaktiivsete komponentide (klorofüllil ja karotiini derivaadid) sisalduse osas peaaegu kaks korda. 1973. aastal käivitati ülikoolis väljatöötatud ekstrakt-sioonitehnoloogia abil tollaegse NSV Liidu suurim okka-haljasmassi ekstrakt-sioonitehas Teterevi katsemajandis Ukrainas.

1975.–1976. aastal Valgamaa metsamajandi keemiatehnikas rekonstrueeriti. Väheefektiivsed pidevalt töötavad vintekstraktorid asendati uute ülikoolis konstrueeritud suuremahuliste (3 m³) deflegmatsiooniekstraktoritega, mis olid varustatud spetsiaalsete okasmassi väljalaadimiseseadmetega.

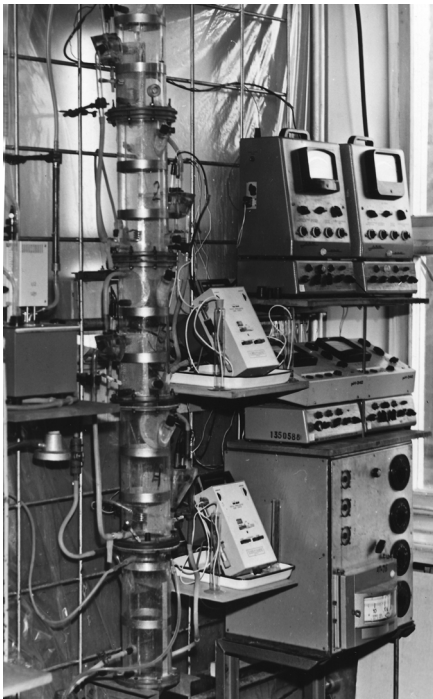
Edasistes uurimistöödes (1980–1985) töötati välja tehnoloogia trikloroeteeniga ekstraheeritud nn vaikainete lahutamiseks spetsiifiliste omadustega produktideks, nagu naatriumklorofülliin, provitamiinide kontsentratsioon, palsampasta, okkavaha ja eeterlikud õlid. Neid produkte toodeti kolmes ettevõttes (Strenci Lätis, Lisino Leningradi oblastis ja Saru Eestis). Erilist tähelepanu väärib küllalt kalli (3000 rubl/kg) naatriumklorofülliooni saamine, mida kasutatakse kiiritus- ja vereloomehaiguste ravimpreparaatide valmistamiseks. Ülikoolis väljatöötatud tehnoloogia võimaldas naatriumklorofülliooni saagist suurendada 5–6 korda, võrreldes töötavates ettevõtetes kasutatud tehnoloogiaga.

Teema 2. Tehnoloogia ja aparatuuri kujundamine biotehnoloogilistes protsessides tahkele kandjale seotud fermentide manulusel

1970. aastate algul alustati toiduainete tehnoloogia kateedris uurimistööd tahkele kandjale (silikogeel, silokroom, ka geelid) seotud fermentide oma-

duste ja kasutamisevõimaluste kohta mitmete biotehnoloogiliste protsesside, nagu laktoosi (piimasuhkur) konverteerimine glükoosiks ja galaktoosiks jt, läbiviimiseks. Tolleaegse keemiatööstuse aparatuuride ja protsesside kateedri töötajad E. Tearo, U. Uus ja E. Tali liitusid antud uurimistöödega mõned aastad hiljem eesmärgiga töötada välja efektiivsed seadmed, nn biokatalüüsi reaktorid (BKR) fermentidega seotud protsessidele. Uurimistööd ja pooltööstuslikud katsed kestsid kuni 1996. aastani. Antud ajavahemikus konstrueeriti ja ehitati 11 reaktorimudelit, leiutistele anti 9 autoritunnistust ja õiguskaitsse saamiseks esitati ka rahvusvaheline patenditaotlus.

Biokatalüütiliste reaktorite loomisel ja katsetamisel osalesid E. Tearo, E. Uus, E. Tali ja L. Pikkov keemiatööstuse protsesside ja aparatuuride kateedrist; A. Köstner, L. Josua, K. Pappel, M. Mandel, E. Siimer ja K. Kivisilla toiduainete tehnoloogia kateedrist; M. Samartsev, V. Pasetšnik ja N. Beljakov Leningradi ülipuhaste biopreparaatide teadusliku uurimise instituudist ning L. Nahapetjan Moskva biotehnoloogiliste protsesside instituudist.



Enno Siirde, Ado Köstneri jt koostöö tulemusena loodud laboratoorne biokatalüütiline reaktor.



Endel Uus tööstuslikku biokatalüütilist reaktorit kontrollimas.

Loodud reaktoritüüpidest võiks esile tõsta järgmisi:

- BKR-3 – laboratoorne horisontaalse spiraalkanaliga barbotaažreaktor mahuga ca 3 l
- BKR-4 – pooltööstuslik horisontaalse spiraalkanaliga barbotaažreaktor mahuga ca 50 l

Nimetatud reaktoritüüpide puhul asetseb substraat koos katalüsaatoriga (seotud ferment) perforeeritud plaadile roostevabast metall-lehest moodustatud spiraalses kanalis. Reaktsioonisegu segati läbi plaadiavade suunatud suruõhuga. Reaktorit BKR-4 katsetati edukalt Kadrina siirupitehases tärgklise konversioonil glükoosiks silokroomile seotud glükoamülaasiga. Reaktor tootis kuni 750 kg 75% glükoosisaldusega siirupit ööpäevas.

- BKR-5 ja BKR-6

Tegemist oli 4-sektsioonilise barbotaažsegamisega kolonnreaktoriga, milles katalüsaator (seotud ferment) paiknes kolonni sektsioonides perforeeritud taldrikutel koos konverteeritava substraadiga. Segamine toimus alt puhutava suruõhuga. Substraat suunati pidevalt ülemisest sektsioonist alla. Kolonnreaktorit BKR-5-140 katsetati Saranski tehases Biohimik, 6-penitsillaanhappe tootmises bensüülpenitsilliinist. Katsed olid edukad ja tehas oli huvitatud selle rakendamisest.

Kujundati vastav tööstuslik seade BKR-6-800 (läbimõõt 800 mm). 1991. aastal koostöösides aga katkesid. Reaktori BKR-5-140 mudelit eksponeeriti NSV Liidu rahvamajanduse saavutuste näitusel. 1980. aastate keskel valmistati ülikooli eksperimentaaltöökohas langeva katalüsaatorikihiga pooltööstuslik biokatalüütiline reaktor BKR-9-7, mis paigaldati Võru juustu-tehase vadaku töötlemise tsehhi.

Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratooriumi leiutistest

Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium koos oma eelkäijatega (mineraalväetiste ja -söötade problemlaboratoorium, anorgaanilise tehnoloogia laboratoorium) on olnud leiutustegevuses suhteliselt edukas. Alates 1970. aastast on saadud 16 NSV Liidu autoritunnistust, üks Vene Föderatsiooni ja üks Eesti Vabariigi patent. Menetluses on veel üks Eesti patenditaotlus ja kasuliku mudeli taotlus. Leiutised on seotud laboratooriumi põhiuuringutega looduslike fosfaatide kompleksse töötlemise ja kasutamise valdkonnas eesmärgil töötada välja uusi või täiustada olemasolevaid tehnoloogilisi protsesse ja saadusi, laiendada toorainebaasi ja parandada keskkonnatingimusi.

Leiutiste kaasautorid on mitmelgi puhul üleliiduliste või Eesti teadusasutuste ja tehaste töötajad, kes osalesid uuringutes või juurutamisel.

Laboratooriumi töötajatest esineb autorina kõige sagedamini Mihkel Veiderma (12) ja Rein Kuusik (17), Ernst-Eduard Aasamäe (4) ja Tiit Kaljuvee (3). Kaasautoritena osalesid ülikooli teiste struktuuriüksuste, nt anorgaanilise keemia ning keemiatööstuse protsesside ja aparatuuride kateedri/õppetooli töötajad Meeme Põldme, Ludmilla Viisimaa, Heinrich Vilbok, Edvard Luhakooder. Eestis patendikaitse saanud alumiinium- ja raudsulfaate sisaldava veepuhastuskoagulandi saamise meetodi on välja töötanud Rein Kuusik, Andres Trikkel ja Ludmilla Viisimaa.

Ajavahemik taotluse esitamisest tunnistuse väljaandmiseni kõikus ühest aastast kolme aastani, tavaliselt oli see kaks aastat. Mõnikord tuli esitada täiendavaid andmeid või lükata ümber retsensentide väiteid. Kahel juhul tunnistati autoritunnistus kinniseks, s.o avaldamisele mittekuuluvaks.

Praktilise kasutamise seisukohalt võib eriti esile tuua järgmisi:

- leiutis „Fosforhappe neutraliseerimise meetod“ (1970), mis juurutati Maardu keemiakombinaadis ja Kedainiai keemiatehases. Parandas saaduse kvaliteeti ning andis olulist majanduslikku efekti;
- leiutis „Looduslike fosfaatide fluorarastamise meetod“ (1971), mille alusel projekteeriti ja ehitati pooltööstuslik katsetehas, kus saadi lähteandmed tööstusliku tootmise projekteerimiseks;
- leiutis „Fosfokipsi termilise töötlemise meetod“ (1980, 1993), mis oli aluseks pooltööstuslikeks katseteks erinevatest fosfaattoorme liikidest saadud fosfokipsiga ja lähteandmete väljaandmiseks tööstusliku tootmise projekteerimiseks;
- leiutise „Meetod alumiinium- ja raudsulfaate sisaldava veepuhastuskoagulandi saamiseks ning glaukoniidi kasutamine selle toormena“ (1998) alusel on võimalik rajada Eestis vajaliku reagenti tootmine kohalikust toormest.
- leiutise „Meetod aluselise reovee neutraliseerimiseks suitsugaasis sisalduva süsinikdioksiidiga“ (2006) alusel on võimalik vähendada CO₂ emissiooni ning saada kasulikku kõrvalprodukti.

Rakendusensümoloogia valdkonna leiutistest

1960. aastate teisest poolest kuni 1990. aastate alguseni toimusid ülikoolis uuringud rakendusensümoloogia/biotehnoloogia vallas järgmistes põhisuundades:

a) kinnisensüümide (=immobiliseeritud ensüümide) saamise meetodite väljatöötamine;

b) kinnisensüümide toimel kulgevate reaktsioonide kineetika uurimine;

c) ensüümide immobiliseerimiseks vajalike tahkete kandjate väljatöötamine;

d) kinnisensüümide tööstusliku rakendamise viiside ja efektiivsuse uurimine.

e) kinnisensüümide suuremahuliseks valmistamiseks ja praktiliseks kasutamiseks sobivate seadmete väljatöötamine.

Uurimissuuna rajajaks oli Ado Köstner, kelle teaduslikul juhendamisel tegutses esmalt loodud inseneriensümoloogia uurimiserühm ja hiljem selle põhjal välja kujunenud biotehnoloogia laboratoorium. Ado Köstneri autoritunnistusega kaitstud leiutiste üldarv on 42 ja valdav enamik neist on seotud nimetatud uurimisvaldkonnaga.

Lisaks Ado Köstnerile paistsid aktiivse leiutustegevusega silma uurimiserühmas töötanud Mihkel Mandel (17) - penitsilliini amidaasi immobiliseerimise ja praktilise rakendamise meetodid; Heino Kipper ja Külliki Kivisilla (10) - peamiselt organomineraalsete ensüümikandjate väljatöötamine; Enn Siimer (11) - mitmete ensüümide immobiliseerimise meetodid; Kaie Pappel (8) - põhiliselt beetagalaktosidaasi immobiliseerimine ja rakendamine; Malle Kreen (8) - erinevad kinnisensüümide saamise meetodid jt.

Aktiivne koostöö toimus toleaeagse ülikooli keemiatööstuse protsesside ja aparaatide kateedriga. Endel Uusi ja Eduard Tearo leiutised kinnisensüümide kasutamiseks sobivate reaktorite väljatöötamise alal on kaitstud 9 autoritunnistusega (vt teema 2). Ka L. Roosimöldriga mehaanikateaduskonnast toimus koostöö reaktorite konstrueerimise vallas.

Mitmete autoritunnistuste objektid tulenevad koostööst Leedu biokeemia instituudiga (N. Lukošjavitšene, P. Sadauskas (2), Läti (A. Arens, D. Daija) ja Moskva (I. Berezin, I. Jakovleva jt) uurimisinstituutidega, samuti Permi vaktsiinide ja seerumite TU instituudiga (I. Raiher, L. Raiher).

Kinnisensüümide juurutamiseks tehti koostööd mitmete tööstusettevõtetega, nt Võru piimatoodete kombinat (katsed immobiliseeritud beetagalaktosidaasi kasutamiseks laktoosivabade piimatoodete valmistamisel), Riia meditsiinipreparaatide tehas (G. Kleiner, L. Jelizarovskaja) ja Saranski meditsiinipreparaatide tehas. Viimases juurutati 1970. aastate keskel koos Moskva riikliku ülikooli teadlastega poolsünteesiliste penitsilliinide tootmiseks vajaliku 6-aminopenitsillaanhappe saamise tehnoloogia immobiliseeritud penitsilliini amidaasi (EC 3.5.1.11) abil.

Kõige olulisemaks võibki pidada neid leiutisi, mille objektiks oli tööstuslikuks kasutamiseks sobiva penitsilliini amidaasi immobiliseerimise meetodi

väljatöötamine ja saadud ensüümpreparaadi kasutamine 6-aminopenit-sillaanhappe tootmise protsessis.

Polüetüleentoodete trükkimise ja värvimise valdkonna leiutistest

Polüetüleeni kui materjali laialdane kasutamine nii olmes kui ka tööstuslikes rakendustes hoogustus eelmise sajandi 60ndatel aastatel. Asutati rida plastitööstusi nagu Estoplast jt, kus hakati laialdaselt kasutama polüetüleeni nii toodete vormimiseks kui ka kile valmistamiseks. Eriti levis puhumis-meetodil toodetud pudelite kasutamine (Flora) mitmesuguste toodete, nagu šampoonid, vesipõhised värvid jm pakendamiseks. Polüetüleen on tuntud kui kemikaalikindel materjal, mida on kerge töödelda. Tema kasutamise algaastatel oli aga probleemiks polüetüleenpudelitele ja kilekottidele teksti ja piltide trükkimine, kuna polüetüleeni pind osutus väga halvasti värvitavaks. Et tema pinna adhesioonivõimet tõsta, tuli seda aktiveerida kas gaasileegis, koroonalahendusega või keemilisel teel. Polüetüleeni trükkimise ja pinna aktiveerimisega tegeles pikka aega polümeeride tehnoloogia õppetooli professor Eduard Piiraja. Tema esimeses autoritunnistuses kirjeldati polüetüleeni otsetrükivärvi, mille kaasautoriks oli Mall Adrat. Edasine töö kulges selle värvi täiustamise teel, kus kaasautoriteks olid Mati Põldsaar ja Anti Viikna. Selle koostöö tulemusel loodi kaks leiutist, mis käsitlesid polüetüleenpudelite siiditrüki värvi ja selle omaduste parandamist. Värv oli kiirelt kuivav ja mittevahutav. E. Piiraja ja Mare Lukin leiutasid ka mooduse küünalde valmistamiseks. Need küünlad põlesid ilma erilise tilkumiseta. E. Piiraja huviorbiiti jäid ka mittekuivavad liimid, kaasautor Laine Tarvis. Edasi saadi samas koostöös autoritunnistus iseliimuvatele etikettidele ja pinda katvale kompositsioonile. Kui päevakorda tõusis polüetüleenijäätmete utiliseerimise probleem, uuris E. Piiraja polüetüleeni termilist destruktsiooniprotsessi ja polüetüleeni vahade saamisvõimalusi ning nende omadusi. Väljatöötatud meetodile anti 1985. aastal autoritunnistus ja 1992. aastal kaitsi pürolüüsiahi. Polüetüleenist toodete töötlemise meetodi (pinna aktiveerimine enne trükkimist) autorid on E. Piiraja ja Kalju Help.

Mõned uuringud ei olnud polüetüleeni teemadel – nagu polüestervaigu saamine koostöös professor H. Raudsepaga ja pärmi biomassi saamise meetod koostöös nelja kaasautoriga. Oma viimases CVs kirjutab professor E. Piiraja, et tema kaasosalusel on saadud kokku 21 NSV Liidu autori-tunnistust, 1 Vene Föderatsiooni patent, esitatud 1 Eesti Vabariigi kasuliku mudeli taotlus ja saadud kolmele leiutisele 42 välisriikide patenti. Mingil määral on professor E. Piiraja töid jätkatud praeguses polümeerimaterjalide instituudis, kus uuritakse looduslike lisanditega kilekomposiitide valmis-

tamise võimalusi ning 2007. aastal esitati Eesti patendi taotlus leiutisele „Komposiitkile”.

Kütusetööstuse valdkonna leiutistest

Põlevkivi termilise töötlemise produktid

Ajavahemikul 1979–1981 saadud autoritunnistused olid seotud Jüri Soone kandidaaditööga, mille teemaks oli põlevkivibensiini sekundaarse pürolüüsi uurimine. Teema juhendajaks ja peamiseks uute ideede genereerijaks nimetatud valdkonnas oli Eesti põlevkivikeemia suurkuju, akadeemik Agu Aarna. Autorite kollektiivi silmapaistvamateks liikmeteks olid veel põlevkivi teadusliku uurimise instituudi kauaaegne direktor Richard Joonas ja selle instituudi aromaatsete ühendite laboratooriumi juhataja Olga Velitskaja.

Sama perioodi ja hilisema aja töödest selles valdkonnas võib nimetada põlevkiviõli hapnikühendite baasil 1982. aastal väljatöötatud lisandit raskete kütuste omaduste parandamiseks. Hilisematest aastatest pärit leiutised on multifunktsionaalne kütuselisand ja õlis lahustuvate fenoolide baasil väljatöötatud biotsiid. Juhtivaks ideede autoriks uute toodete arendamisel põlevkivifenoolide baasil oli kauaaegne põlevkivi instituudi töötaja vanemteadur Enno Raidma.

Alates 2000. aastast on peatähelepanu leiutustegevuses antud teemal siiski pööratud termilise töötlemise protsessi täiustamisele. Koostöös selle ala maailma tasemel tunnustatud spetsialistidega põlevkivi teadusliku uurimise instituudist, Viktor Jefimoviga ja Svjatoslav Doiloviga, on loodud tükilise põlevkivi töötlemise tehnoloogiat ja aparatuuri käsitlevad leiutised, millele on välja antud kaks Eesti patenti ja kaks patenditaotlust on menetluses.

Matemaatika-loodusteaduskond

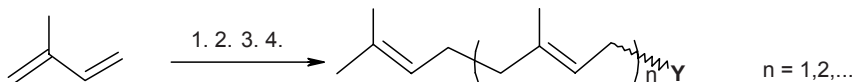
TTÜ struktuuri ümberkorraldused tõid kaasa matemaatika-loodusteaduskonna moodustamise septembris 2002. Seega on tegu ülikooli noorima ja seejuures üsna kirju teaduskonnaga. Sellesse teaduskonda kuulub 7 struktuuriüksust: **füüsikainstituut**, **insenerigraafika keskus** ja **matemaatika-instituut** (endisest TTÜ matemaatikateaduskonnast) ning **geenitehnoloogia instituut** (toodi üle KBFist), **keemiainstituut** (moodustati osast alus- ja rakenduskeemia instituudist, millele liideti osa endisest TA Keemia Instituudist), **mitmefaasiliste keskkondade füüsika teaduslaboratoorium** (osa endisest Eesti Energeetika Instituudist) ja **integreeritud süsteemide bioloogia keskus** (asutati 2007). Tulenevalt teaduskonna vaid kuueaastasest tegevusajast on esitatud patenditaotlustest praeguseks väiksem osa jõudnud leiutiseks vormistamiseni. Siiski, suur hulk leiutisi on seotud teaduskonna silmapaistvate teadlastega ja nende varasema tööga.

Lõhnaainete ja taimekaitsevahendite süntees ja tootmistehnoloogia

Puhaste eeterlike õlide (lõhnaained) tootmine taimmaterjalist on väheproduktiivne. NSV Liidus arendatud mitmeetapiliste sünteesiskeemide kõrvale asus 1955. aastal Koit Lääts poolt Leningradi tehnoloogia-instituudis tehtud kandidaaditöös esitatud isopreeni katioonse telomerisatsiooni reaktsioon, mille puhul ahvatles terpeenkloriidide struktuurskeleti moodustumine kaheetapilises protsessis, lähteaineks odav naftaprodukt.

1960. aastal tuli K. Lääts tööle ENSV TA Keemia Instituuti ja asus juhtima uut uurimisüksust, orgaanilise sünteesi sektorit, kus töö eesmärgiks oli välja töötada hinnaliste terpenoidsete produktide sünteesi kompleksed tootmistehnoloogiad lõppeesmärgiga koostada lähteandmed vastava tehase projek-

teerimiseks. Uutele sünteesiskeemidele ja tehnoloogiatele saadi õiguskaitse põhiliselt NSV Liidus.



- | | |
|--|--|
| 1. hüdrokloreerimine (+HCl) | $\text{CH}_2\text{Y} = \text{CHO}$ - tsitraal, farnesaal |
| 2. telomerisatsioon (kat $\text{SnCl}_4, \text{Y}=\text{Cl}$) | $\text{Y} = \text{OH}$ - geraniool, farnesool |
| 3. selektiivne komplekseerimine | $\text{Y} = \text{OAr}$ - geranüül-arüülestrid |
| 4. ammoniumkompleksi lagundamine | $\text{Y} = \text{OCOR}$ - geranüülestrid, farnesüülatsetaat |

Mõnede terpenoidsete produktide süntees isopreenist (lihtsustatud skeem).

Isopreeni ja tema hüdrokloriidide telomerisatsiooni moodustus komp-
litseeritud segu madalamatest ja kõrgematest isomeersetest C_{10} -, C_{15} -, C_{20} -
jne kloriididest. Seejuures põhiliste eesmärkühendite geranüülkloriidi (C_{10})
ja farnesüülkloriidi (C_{15}) maksimaalsed saagised lähteainete konversioonil
kuni 15% olid vastavalt 33% ja 12%. Edasi tuli produktide segust selektiivselt
konverteerida geranüülkloriid ja farnesüülkloriid soovitud hapnikderivaati-
deks (aldehüüdid, alkoholid, estrid või eetrid). Laiendati ka telomerisat-
siooni lähteainete valikut ja töötati välja suur hulk sünteetilisi lõhnaaineid ja
taimekaitsevahendeid (feromoonid, juvenoidid, retardandid) ning nende
analoogühendeid, mille tõhusust ka testiti. Naksurmardikate enam levinud
liikidele töötati välja peibutusferomoonide (geraniooli ja farnesooli estrid)
preparatiivsed vormid. Juvenüülhormooni analoogidest – reguleerivad
putukate moondefaaside arengut – lülitati preparaat efekseen NSV Liidu
taimekaitsevahendite nimekirja kasvuhoonekarilase tõrjeks. Selle sünteesi
lähteainetena kasutati isopreeni ja *i*-propoksüklorometaani. Taimede kasvu
reguleerivate retardantsete preparaatide väljatöötamine teraviljade laman-
dumise vältimiseks katkes seoses sektori likvideerimisega 1992. aastal.
Kokku saadi uutele ainetele, tootmismeetoditele ja preparatiivsetele vormi-
dele ligi poolsada NSV Liidu autoritunnistust ja mitmeid patente. K. Lääte
juhtimisel osales selles töös enamik sektori töötajaid: Ants Erm, Tiit Kaal,
Avo Kogerman, Igor Kudrjajtsev, Elvi Muks, Heino Rang, Kaarel Siirde,
Malle Schmidt, Uku Tammaru, Signe Teng, Sirje Viitmaa ning TA tehnilisest
katsebaasist Priit Espenberg, Leevi Kraav ja Malle Poom. 1982. aastal pälvis
sektori töö ENSV riikliku preemia.

Tootmistehnoloogiate katsetamine ja katsepartiide tootmine toimus
pooltööstuslikul katseseadmel TA tehnilises katsebaasis Männikul. Esimesed

kilogrammide sünteetilist tsitraali saadi 1966. aasta lõpus. Aastate jooksul eesmärk-produktide fookus nihkus: tsitraali ja lõhnaainete asemele tulid taimekaitsevahendid. Katseseadmel toodeti tsitraali, irooni, efokseeni, feromooni, retardante jm. Need olid hinnalised sünteesiproduktid, ehkki kogused olid väikesed. Koostöös katsetehasega koostati lähteandmed tehase projekteerimiseks. Et see Eestile mittevajalik tehas nõukogude aja lõpuks ehitamiseni ei jõudnud, oli elukeskkonna seisukohast isegi hea.

Prostaglandiinide süntees, uurimine ja rakendused

1970. aastatel oli maailmas ja ka NSV Liidus kuuma teemana päevakorda tõusnud bioaktiivsete prostaglandiinide süntees ning nende baasil ravimpreparaatide väljatöötamine. Selle uurimissuuna rajajaks Eestis sai Ülo Lille, kes 1975. aastal asus põlevkivi teadusliku uurimise instituudist (põlevkivikeemiaga seoses oli Ü. Lillel 5 autoritunnistust) tööle TA keemia instituuti.

Üheks uurimissuunaks oli peamiste looduslike prostaglandiinide preparatiivse biosünteesi meetodite väljatöötamine koos substraadi ja ensüümikompleksi eraldamisega looduslikust toorainest, arahhidoonhape veise neerupealistest või maksast ning tsüklooksügenaas jäära põisiknäärmetest. Ülo Lille ja kaasautorite (A. Ivanov, A. Jaagomägi, L. Kraav, M. Lõhmus, A. Männik, T. Saks, N. Samel) loodud meetoditele saadi 6 NSV Liidu autoritunnistust. Üks leiutis on seotud prostaglandiini derivaatide bioloogilise toimega ja selle loomisel osalesid kaasautorid Moskva uurimisasutustest.

Teiseks suunaks oli prostaglandiinide pool- ja täissüntees ning sünteesi vaheproduktide preparatiivne saamine. Leiutise autorite (Ü. Lille, N. Andreson, M. Lopp, M. Lõhmus, U. Mäeorg, A. Paju, O. Parve) ja nelja Riia kaasautori tulemusrikas töö sai 6 autoritunnistust.

Prostaglandiinid on suhteliselt keeruka molekulaarse struktuuriga nn käelised (enantiomeersed) ja kallid ühendid, mille valmistamine nõuab selektiivseid sünteesimeetodeid ja delikaatset käsitlemist puhastamisel tagamaks kõrge enantiomeerse puhtuse. Nimetatud uuringute sisuks oligi prostaglandiinide sünteesi ja puhastamismeetodite väljatöötamine, mis tagaksid inim- ja veterinaarses meditsiinis kasutusele võetavate ühendite vajaliku puhtuse. Enamik omandatud meetodeid rakendati kiiresti tolleaegse TA keemia instituudi katsetehases. Kuna tegu on ülitugeva füsioloogilise toimega ühenditega, olid lõppühendite kogused skaalas milligrammid kuni mõnikümmend grammi ühes sünteesis. Biosünteesi teel toodetud kristalse prostaglandiini E₂ toodangu maht jõudis 500 grammi aastas.

Tallinnas valmistatud prostaglandiine kasutati teadusuuringutes üle kogu NSV Liidu Lvovist kuni Vladivostokini. Valmistati kõiki olulisemaid arahhidoonhappe metaboliite. Sünnitusabis kasutatav preparaat prostenoon (toimeaine PGE₂ e dinoproston) läbis koostöös paljude uurimisrühmadega Eestis ja väljaspool kogu katsetuste tsükli farmakoloogilis-toksikoloogilistest uuringutest kuni kliiniliste katsetusteni ning oli pärast NSV Liidu farmakoloogia komitee kinnitust kasutusel sünnitusmajades üle kogu liidu. Veterinaarias leidis kasutamist preparaat estufalaan (partnerid Eesti, Ufa ja Läti teadusasutused) veiste inna ajastamisel, embrüosiirdamisel ja udarapõletike ravis. Mitmed preparaadid olid katsetuste staadiumis. Mustamäele rajati laboratoorne tootmiskorpus. ENSV riiklik teaduspreemia saadi aastal 1987.

Tulemused äratasid tähelepanu ka piiri taga ja 1980. aastate alguses tutvusid Tallinnas Rootsi firma Perstop AB esindajad tootmisega ostmaks kristalse PGE₂ tootmislicentsi. NSV Liidu väliskaubanduse ministeeriumi osakond Litsentsintorg esitas aga lisatingimusi ja kohmakad läbirääkimised jäid lõpetamata, kuigi kõik tehnoloogilised lahendused tunnistati patenditavaiks.

Saadud kogemus oli aluseks tänaseni TTÜ juures tegutsevate väikefirmade loomisel (AS Kevelt, AS ProSyntest) ja jätkuvalt edukale teadustööle selles valdkonnas.

Asümmeetriline süntees

Enamik bioloogilisi molekule sisaldab asümmeetria tsentreid. Asümmeetrilisi molekule nimetatakse käelisteks, sest ka meie parem ja vasak käsi on asümmeetrilised, s.t erinevad üksteisest ruumiliselt ega ole ühitatavad. Asümmeetriliste isomeeride vastastikune toime bioloogiliste molekulidega võib oluliselt erineda, sest „vasaku käe kinnas paremasse ei istu“.

Nii on bioloogilist toimet omavate ühendite järeletegemine keemiku kolbides tõsine väljakutse. Spetsiifiliste asümmeetrilise sünteesi meetodikate väljatöötamine kasvas välja eelnimetatud prostaglandiinide temaatikast ja areneb edukalt professor Margus Loppi juhtimisel. Leiutiseks on vormistatud (-)-R-homosidrunhappe laktooni ja soolade saamismeetodid. Nende loomisel osalesid Anne Paju, Tõnis Kanger, Tõnis Pehk, Margus Eek ja Marit Laos. Nimetatud kolmealuseline hape on antifungitsiidsete omadustega looduslik ühend ja omab perspektiivi seenhaiguste ravis. Lisaks on ta nitrogeenaasi kofaktori komponent, millel on oluline osa õhulämmastiku muutmisel taimedele omastatavateks lämmastikuühenditeks. Väljatöötatud asümmeetrilise sünteesi meetodi järgi on saadud (-)-R-homosidrunhappe

laktooni gramm-skaalas ja seda võib laboratooriumis lugeda juba suureks koguseks.

Molekulaarbioloogilisel ja geenitehnoloogilisel uurimistööl põhinevaid rakendusi

TTÜ geenitehnoloogia instituudi uurimistöö väljundid võivad leida rakendust meditsiinis, põllumajanduses, aga samuti biotehnoloogilistes tootmisprotsessides jne. Teadurite loometööle on saadud õiguskaitse või taotletakse seda USAs ja paljudes Euroopa riikides.

Peep Palumaa juhitud uurimisrühm on välja töötanud Alzheimeri tõve ravimite testimismeetodi, mida saab kasutada Alzheimeri tõve terapeutilise toimega ravimikandidaatide avastamiseks. Alzheimeri tõbi on vanusest sõltuv neurodegeneratiivne haigus, millele pole vaatamata tohututele jõupingutustele suudetud tänaseni leida efektiivset ravimit. Uudne meetodika võimaldab ravimikandidaatide testida biokeemilises süsteemis, mis võrreldes rakuliste ja loomsete mudelitega on oluliselt suurema läbilaskevõimega, lihtsam ja ka vähem kulukas. Meetod põhineb ajakohasel bioanalüütilisel tehnoloogial mass-spektromeetrial ja on automatiseeritud. Loodud tehnoloogia abil on võimalik kümnete ning isegi sadade tuhandete looduslike ja sünteetiliste ainete seast välja selekteerida potentsiaalsed Alzheimeri tõve ravimikandidaadid, mis molekulaarsel tasemel peatavad haigusttekitavate toksiliste valguliste ainete (amüloidsete peptiidide) kuhjumist ajus. Leiutise loomisel osalesid Marina Tuuling, Olga Blaževitš, Jekaterina Kazantseva, Kairit Zovo ja Irina Šabarova.

Vähiravis kasutamiseks on Priit Kogermani juhitud uurimisrühm välja pakkunud raku pinnavalgu CD44 fragmendil baseeruva angiogeneesi inhibiitori. Ühtlasi on uuritud raku *hedgehog*-signaaliülekaneraja valkude – Gli-valkude – rolli vähitekkes ning pakutud nende struktuurist lähtuvalt välja uued molekulid vähiraviks. Autorid on kindlaks teinud, et valkude Gli2 ja Gli3 molekulide koostises olev peptiid, mis on nimetatud nende valkude repressordomääniks, suudab maha suruda geenide transkriptsiooni, sealhulgas ka Gli1 indutseeritud *hedgehog*-signaaliraja poolt vahendatavat transkriptsiooni. Leiutise kaasautorid on Robert Tsanev, Kalju Vanatalu, Torben Østerlund ja Illar Pata.

Uuringud, mille viisid läbi Taavi Päll, Wally Anderson, Lagle Kasak, Anne Pink, Priit Kogerman ja Andres Valkna, on näidanud, et vimentiin on võimeline inhibeerima angiogeneesi. Selline efekt realiseerub loommudelil kasvavate kasvu inhibitsioonina. Seega võiks vimentiin või selle analoogid olla kasutuses antiangiogeneetiliste ravimitena nii vähkkasvajate ravis

(kasvaja arengu oluliseks osaks on neovaskulatuuri teke) kui ka muude angiogeneesiga seotud haiguste ravis (erinevad silmahaigused, psoriaas jne).

Instituudi teadurid Anne Kuusksalu, Annika Lopp, Tõnu Reintamm ja Merike Kelve on leidnud merekäsna *Axinella polypoides* uue ensümaatilise aktiivsuse, mis nimetati ATP N-glükosidaasiks. See ensüüm katalüüsib kõige energiarikkamast nukleotiidist ATPst vaba adeniini tekkimist ilma vahepealsete defosforüülimisetappideta. See näib olevat vastuolus üldiste arusaamadega looduses toimuvast nukleotiidide kasutamisest, päästmisest ja katabolismist. Samas omab ATP N-glükosidaasi erakordselt tugev ATPd eemaldav aktiivsus võimalikku rakendust meditsiinis.

Teise ATPd konverteeriva ensüümi – 2-5A süntetaasi – kaitserolli imetaja organismis on rakendatud viiruskindlate taimede loomisel. Loomset 2-5A süntetaasi ekspresseerivates tubaka- ja kartulitaimedes on neid nakatavate viiruste levik tõkestatud määral, mis võimaldab taimede saagikust tunduvalt tõsta. Leiutise autorid on Mart Saarma, Merike Kelve, Erkki Truve jt.

Võõrvalkude, sh ensüümide, ekspresseerimiseks bakterikultuuris on välja töötatud mitmeid eesmärgist sõltuvaid uusi lahendusi. Patenteerimisel on Kalju Vanatalu ja Kalle Tiisma loodud lahendus vesinikbakterite (*Ralstonia eutropha*) autolitotroofseks kultiveerimiseks gaasilistel kasvusubstraatidel. Meetod võimaldab efektiivset CO₂ täielikku utiliseerimist rakukultuuri poolt atmosfäärirõhul. Erinevalt survestatud süsteemidest puudub risk gaaside lekkeks, mis on eriti oluline kallite isotoopmärgistatud gaaside, sh ¹³CO₂ puhul. Samas on gaasilise ¹³CO₂ kasutamine tunduvalt odavam orgaaniliste ¹³C-märgistatud substraatide (glükoos, glütserool jt) rakendamisest. Sellise tehnoloogia üheks kasutusala on ¹³CO₂ gaasi abil märgistatud rakumassi ja ka võõrvalkude tootmine. Isotoopmärgistatud molekulid leiavad rakendust näiteks struktuuriuuringutes tuumamagnetresonants-meetodil. Teine Kalju Vanatalu ja Katrin Tomsoni leiutis käsitleb võõrvalkude ekspresseerimist bakteris *E. coli* deutereeritud kasvukeskkonnas. Meetodi rakendamisel kasutatakse *E. coli* BL21 tüve odavaid kasvusubstraate ja saavutatakse kõrged rakutihedused. Nimetatud meetod võimaldab saada suurt kokkuhoidu kallite isotoopmärgistatud kasvusubstraatide ja raske vee kuludes ning saada tuumamagnetresonants-uuringuteks vajaminevaid koguseid isotoopselt märgistatud valke.

Mati Karelson, Erkki Truve, Allan Olsper, Cecilia Sarmiento ja Mart Saarma on välja töötanud ka uut tüüpi oligonukleotiidid, mis sisaldavad modifitseeritud nukleotiidialuseid ja seostuvad komplementaarsete nukleotiidjärjestustega oluliselt tugevamini kui looduslikud oligonukleotiidid. See annab olulise eelise nende kasutamiseks nukleiinhapete hübridiseerimisel,

polümeraasi ahelreaktsiooni (PCR) läbiviimisel ja siRNA-de poolt vahendatud geenivaigistamisprotsessides.

Nii nukleiinhapete kui ka polüpeptiidide rakkudesse sisestamiseks on välja töötatud erinevaid strateegiaid. Priit Kogermani, Madis Metsise, Andres Valkna, Anne Meikase jt osalusel on välja töötatud tehnoloogia, kuidas ennustada polüpeptiidide rakkusisenemise võimet ja kuidas ratsionaalselt disainida rakkuminevaid oligopeptide. Leiutise rakendusteks on erinevate bioaktiivsete molekulide membraanse transpordi parandamine. Samuti on välja töötatud tehnoloogia, kuidas rakkuminevate peptiidide abil viia rakkudesse antikehi, mis tingituna oma suurusel seda muidu ei suuda. Tehnoloogia kasutab liitvalkude strateegiat. Samas kirjeldatakse Gli valkude vastaste antikehade saamist ja nende geenitehnoloogilist modifitseerimist, et muuta need rakkusisenevateks. Gli valgud on onkogeenid, mis on olulised paljude vähkkasvajate geneesis. Kuna tegemist on rakkusiseste valkudega, siis tavalised antikehad nende aktiivsust moduleerida ei suudaks. Leiutise rakenduslaks on uute ravimite väljatöötamine, samuti diagnostika- ja muud laboratoorsed rakendused.

Ülo Langeli, Andres Valkna jt tehtud uuringud on näidanud, et rakkuminevate peptiidide (*cell-permeable peptides*, CPP) abil on võimalik rakkudesse viia erinevaid nukleiinhappe analooge. Näidati, et CPP konjugaat neuropeptiid galaniini retseptori *antisense*-PNAdega (*peptide nucleic acids*, modifitseeritud nukleotiidide analoogid, mis on oluliselt stabiilsemad kui looduslikud nukleotiidid) inaktiveerib galaniini retseptori ekspressiooni, kusjuures see efekt on jälgitav ka loomudelisel süsteemsel manustamisel. Leiutise rakendused on uute ravimite väljatöötamine, samuti diagnostika- ja muud laboratoorsed rakendused.

Mehaanika valdkond

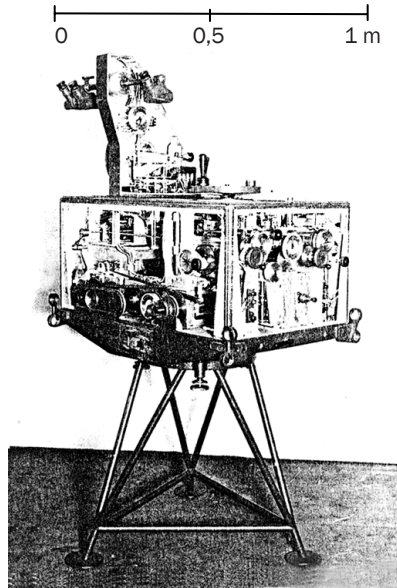
Tallinna Tehnikumis algas kõrgharidusega tehnikaspetsialistide ettevalmistamine 1918. aastal. Esimesed lõpetajad kaitsesid 1923. aastal oma lõputöid mehaanikainseneri diplomi saamiseks. Tõenäoliselt siit tulenevalt kuulusid ka esimesed Tallinna Tehnikumi töötajate ja üliõpilaste leiutised mehaanika valdkonda, näiteks Georg Liidemanni „Niidu- ja lõikusmasina vikati käimapanemise mehhanism – kahvel kang” (kaitsetunnistus nr 300 10.06.1921). Ülikooli kõigist patentidega kaitstud leiutistest moodustavad mehaanika valdkonna leiutised küllaltki olulise osa. Alljärgnevas on esitatud valik selle valdkonna leiutajatest ja nende loodud leiutistest.

Karl Papello

Karl Papello on üks viljakamaid Eesti leiutajaid (u 100 leiutist) läbi aegade. Tema kuulsaim leiutis on õhutorjekahurite tulejuhtimisseade.

See väga komplitseeritud seade oli tollases mõistes täiuslik juhtimisseade. Esiialgu suunati tulejuhtimisseadme visiir lennukile käsitsi. Kõik edasine aga toimus automaatselt, s.t visiiri liikumine püst- ja rõhtsuunas sõltuvalt vaenlase lennuki kiirusest, visiiri püst- ja rõhtnurgast, lennuki kõrgusest, tuule suunast, mürsu lennuvältusest ja kaldenurgast ning sütiku viiteajast. Need andmed kahurite suundamiseks kanti üle elektriliselt. See seade oli (tänapäeva terminit kasutades) sihtorienteeritud elektromehaaniline analoogarvuti, mis oli tolle aja maailma mehhatroonika tipptase. K. Papello asutatud mehaanika ja elektrotehnika töökojas Tallinnas valmistatud tulejuhtimisseadmeid ostsid niisugused riigid nagu Inglismaa, Rootsi ja USA. Kahjuks ei leidnud Karl Papello leiduritalent Eestis täit rakendust ja 1931. aastal asus ta tööle Saksamaale Carl Zeissi tehasesse Jenas. Seal jätkas ta

mehaaniliste juhtimissüsteemide täiustamist ja kaitses hulga leiutisi sõjatehnika, peenmehaanika, teadusaparatuuri ja meditsiini valdkonnas Saksamaa patentidega. Tema inseneritegevusest paistab selgelt, et leiutamist, s.t uute tehniliste lahenduste väljaarendamist, saavad toetada ja põhjendada ainult põhjalikud teoreetilised uuringud.



Tulejuhtimisseade T-5 mahavõetud kattega.

Eugen Soonvald

Tallinna Tehnikumi ja TPI õppejõud Eugen Soonvaldi tuntumad leiutised (11) kuuluvad freesturba tootmise seadmete valdkonda. Nende seadmete juurutamise tulemusel anti talle 1950. aastal NSV Liidu riiklik preemia. Edasised leiutised olid seotud ainulaadse дренаažiekskavaatori projekteerimisega, mis valmistati Tallinna ekskavaatoritehases ja oli tähelepanuväärne saavutus kogu tollase NSV Liidu ekskavaatoriehituses. Viimased leiutised olid seotud esimeste veoautode diagnostikastendide loomisega, mis juurutati ENSV autotranspordi ja maanteede ministriumini automajandis ja Tartu autoremondi katsetehases.

Arnold Seppo

Doktor Arnold Seppo (12) ei olnud küll ülikooli töötaja, kuid vormistas oma leiutised ülikooli kaudu ja leiutiste patenteerimisel oli patenditaotlejaks ülikool. Leiutiste uuringutel ja katsetustel abistasid teda ülikooli töötajad

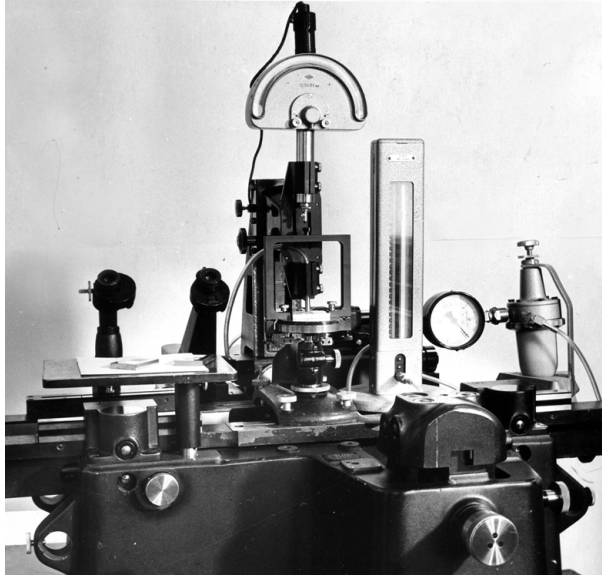
Vambola Kallast, T. Jüss ja Elmar Saa. Arnold Seppo leiutatud murdunud luude fikseerimisseadmed valmistati eksperimentaaltöökogas. 1970. aastate algul luumurdude ravi uurimise käigus Tõnismäe haiglas ja ülikoolis uute tehniliste lahenduste katsetustel murdunud luuosade fikseerimiseks leiutas Arnold Seppo reponaator-fiksaatorid ehk Seppo fiksaatorid, mis kindlustasid murdunud luu fragmentide paigaldamist. Murdunud luude fikseerimisseadmed on varustatud mõlemaid luuotsi haaravaist nn ämblikuist, mida ühendab keermepaari abil pikkuse suunas reguleeritav varras, võimaldades luude otsad fikseerida ja kannatanu vabastada pikaajalisest kipsmähisest. Hiljem lisandusid reieluu pähiku fikseerimisseade, mis kinnitatakse reieluu sisepinnal, kusjuures pähik kinnitub kruviga seadme külge. Lihtsamad klambrid ja kruvid tuli valmistada roostevabast terasest. Keerulisemate ja suurt mehaanilist tugevust nõudvate klambrite puhul oli ette nähtud kasutada titaani ning kroomi-nikli erisulameid.

Seppo fikseerimisseadmed osteosünteesivad fragmente, luues murre pindade vahel bioloogiliselt optimaalse koormusevaba kontakti, skeleteerimata fragmente ning kahjustamata luusisest ja -välist tsirkulatsiooni. Reponaator-fiksaatori muhv asub luu välispinnal lihaste all ja on väike ning voolujooneline. Tänu sellele võib murdunud ja osteosünteesitud luuga jäse hakata kohe pärast operatsiooni täitma füsioloogilist tugifunktsiooni, soodustades sellega liikumist kõikides liigestes, sealhulgas ka operatsiooniga taastatus. Seega saab patsient pärast operatsioonihaava kinnikasvamist koju, mis lühendab statsionaarse ravi vältust ja ravikulusid ligi kolm korda. Need Arnold Seppo leiutised tõstsid luu rekonstruktiivse ja operatiivse kirurgia kliinilise empirismi tasemelt kliinilis-tehniliste täppisteaduste tasemele.

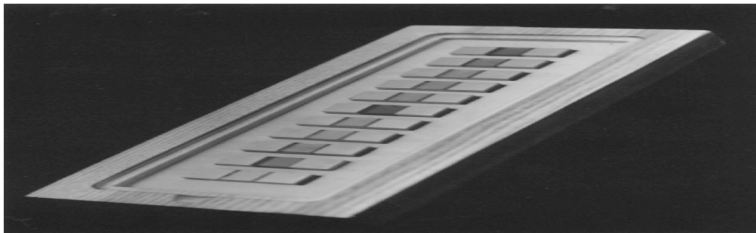
Rein Laaneots

Rein Laaneots (44) alustas leiutustegevust Leningradis (praegu Sankt-Peterburg) üleliidulises D. I. Mendelejevi nimelises metroloogia teaduslikus uurimisinstituudis sihtspirantuuris õppides. Teadusuuringute tulemusena töötas ta 1970. aastate alguses välja maailma esimesed pindepaksusetalonide konstruktiivsed lahendused ja nende valmistamise meetodid.

Koos etalonide väljaarendamisega leiutas ta ka uued meetodid nimetatud pindepaksusetalonide kalibreerimiseks. Ette oli nähtud, et pindepaksust etalonidel tuleb mõõta, s.t pindepaksusetalone tuleb kalibreerida, kasutades nendele kohast Rein Laaneotsa väljaarendatud kontakt-, pneumaatilist või interferentsmeetodit.



Pindepaksuse mõõtestend pindepaksusetalonide kalibreerimismeetodite rakendamiseks.



Pindepaksusetalonide komplekt vutlaris.

Esimesed etalonid valmistati Rein Laaneotsa juhendamisel endise NSV Liidu numbritehastes põhiliselt väärismetallidest (plaatina, kuld, hõbe jne) pinnetega. Aastatel 1980–1985 täiustas ta pindepaksusetalonide konstruktiivseid lahendusi ja nende näidised valmistati eksperimentaaltöökajas 1988. aastal. Rein Laaneotsa väljatöötatud uued leiutuslikud tehnilised lahendused pindepaksuse mõõtmise alal – pindepaksusetalonide konstruktsioonid, etalonide valmistamise meetodid, etalonide imitaatorid, kalibreerimismeetodid ja etalonmõõtevahendid – on kaitstud enam kui 30 NSV Liidu autoritunnistusega. Ka oli Rein Laaneots kuni 1991. aastani tegev Maidu Ajaotsa juhitud miniatuurlaagerdustele keskendunud uurimisrühma töös, mille tulemusel on tal koos uurimisrühma töötajatega välja

arendatud kümnekond leiutise tasemel tehnilist lahendust, põhiliselt katse- ja mõõteaparatuuri osas.

Eesti NSV tolleaegne tehniline baas ei võimaldanud tööstuslikul tasemel pindepaksusetalone toota, mistõttu ei saanud teoks loodud tehniliste lahenduste rakendamine. Siiski juurutati kümnekond Rein Laaneotsa leiutist NSV Liidus ning pindepaksusetalonide konstruktiivsed lahendused ja etalonide kalibreerimismeetodid isegi standarditi.

NSV Liidu rahvamajandussaaduste näituse 1988. aastal väljakuulutatud leiutajate personaalnäitusel anti Rein Laaneotsale eksponeeritud pindepaksuse mõõtmise uute tehniliste lahenduste eest kuldmedal. Etalonide valmistajaks ja esmakalibreerijaks määrati teadus-tootmiskoondis Isari. Rein Laaneotsa väljatöötatud pindepaksusetalonid ja kalibreerimismeetodid olid kasutusel NSV Liidu sõjatööstuses, raketi- ja kosmosetehnikas.

Praegu on Rein Laaneotsa leiutuslikud lahendused juba tehniliselt täius- tatud kujul leidnud rakenduse ka tavaelus nii Eestis, Venemaal, Saksamaal, USAs kui ka teistes riikides kui tööetalonid ja etalonvahendid purustus- vabade pindepaksusmõõturite kalibreerimisel.

Lembit Roosimölder

Lembit Roosimölder (15) leiutas kaks uut lihtsat moodust kokkupandavate plastsüstade koostamiseks. Sellised süstad on hõlpsad reisile kaasa võtta, nad mahuvad vabalt nt väikebussi ja sõiduautosse. Samuti on ta arendanud välja lihtsa ja tõhusa mooduse ketasmähiste fikseerimiseks, mida saab kasutada sulamagneesiumi induktsioonpumpade mähiste fikseerimiseks, ning kaks uudset mitmekettalist vabakäigu sidurit, mis võimaldavad üle kanda suuri momente, toimides samal ajal ka kaitsesiduritena. Vee- puhastusjaamade otstarbeks on ta koostöös Johannes Sutti ja Heldur Londiga välja töötanud kaks uut aeraatorite konstruktsiooni, mis toodavad väga peeneid mulle, olles tõhusateks vahenditeks gaaside vedelikes lahustamiseks ja flotatsiooniks. Koostöös Eduard Tearo, Endel Uusi, Ado Kõstneri, Kaie Pappeli, Vladimir Pasetšniki, Mihkel Mandeli jt on välja arendatud rida uudseid tehnilisi lahendusi biokatalüütiliste reaktorite konstruktsioonidele, mis võimaldavad katalüsaatoreid efektiivsemalt kasutada. Lahendusi on kasutatud mitmetes tööstuslikes reaktorites. Nimetatud konstruktsioonid on patenteeritud 9 riigis.

Engo Väljaots

Engo Väljaots (11) arendas 1980. aastatel välja ajakohased kütusekulu andurid sõiduautodele. Andurid olid tiiviku tüüpi ja plaanis oli neid

rakendada sõiduauto Moskvitš uuele modifikatsioonile. NSV Liidu lagunemisega ja Moskva autotehase pankrotistumisega jäid väljaarendatud kütusekulu mõõturid aga tootmises realiseerimata.

Valentin Meng

Valentin Meng (12) tegeles alates 1964. aastast keermesliidete tugevus- ja arvutusprobleemidega. Uurimistöö tulemusena pakkus ta välja uued leiutise tasemel tehnilised lahendused keermesliidete profiilide ja kuju osas, kuid valmistamise keerukuse tõttu on need lahendused jäänud senini juurutamata.

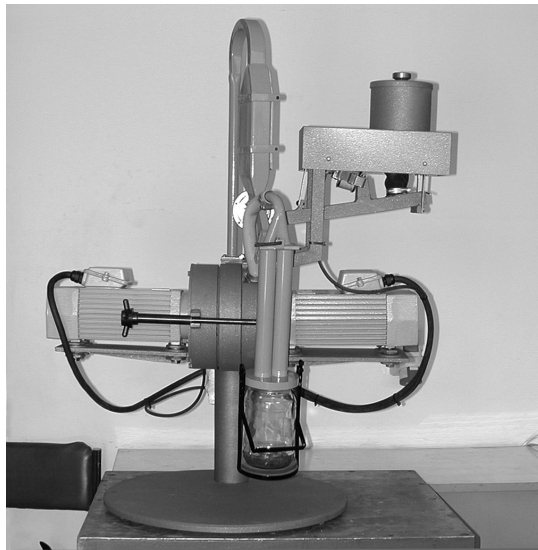
Aleksei Tümanok

Aleksei Tümanok alustas uurimistööd desintegraatorite alal 1975. aastal koos Jaan Tamme, Jüri Sarandi, Elmar Saa, Hillar Kanguri, Andres Sauli, Hans Toomeli, Valdeko Loopere jt (47) ning see kestis kuni tema surmani 2000. aastal. Tema juhendamisel ja Jüri Sarandi tööjooniste järgi valmistati eksperimentaaltöökojas esimesena pörkejahvatuse põhimõttel töötav seade meteoriitse päritoluga kivimi impaktiidi selektiivseks jahvatamiseks ja jahvatuskatsete tegemiseks. Edasi tulid lahtipöörduvate korpusepooltega masinad rootorite läbimõõduga kuni 700 mm. Valmistati paljude erinevate rootorite modifikatsioone – küll purustussõrmede konsoolse ja radiaalse paigutusega ketastele ja võrudele, samuti kahe- kuni viierealisi rootoreid. Muudeti ajamite kinnitust ja rootorite tasakaalustamissüsteeme. Viimased valmistatud laboratoorsed desintegraatorid olid varustatud rootorite automaatse tasakaalustusseadmega.

Aleksei Tümanok koos kaasautoritega keskendus leiutistes pörkejahvatuse selektiivsuse küsimustele. Arhangelski ja Hatanga geoloogide huvitaski impaktiidi purustamine selektiivselt – peeneks jahvatati kivimi põhimass, säilitades võimalikult tervena selles sisalduvad tehnoloogilised teemandid.

Selektiivse jahvatamise teoreetiliste uuringute ja modelleerimise tulemusena arendati välja teoreetilisi tulemusi kinnitavad ning jahvatamise selektiivsust tagavad ja süvendavad seadmed. See puudutas nii desintegraatorite jahvatuselementide – rootorite ja nende sõrmede konstruktsiooni kui ka spetsiaalseid separatsioonisüsteeme. Separatsioonisüsteemid olid nii desintegraatorisisesed, kus peenem jahvatusprodukt „puhuti ära“ rootorite vahelt, kui ka desintegraatorivälised, kus peen produkt eraldati välises separatsiooniseadmes ja jäme materjal juhiti tagasi jahvatusseadmesse. Uurimisrühma hilisem tegevus keskendus just desintegraatoriga ühendatud õhkseparatsioonisüsteemide väljatöötamisele. Tööstuse huvi

desintegraatori kui jahvatusseadme, aga ka kui komponentide tõhusa segaja vastu oli suur. Seetõttu katsetati väga erinevate materjalidega ning vastavalt töödeldavate ainete laiale skaalale oli vaja välja töötada ka erineva konstruktsiooniga jahvatusseadmeid ja nende erinevaid sõlmi. Uurimisrühma väljaarendatud uute leiutustasemel seadmetega jahvatati mitmesuguseid materjale, näiteks impaktiiti, et sellest (tööstuslikud) teemandid kätte saada; tööstuslikke teemante, et purustada peenes massis sisalduvad defektsed (mõradega) teemandid; maisi, et jahvatusprodukt oleks piirituse-tööstuses võimalikult saagikas; puuviljavarsi, et saadud massist ehitusplaate toota; kummijäake (autokummid), et kasutada kummipuru asfaldi lisandina; põlevkivi ja kivisütt, et toota pulbrilist küttematerjali väikekatlamajadele ja grafiiti määrdeainete lisandiks; klinkrit, et uurida võimalusi eriomadustega tsemendi tootmiseks; paekivi, et toota peenpulbrit paberitööstusele ja muudeks täiteaineteks; mitmesuguseid geoloogilisi kivimeid nende ettevalmistamiseks laboratoorseteks analüüsideks; magneesiumi tootmisel moodustuvat šlakki, et selles sisalduvad magneesiumitilgad kätte saada, ja isegi silma võrkkesta kudesid, et sellest silmaraviks vajalikku süstimislahust toota.



Desintegraator.

Uurimisrühma esimesed leiutised juurutati valdkondades, mis olid tol ajal NSV Liidus mingil moel salastatud. Hiljem hakkasid väljaarendatud desintegraatorid ka välismaal huvi pakkuma. Neid esitleti 1986. aastal Plovdivi messil ja 1987. aastal müüdi mõned kivisöe jahvatamiseks projek-

teeritud desintegraatorid Saksamaale. Sellest tingituna patenteeriti nn avaldamata autoritunnistused mitmetes riikides välismaal. Siit siis ka suhteliselt tormiline patentide väljaandmine varem autoritunnistustega kaitstud tehnilistele lahendustele aastatel 1987–1990.

NSV Liidu lagunemine ja tellijate kadumine 1990. aastate alguses põhjustasid desintegraatoritehnoloogia uuringute olulise vähenemise nii Eestis kui ka ülikoolis.

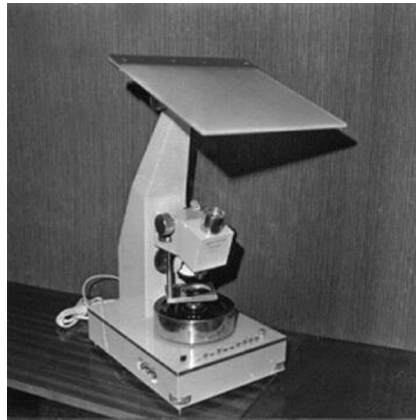
Tiit Tiidemann

Tiit Tiidemanni juhendamisel ja koostöös Henn Haaki, Toomas Remi, Gunnar Väljamäe jt (34) välja arendatud esimesed leiutise tasemel tehnilised lahendused olid 1970. aastate keskel moodi läinud gaasbetoonist toodete lõikeseadmed. Toodeteks olid põhiliselt poorbetoonväikeplokid, mida lõigati plastse tooriku staadiumis traadiga plokkideks, seejärel kuumutati autoklaavis tehiskiviks. Leiutistest pea kolmandik evitati Eestis väikeplokkide tootmises. Toodetud väikeplokid konkureerisid tehnilise taseme poolest Saksa, Rootsi, Hollandi, Poola, Tšehhoslovakkia jt tuntud firmade toodetega. Hilisematest tööühma leiutistest on huvitavaim tehniline lahendus gaasbetoonist tooriku läbilõikamine kraana otsas haaratsi vahel rippuvas asendis, mille keskmeks on hüdrauliline haarats ning trossveomehhanism lõikeraamile. Osa Tiit Tiidemanni juhitud tööühma leiutiskirjelduste järgi tehtud gaasbetooni tootmise seadmete edasiarendusi töötab senini tehases Silbet AS Ahtmes ja ettevõttes AS Aeroc Engineering Kundas. Viimases on väikeplokkide lõikeliini täiustatud juba nende endi leiutise kohaselt. AS Aeroc Engineering ekspordib oma toodangut Peterburi ja käsil on tootmise laienemine ka teistesse Balti riikidesse. Silbet AS ekspordib Soome, kus odavuses konkureerib firmaga Siporex OY. Ülikoolis tehtud katsetulemuste põhjal sai seniseid leiutisi täiendada uute lahendustega, nagu näiteks traadiga lõikamise kiiruse osas. Selgus, et traadiga lõikamise kiiruse suurendamine paarkümmend korda ei suurenda jõudusid traadis, s.t et lõikamisel ollakse piirkonnas, kus keskkonna vastupanu ei olene veel liikumiskiirusest. Lõikekiiruse suurendamine parandas tunduvalt gaasbetoonist tooriku pinna kvaliteeti.

Maido Ajaots

Maido Ajaotsa juhitud miniatuurhõõrdepaaride uurimisrühm, kus osalesid veel Rein Laaneots, Rein Lees, Mart Tamre, Heino Möldre ja Bernhard Saar (18), arendas alates 1969. aastast aparatuuride tribosüsteemide uurimise valdkonnas välja terve rea leiutise tasemel tehnilisi lahendusi, põhiliselt

katse- ja mõõteaparatuuri osas. Uurimisrühm tegeles materjalide kiirendatud tribokatsete meetodika ja riistvara väljatöötamisega. 1983. aastal päädis see tegevus esimese autoritunnistuse saamisega. Teemaatikast johtuvalt olid uurimisrühma leiutusobjektideks katseseadmed, andurid, uudset tüüpi miniatuurlaagrid, määrimissüsteemid ja uurimismeetodid. Leiutiste nimistust väärib kõigepealt märkimist tsentrifugaal- ehk trummeltribomeetrid, mis võimaldavad uurida suure kiirusega segamatult oma rajal „kihutavate“ katsekehade kulumis- ja hõõrdekarakteristikuid. Vibratsioontribomeetria kui meetod võimaldab ilmutada määrdeainete ja hõõrde-materjalide neid omadusi, mida tavatribomeetrid alati eristada ei suuda. Hõõrdepaaridest jääb pilk „kandilistele“ ja seaduvatele laagritele, mis võimaldavad stabiliseerida hõõrdekarakteristikuid. Iga leiutis on tagantjärele vaadates mõnikord ülilihtne: optimaalse mahuga gaasikamber poorse laagri välispinnal aitab isemääriva laagri pooridest õli hõõrdetsooni märksa enam ammutada nii, et laagri töövaru küündib kümnete tuhandete tundi-deni. Tavalistes laagrites jääb ligi 90% poorides olevast õlist tarbimata, gaasikambrite abil saab seda aga kasutusse suunata. Leiutajate endi arvates on nende ilusaimaks tehniliseks lahenduseks elastse imitaatori abil kulumi mõõtmine.



Elastset imitaatorit kasutav tribomeeter.

See võte sobib eriti neljakuuli-tribomeetrites kasutamiseks: jääb ära vajadus vahemõõtmisteks katsesõlm laiali lammutada, lisaks saab mõõteprotsessi automatiseerida – selleks arendati imitaator mahtuvuslikuks nihkemuunduriks. Et miniatuursetes liugelaagerduses võib liigne õlitilk kurjast olla, seda teadsid kellassepad iidamast-aadamast. Ent laagripuksile osavalt väljalõiget tehes saab nende samade pindpinevusjõududega tege-

likku kontaktjõudu vähendada ja hõõrdumist hoopistükis vähendada. Uurimisrühma viimane leiutis sellest tsüklist aitas lahendada plaadimängijate ajamilaagerdustes reaktsioonijõudude mõõtmist. Leiutis oli tehasele Punane RET tehtud mitme laserplaadimängijaid käsitleva lepingulise uurimistöö järelkaja, mis vaibus vaikselt uue aja murrangute raginas: miniatuurhõõrdepaare polnud lihtsalt enam kellelegi vaja. Kõik need seadmed valmistati ülikoolis, mõned katseseadmed tuli seoses lepinguga valmistada ka Moskva kellatööstuse teaduslikule uurimisinstituudile.

2006. aastal usaldati Eestile raie maailmameistrivõistluste korraldamine. Selleks vajati mitmesuguseid mõõteriistu, sealhulgas kännu pideriba laiuse ja löikepindade kõrguste vahe mõõturit. Rahvusvahelise föderatsiooni IALC otsusega kinnitati nendeks mõõtmisteks Maido Ajaotsa konstrueeritud uudse leiutustasemelise lahendusega mõõtevahend, mille neli eksemplari olidki 2006. aastal Otepääl toimunud raie MMil kohtunikekogu arsenalis ja pälvisid üleüldise tunnustuse.



Kohtunik mõõtkas kännu löikepindade kõrgust ja pideriba laiust
2006. aasta raie MMil Otepääl.

Leo Valdma

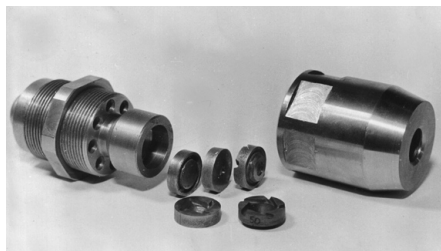
Ülikooli pulbermetallurgia laboris oli Leo Valdma juhitava uurimisrühma, kuhu kuulusid ka Jüri Pirso, Paul Kallas, Jakob Kübarsepp, Vladimir Kudrjavitsev, Sergei Letunovitš, Daniil Arensburger, Vladimir Bazarov jt (20), üheks märkimisväärsemaks saavutuseks uudse konstruktsiooniga kulumiskindlate vedelkütuse pihustite väljatöötamine ja tootmise rakendamine. Vedelkütusel töötavatel elektrijaamades kasutatakse kütuse

pihustamiseks tsentrifugaalpihusteid. Kütus pumbatakse suure surve all pihusteisse, milles ta pihustatakse mõnemillimeetristeks tilkadeks, mis õhujugadega segunedes katlas ära põletatakse. Probleemiks oli tööriistaterasest valmistatud pihustite kiire kulumine. Pihustite kulumise tõttu halvenes kütuse pihustamise kvaliteet juba pärast kahe nädalast tööd. Tulemuseks oli liigne kütusekulu, mittetäielik kütuse põlemine ja sellest tingitud looduse saastamine ning katla kasuteguri langus.

Tehas Ilmarine oli ainus ettevõte, kes valmistas pihusteid tsentraalselt kogu NSV Liidu suurte soojusjaamade tarvis. Tehasel oli ülesande täitmisega raskusi, kuna pihusteid kulus tohutul hulgal. Sõltuvalt katelde arvust töötab ühes elektrijaamas samaaegselt kuni 50 pihustit.

Probleemi lahendamiseks pöördus tehas Ilmarine ülikooli teadlaste poole. Uurimisrühm Leo Valdma juhendamisel asus probleemi lahendama 1968. aastal. Esmalt selgitati välja pihustite kiire kulumise põhjus. Selleks osutus kütuses olevad peened ja kõvad liiva ning rauatagi osakesed. Kulumise teooriast on teada, et materjali kulumiskindlus suureneb järsult, kui tal on suurem kõvadus kui kulutaval abrasiivil. Loogiliseks lahenduseks oli seega abrasiivosakestest kõvema materjali kasutamine pihustitena. Kuna liivaosakeste kõvadus Vickersi järgi on juba 1200 ühikut, siis ei küündi selleni ka kõvemgi karastatud teras. Sellest kõvemad on ainult mitmesugused keemilised ühendid, näiteks karbiidid. Seepärast alustatigi pihustite väljatöötamist volfram-, titaan- ja kroomkarbiidi baasil.

Seni valmistati pihusteid tööriistaterasest mehaanilise töötlemise (treimise, freesimise ja lihvimise) teel, mis määras ära ka pihustite konstruktsiooni. Kõrvuti uute kulumiskindlate materjalidega võeti kasutusele ka uudse konstruktsiooniga pihustid, kus kasutati ära pulbertehnoloogia eelised. Selleks muudeti sisenevate kanalite ja pööriskambri kuju, mis oluliselt vähendasid hüdraulilisi kadusid pihustamisel. Pealegi oli mõningate kõvasulampihustite omahind väiksem kui teraspihustitel, sest jäi ära töömahukas ja täpne mehaaniline töötlemine.



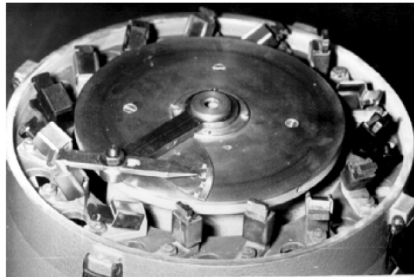
Kõvasulampihustid koos pihustipeaga.

Uudse konstruktsiooniga kõvasulampihustite tööiga oli kuni 20 kuud, mis ületas teraspihustite tööea ligi 15 korda. Eialgu toodeti uudse konstruktsiooniga pihusteid ülikooli pulbermetallurgia tootmisharu laboris suurte elektrijaamadega, nagu Konakovo, Kiriši, Stavropoli jt soojuselektri jaamad,

sõlmitud lepingute alusel. Hiljem, tootmismahu kasvades, organiseeriti tehases Ilmarine pulbermetallurgia jaoskond kõvasulampihustite tootmiseks, kus valmis ligi 4000 pihustit aastas. Töötati välja ja juurutati tootmisse üle 20 erineva soojatootlikkusega pihusti kütusekuludega alates 800 kuni 12000 kg tunnis. See rahuldab enamiku NSV Liidu elektriyaamade tarbe. Praegusajal on kõvasulampihustite tootmine Venemaa suurte elektriyaamade tarvis katkenud eelkõige poliitilistel põhjustel.

Ilmar Kleis

Ilmar Kleis tegeles aastatel 1963–1988 erosioonkulumise uurimisega. Tema juhendamisel ja koostöös Haljand Uuemõisa, Toivo Pappeli, Jüri Tadolderi, Rein Mägi jt (15) arendati välja uus materjalide ja pinnete erosioonkatsetamise meetod ning selle rakendamiseks vajalik aparatuur. Meetod realiseerus NSV Liidus vastava standardi ja eksperimentaaltöökogas valmistatud tsentrifugaalkiirendi CUK näol.



Tsentrifugaalkiirendi CUK üldvaade ja tööorgan.

Väljaarendatud meetod levis uurimisasutuste tellimuste ja eksperimentaaltöökogas valmistatud tsentrifugaalkiirendite CUK-3M müügi näol mitmetesse välisriikide uurimislaboritesse Saksamaal, Inglismaal, Rootsis, Belgias, Soomes, Tšehhoslovakkias ja Bulgaarias. Leiutatud meetodil ja selle meetodi rakendamiseks valmistatud seadmetel tehtud uurimistöö tulemused on koondatud kirjastuse Springer Verlag väljaantud Ilmar Kleisi ja Priit Kulu monograafiasse.

Andres Laansoo

Andres Laansoo koostöös Aadu Ritso, Rein Siimari, Väino Liimanni jt (11) leidis aastate 1968–1991 uurimistulemuste põhjal, et magnetmaterjalidena

võib kasutada lapikuks valtsitud rauapulbrist soomuseid, millele oli vaakummetalliseerimise meetodil peale kantud dielektriline alumiiniumoksiidi kile. Nimetatud magnetmaterjali puhul paranes magnetinduktsioon ja vähenesid kaod materjali ümbermagneetimisel. Uue meetodi kohaselt saadud magnetmaterjalid olid pressituna kasutusel elektrimootorite südames. Pärast seda, kui elektrimootorite magnetsüdamikke hakati tootma elektrotehnilisest terasest stantsimise teel, langes tahaplaanile nende valmistamine pressimise teel pulbritest. Kuid autorite poolt pakutud lahendused leiutiste näol võimaldasid oluliselt parandada pulbermaterjalide magnetomadusi ja äratasid suurt huvi nimetatud materjalide kasutamise vastu. Uurimisrühma väljaarendatud tehnilised lahendused juba täiustatult ja kõrgemal tasemel on tänapäeval kasutusel Venemaal automootorite süütepoolide valmistamiseks ning Jaapanis ja USAs kesksagedusega (kuni 10 kHz) sagedusseadmetes.

Arvo Ots

Arvo Ots koos Ilmar Öpiku, Leo Õispuu, Harri Tallermo, August Ingerma, Andres Siirde, Jan Kaupi, Jüri Kurmi, Enn Kitse, Ivan Klevtsovi, Jüri Sarandi, Ilmar Arro, Tiit Roosma, Toomas Tallo, Tõnu Pihu jt (15) on leiutise tasemel välja arendanud meetodid soojus- ja elektriyaamade katelde kütteks vajaliku põlevkivitolmu ettevalmistamiseks. Need meetodid võimaldavad põlemisprotsessi tunduvalt parendada. Uurimisrühma viimase aja leiutised on järgmised. Kumerate torulaudadega leek-suitsutorukatel, milles põleti abil tekitatav leek on suunatud leektoru kumera põhja poole. Soojusülekanne leegilt ja põlemisproduktidelt toimub leektorus, suitsutorudes ja kumeral ülemisel torulaul. Seda tehnilist lahendust kasutatakse Viljandi Metallitööstuses toodetavate katelde STI20VTP (Pelle) konstruktsioonis. Et intensiivistada soojusülekannet gaasilt suitsutoru seinale, on välja arendatud katla suitsutoru turbulaator, mida kasutatakse katelde komplekteerimisel. Biokütuste põletamise otstarbel on välja arendatud pelletipõleti. Pelletipõleti on seade, milles toimub ettevalmistatud biokütuse automatiseeritud põletamine restil. Leiutise eesmärk on põleti servadele toetuva kumera kattematerjali ja seinapaksuse valikuga suurendada temperatuuri põlemistsoonis, mis oluliselt parandab kütuse põlemise kvaliteeti. Kõrgem temperatuur põlemistsoonis soodustab aga restil tekkiva kütusetuha sulamist. Et seda vältida, on leiutatud isepuhastuv rest. Samuti on konstrueeritud tükkturba ja puiduhakkepõleti, kus eelsoojendatud õhk suunatakse kütuse tsooni selle kuivatamiseks. Seda põletit on täiendatud tükkturba ja puiduhakke mehhaniseeritud punkerlaoga.

TTÜ Tehnomeedikum

Biomeditsiinitehnika instituut

Raadiotehnika kateedrist välja kasvanud biomeditsiinitehnika instituudis on leiundusse olnud haaratud enamik selle õppejõude ja teadureid. Leiutiste arv on suurim Hiie Hinrikusel (10), Kalju Meigasel (8) ja Jaanus Lassil (6). Maie Bachmannil ja Anna Suhhoval on üks leiutis. Instituudi intellektuaalomandi temaatika tundub olema kirju – lasersüsteemidest südameveresoonekonna ja aju seisundi hindamiseni. Tegelikult on leiutiste objektides toimuvad protsessid sarnased – võnkumised ja lained. Ainult et mõnikord toimuvad need protsessid tehnilistes süsteemides, laseri aktiivkeskkonnas, teinekord aga inimese füsioloogias. Nii on laine leviga seotud ajalise viite kaudne või otsene mõju ning selle arvestamine aluseks nii liikumise registreerimisel laseriga kui ka vererõhu jälgimisel. Kõige üllatavam on, et ka inimese vaimne häire on seotud võnkumistega ja avastatav aju bioelektriliste rütmide spektrist.

Lasersüsteemidega seotud leiutised side- ja mõõtetehnikas olid suunatud atmosfäärsetes lasersüsteemides aastatel 1974–1989 valupunktideks olnud puuduste kõrvaldamisele ja vastuvõtjate võimaluste laiendamisele. Esimese leiutise (1974, Hiie Hinrikus jt) sisuks oli multiplikatiivse atmosfäärihäire aparatuurne mahasurumine. Eriti huvitavad on leiutised aastatest 1979–1987 (Boriss Zaharov, Hiie Hinrikus, Jüri Lapimaa, Andres Taklaja, Kalju Meigas), milles kasutatakse segustamist laseri aktiivkeskkonnas, mis võimaldab detekteerida optilist kiirgust ilma fotodetektorit kasutamata ja teeb seega lihtsaks vastuvõtu ka kaugemas infrapunases diapsoonis. Leiutised on olnud kasutusel nii arvutitevahelistes lasersideliinides Tallinnas (1978, 1980) kui ka lepingupartnerite juures S. I. Vavilovi nim Optikainstituudis Leningradis.

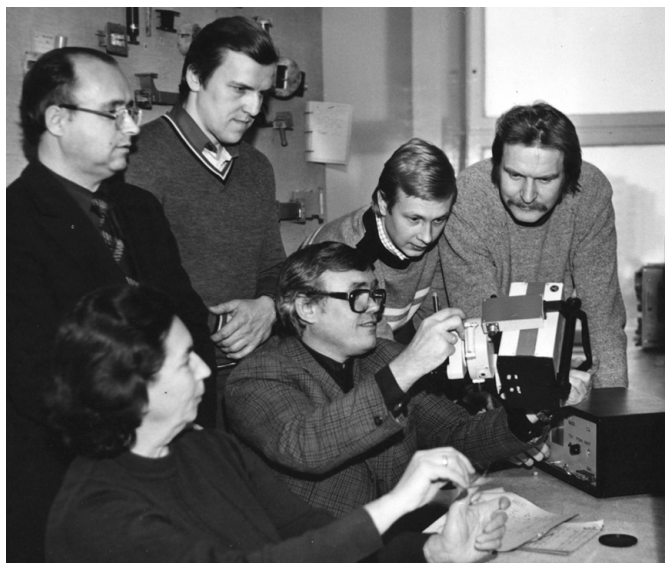
Osa leiutisi on tehtud otseses koostöös tollase NSV Liidu juhtivate konstrueerimisbüroodega (Vektor, Astrofizika). Leiutised aastatest 1988–1989, autoriteks Boris Zaharov, Vjatšeslav Koroljov, Hiie Hinrikus, Kalju Meigas jt, on seotud liikuvate objektide avastamisega, kasutades segustamist laseri aktiivkeskkonnas, aga ka laserkiire vahendusel informatsiooni edastamisega kaugemale otsenähtavuse piiridest. Neid leiutisi katsetati igati heade tulemustega polügoonil Feodossias.



Portatiivne lasersidesüsteem,
mida on demonstreeritud näitustel 12 riigis.

Koostöös prantsuse, saksa ja poola teadlastega sündis ühise europrojekti käigus leiutis, milles südamestimulaatori taktsagedust tüüritakse hajusloogika kontrolloriga, kasutades juhtimiseks erinevate füsioloogiliste signaalide kombinatsioone. Leiutise autorid on H. Hinrikus, K. Meigas, J. Lass jt. Patent sellele leiutisele on välja antud Prantsusmaal.

Instituudi teaduritel õnnestus koostöös SA Põhja-Eesti Regionaalhaigla psühhiaatrikliinikuga leida viis vaimse häire aparatuurseks mõõtmiseks. Aju bioelektriliste võnkumiste spektri teatud rütmide kombinatsioon teeb selgelt vahet tervete ja depressiooni all kannatavate inimeste osas. Vaimse seisundi hindamine on kasutatav nii meditsiinidiagnostikas kui ka profülaktikas. Leiutisele „Meetod vaimse (depressiivse) seisundi hindamiseks“ taotletakse õiguskaitset USAs.

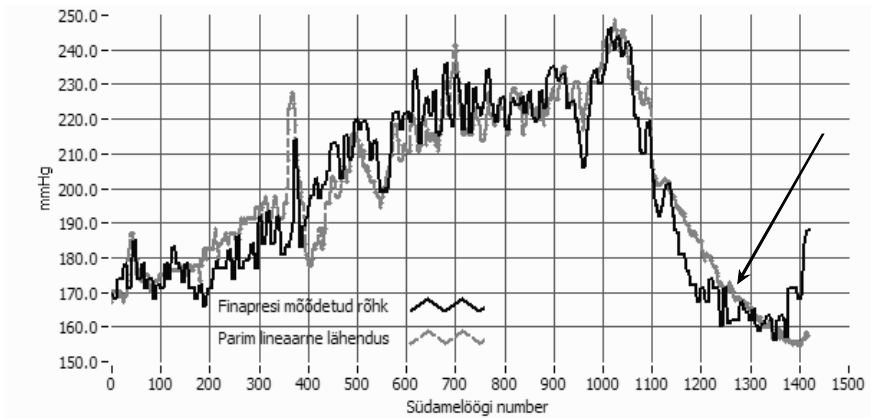


Lasersüsteemide töörühm raadiotehnika kateedris:
istuvad H. Hinrikus ja B. Zaharov, seisavad A. Taklaja (teine vasakult)
ning tehnikud Krasavin, Kink ja Krusell.

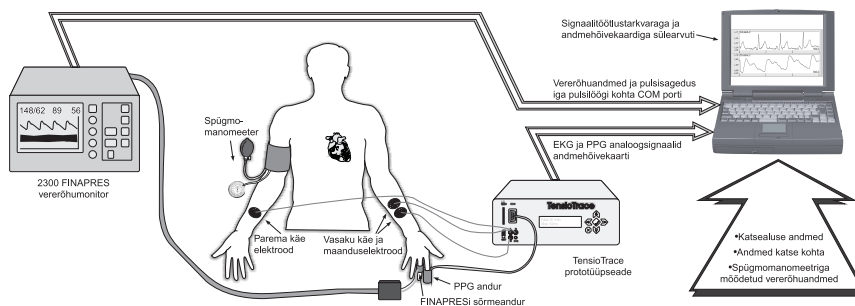
Kardioloogia valdkonna leiutisi

Biomeditsiinitehnika instituudis on kaitstud intellektuaalomandit ka kardioloogiaga seotud teemadel. 2001. aastal töötati välja meetod arteriaalse vererõhu pidevaks mitteinvasiivseks jälgimiseks. Meetod, mille loomisel osalesid Hiie Hinrikus, Jaanus Lass, Kalju Meigas ja Ingrid Tepner, võimaldab arvutada inimese vererõhku pulsilaine viiteaja PWTT alusel ja leiutise objektiks on vastav arvutuse algoritm. Kuna vererõhu soonesisene ehk invasiivne mõõtmine on teostatav ainult haiglatingimustes, siis pakub uudne võimalus laialdast huvi. Tehtud katsetused andsid küllaltki hea kokkuvõttevuse invasiivselt mõõdetud vererõhu ja arvutuslikult saadud rõhu vahel.

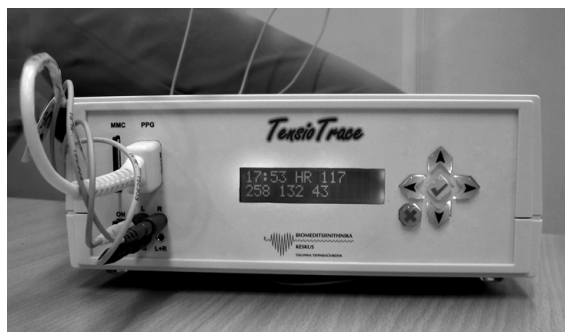
2003. aastal valmis Kalju Meigase, Mart-Rein Rosmanni, Jüri Kaiki ja Jaanus Lassi seade, mille abil saab mõõta vererõhku pidevalt ehk löögilt-löögile. See annab võimaluse jälgida vererõhu dünaamikat erinevatel koormustel, samal ajal kui klassikaline mansetiga mõõtmise protseduur võtab aega tavaliselt pool minutit. Meetod põhineb pulsilaine kiiruse mõõtmisel, kus referentssignaalina kasutatakse elektrokardiograafilist ehk EKG signaali.



Vererõhu mõõtemetodite võrdlus, kus vererõhu arvutamisel PWTTst on kasutatud muutuvate parameetritega algoritmi.



Patsiendi vererõhu pidev (lõõgilt-lõõgile) digitaalne salvestamine mitteinvasiivsete andurite ja seadmetega.



TensioTrace – seade arteriaalse vererõhu pidevaks mitteinvasiivseks mõõtmiseks, kasutades arteriaalse pulsilaine levimiskiirust.

Teadurite koostöö firmadega viis südame stimuleerimise seadme loomiseni. Seade, mille autorid on Andres Anier, Mart-Rein Rossmann, Jüri Kaik ja Kalju Meigas, võimaldab stimuleerida südant vastavalt etteantud programmile mitteinvasiivselt, kasutades elektroodide viimist südame lähedale söögitoru kaudu. Niisugune stimuleerimine on vajalik erinevate südamehaiguste paremaks diagnoosiks ja ka raviks. Leiutises on kaitstud ka meetodid patsiendi ebamugavustunde vähendamiseks uuringuil.



Võrdlevad mõõtmised patsiendil.

Instituudi teadurite loodud uusim lahendus, mille autorid on Mart-Rein Rossmann, Kalju Meigas, Jüri Kail ja Jaanus Lass, võimaldab elektrokardiogrammi ja vere pulsilaine pikemaajalist sünkroonset registreerimist. Leiutis pakub huvi eelkõige arstile-kardioloogile, kes patsiendi EKG ööpäevase jälgimisega Holteri seadme abil saab informatsiooni ka patsiendi vererõhu dünaamika muutustest sama ajavahemiku jooksul. Saadud lisateave lihtsustab oluliselt õige diagnoosi panekut ja tagab paremad võimalused tõhusaks raviks.