

# **LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN YHDISTYS**

**Finnish Society for Medical Physics and Medical Engineering**

## **JUHLAKIRJA**

**Anniversary Publication**

**1968 – 2008**

**Toimittanut (eds.): Jari Viik**  
**ISBN 978-952-92-4546-8**  
**Tampere, 2008**



## Sisällysluettelo

LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN NELJÄ VUOSIKYMMENTÄ	1
LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN KASVUKAUSI YLIOPISTOISSA	3
Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutus Suomessa	3
Tutkijakoulutus ja tutkimus	7
Voimavarat	8
Tulevaisuuden näkymiä	9
KANSAINVÄLINEN TOIMINTA	11
Suomalaisten kansainväliset järjestötehtävät ja kunnianosoitukset	12
Kansainväliset kokoukset	13
Uusia ulottuvuuksia kansainvälistymisen myötä	13
LFT-PÄIVÄ – NUORIA JA TEOLLISUUDEN YHTEISTYÖTÄ AKTIVOIMASSA	15
FYYSIKKONA SAIRAALASSA	17
Sairaalfysiikan uranuurtajia	17
Suomessa sädehoitoklinikka tarvitsee fyysikoita	18
Fysikoiden työkenttä laajenee ja monipuolistuu	19
Fysikoiden pätevyityminen	20
Lääketieteellisen fysiikan tutkimustoimintaa sairaaloissa	21
Sairaalfysikoiden järjestötoiminta	22
TAMPERE – GROWTH OF BIOMEDICAL ENGINEERING EDUCATION AND RESEARCH	24
Beginning of Biomedical Engineering at Tampere University of Technology	24
Establishing the Research Centers Hermia and BERC	24
Ragnar Granit Institute	26
Institute Personnel	27
Biomedical Engineering Education	28
Academic Degrees	29
Survey on the Education	29
International Graduate School in Biomedical Engineering and Medical Physics	29
Research Activities	30
European Projects	33
International Congresses and Symposia	34
National and International Societies	36
Examples on Industrial Developments	37

TEKNILLISESTÄ FYSIIKASTA LÄÄKETIETEELLISEN TEKNIIKAN AALLON HARJALLE	38
Tutkimustyön alku	39
Pioneerimittaukset	40
Tutkimusasema sairaalaan: BioMag-laboratorio	42
MEG- ja MRI-tekniikan kehitystyö TKK:ssa	43
Keuhkoäänet	45
Lääketieteellinen kuvankäsittely	46
Lähi-infrapunaspektroskopia	46
Elollisen aineen fysiikkaa	48
Navigoitu aivostimulaatio: tutkimusta ja yritystoimintaa	48
Lääketieteellisen tekniikan innovaatiotoiminnan professuuri	50
Tutkimusyhteistyötä	51
Uudet tuulet ja uudet aallot	52
TURKU – ISOTOOPEISTA IDEOIKSI	54
DATEX – NUKKUVIEN ASIALLA	57
Nukutuksen tekniikoista ja mittauksista	59
Kaasumittausten innovaatioista	60
Oksimetriaan perässähihtäjänä	63
Laatikoista järjestelmiin	64
Entropiaa anestesian syvyyteen	65
Mitä kaikkea tuli opittua	66
PLANMECA – INNOVATIIVINEN KAARI KEHITYSTYÖSSÄ	69
POLAR ELECTRO – FROM HEART RATE MONITORS TO WRIST COMPUTERS	73
The Firsts by Polar Electro	73
Accuracy of the Heart Rate Monitors	74
Exercise Intensity Guidance	75
Energy Expenditure Assessment	76
Cardiovascular Fitness Assessment	76
Optimizing Training	77
Sensors for Running and Cycling Performances	78
Activity Measurement	78
Polar Exercise Programs	79
SUUNTO – SUUNTA KUNNOSSA	82
OULU WELLNESS INSTITUUTTI – HYVINVOINTIALAN LIIKETOIMINNAN EDISTÄJÄ	89
OWI:n asiakkaana hyvinvointi- ja kasvuyrityksiä	90
Kansainvälisyys	91
TERVEYDENHUOLLON TIETOTEKNIKKAA TAMPEREELTA	93
POLKU MYLABIN SYNTYYN	96
SÄDEHOIDON ANNOSSUUNNITTELU – KANSAINVÄLINEN MENESTYSTARINA	98
TEKOÄLYN ENSI ASKELEET VTT SAIRAALATEKNIIKAN LABORATORIOSSA	106

FROM CRITICAL CARE DATA LIBRARY COLLECTION TO CO-OPERATION WITH GE	108
TERVEYDEN EDISTÄMINEN – TERVASTA NYKYPÄIVÄÄN	111
IKÄÄNTYVIEN TURVAPUHELIN	114
LIITTEET	117
LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN PÄIVÄT	118
RAPORTTI 30-VUOTISJUHLASYMPOSIUMISTA	121
YHDISTYKSEN LUOTTAMUSHENKILÖT JA KUNNIAJÄSENET	122
YHDISTYKSEN KUNNIAJÄSENET	124



## LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN NELJÄ VUOSIKYMMENTÄ

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys päätti juhlistaa 40 vuotista taivaltaan julkaisemalla tämän juhlakirjan, johon on koottu artikkelimuodossa välähdyksiä yhdistyksen toimialalla tapahtuneesta kehityksestä viimeisten vuosikymmenten aikana. Kirjan toivotaan näin täydentävän kuvaa alasta yhdessä jo 20-vuotisjuhliin toimitetun historiikin kanssa.

Kahden edellisen vuosikymmenen aikana onkin ennättänyt tapahtua paljon. Kotimainen teollisuus on kehittynyt ja kasvanut. Perinteisen sairaalatekniikan rinnalle on tärkeäksi teollisuudenalaksi noussut hyvinvointiteollisuus. Monet yritykset ovat nousseet omalla alallaan maailmanluokan toimijoiksi joko itsenäisinä yrityksinä tai osana suurta kansainvälistä konsernia. Näitä menestystarinoita voimme lukea tämän juhlakirjan artikkeleista.

Tutkimus- ja koulutusaloina lääketieteellinen fysiikka ja tekniikka ovat profiloituneet omaksi tärkeäksi alakseksi. Alan koulutusta annetaan viidessä yliopistossa. Tutkimustoiminta ja tutkijakoulutus on tuottavaa. Tätä kehitystä on ollut edistämässä teollisuuden menestymisen ohella moni yksittäinen toimenpide. Näistä on perusteltua mainita kolme keskeistä viime vuosien tapahtumaa.

### **LFT-päivä**

LFT-päivä syntyi ajatuksesta tarjota nuorille vastavalmistuville diplomi-insinööreille ja maistereille vuosittainen tilaisuus tutustua alan teollisuuteen ja liike-elämään. Päivien ajankohdaksi kiinnittyi sydäntalvi heti vuodenvaihteen jälkeen. Alusta asti päivien kulkuun on kiinteästi liittynyt posterinäyttely ja -kilpailu, jossa edeltävän vuoden opinnäytetyöt on tuotu yleisön nähtäville tieteellisessä asussa. Toisena keskeisenä tavoitteena on ollut tarjota liike-elämän ja teollisuuden edustajille tilaisuus tutustua koko valmistuvaan ikäluokkaan yhdellä kertaa. Tilaisuus on toiminutkin erittäin tehokkaana rekrytointimahdollisuutena. LFT-päivä on tällä hetkellä saavuttanut vakaan ja arvostetun aseman. Päiville osallistutaan ja saavutaan ympäri Suomen tutustumaan oman alan tutkijoihin.

### **Lääketieteellisen tekniikan arviointi**

Eräs merkittävimpiä tapahtumia tämän vuosikymmenen puolella oli lääketieteellistä tekniikkaa koskenut arviointi, joka tehtiin opetusministerin toimesta. Arvioinnissa todettiin alan koulutuksen ja tutkimuksen suora suhde vastaavan teollisuuden toimialan kasvuun ja menestykseen. Vaikka toiminnan todettiin olevan laajaa ja tutkimuksen edellytysten suotuisat rahoitusmahdollisuuksien runsauden vuoksi, selvityksen selvänä suosituksena oli tutkijakoulutuksen tuntuva lisääminen tutkijakouluja tukemalla.

## Tutkijakoulutus

Kun tutkijakoulujärjestelmä luotiin, ensimmäisten joukossa aloitti teknillisen korkeakoulun johtamana funktionaalisen kuvantamisen tutkijakoulu. Kun tutkijakoulua myöhemmin laajennettiin ja mukaan otettiin lähes kaikki lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan tutkimus- ja koulutustahot ympäri Suomea, tutkijakoulu sai valtakunnallisen luonteen. Tuolloin koulun nimeksi vakiintui Funktionaaliset tutkimukset lääketieteessä. Kyseisellä tutkijakoululla oli erittäin tärkeä rooli sillan rakentajana ja keskustelufoorumina. Koulun johtoryhmän keskuudessa valtakunnallisen luonteen vaaliminen oli hyvin tärkeässä asemassa. Kyseisen FUTU-koulun luonnollisena jatkeena oli aidosti lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan lähtökohdista perustettavan tutkijakoulun suunnittelun käynnistäminen. Tässä prosessissa myös lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys oli hyvin aloitteellinen. Yhdistyksen hallitus koostui käytännössä kaikkien koulutus- ja tutkimustahojen edustajista, joten yhdistys saattoi tarjota luonnollisen ja puolueettoman foorumin uuden tutkijakoulun suunnittelulle. Uusi ”International Graduate School for Biomedical Engineering and Medical Physics” aloittikin toimintansa vuonna 2007.

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen yhtenä tärkeänä tehtävänä on ollut pitää yhteyttä näiden koulutus- ja tutkimustahojen kesken. Yhdistyksellä on tähän erinomaiset edellytykset: yhdistyksen hallitukseen kuuluu tällä hetkellä henkilöitä jokaisen koulutustahon laitosjohdosta. Yhdistyksen hallitus voi näin osallistua alan kehittämiseen ja suunnittelemiseen, tiedepolitiikkaan ja yhteiskunnalliseen keskusteluun todella vaikuttavalla tavalla.

Toivotan antoisia lukuhetkiä tämän juhlakirjan artikkelien parissa.

Pasi Karjalainen, Prof.  
LFTY ry:n puheenjohtaja



## LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN KASVUKAUSI YLIOPISTOISSA

Hannu Eskola

Professori, Tampereen teknillinen yliopisto

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan koulutuksella suomalaisissa yliopistoissa on yli viidenkymmenen vuoden mittainen historia. Niin pitkään on yliopistoissa alaa opetettu. Varsinaisena mittarina minkä tahansa alan arvostuksesta ja siihen panostuksesta voidaan kuitenkin pitää professuurien perustamista. Professori on tunnustus tieteenalan riittävästä eriytymisestä ja laajuudesta niin, että se muodostaa oman oppialansa. Tätä mittaria käyttäen on lääketieteellinen fysiikka ja tekniikka ollut olemassa 36 vuotta, lähes yhtä kauan kuin Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys.

Toimiessani opetusministeriön selvitysmiehenä yhdessä professori *Toivo Katilan* kanssa vuonna 2005 (Katila ja Eskola 2005) laadin yhteenvedon lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan professuurien määrän kehityksestä. Tulokset yllättivät ainakin yhteenvedon tekijän. Niiden mukaan ala käynnistettiin muutamassa vuodessa 1970-luvulla, mutta se sai sen jälkeen kaksi vuosikymmentä odottaa uutta tuleamistaan. Ilmeisesti eri yliopistojen omien strategisten valintojen pohjalta syntyi vuosituhaten taitteessa uusi aalto, jossa professuurien määrä yli kaksinkertaistui. Kun vielä vuonna 1998 professuureja alallamme oli kahdeksan, niin vuonna 2005 niitä oli jo 18. Lääketieteelliseen fysiikkaan ja tekniikkaan allokoitujen professorinvirkojen lisäksi on alalle jatkuvasti saatu voimavaroja henkilökohtaisten valintojen seurauksena. Tämä kehitys on toteutunut joko muille aloille nimitettyjen professorien mielenkiinnon heräämisellä lääketieteellisiin sovellutuksiin tai yliopistojen ulkopuolella lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan työelämässä toimivien dosenttitasoisien tutkijoiden akateemisenä aktiviteettina.

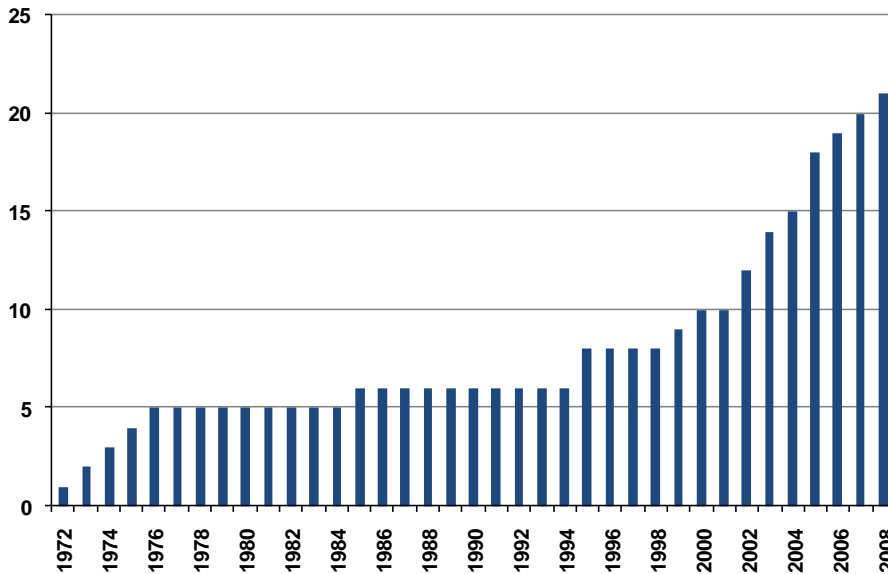
Tässä luvussa käsitellään lähemmin lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan nousua ensin omaksi oppialakseen ja sittemmin valtakunnallisesti tunnustetuksi tieteenalaksi. Tarkasteluhetkenä on pääasiassa vuosi 2005, johon asti tilastotietoja on kerätty. Tärkeimmät vuosina 2005-2008 saavutetut edistysaskeleet on myös mainittu. Siinä yhteydessä on tuotu esille myös Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen aktiivinen rooli. Lopuksi arvioidaan lyhyesti lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan mahdollisuuksia lähitulevaisuudessa.

### Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutus Suomessa

Lääketieteellinen tekniikka Suomessa, niin kuin yleensäkin Euroopassa, on syntynyt ja vakiintunut tieteen ja tekniikan alana vasta muutaman viime vuosikymmenen aikana. Tyypillinen kehityskulku on ollut esimerkiksi soveltavan fysiikan, sähkötekniikan, materiaalitekniikan tai muun tieteen alan tutkimuksen ja opetuksen suuntautuminen lääketieteelliseen fysiikkaan ja/tai muuhun tutkimusyhteistyöhön terveydenhuollon

kanssa. Lääketieteellinen tekniikka on hyvin poikkitieteellinen ala. Se tukeutuu matematiikkaan, fysiikkaan ja eri tekniikan aloihin soveltaen niitä pääasiassa lääketieteen moninaisille erikoisaloille. Tällaisen koulutuksen suunnittelu ja toteutus on vaativaa.

Suomessa lääketieteellinen tekniikka oppialana alkoi kehittyä muutamien virkojen alun perin laajemmalla opetusalamäärittelyllä varustettujen professorien erikoistuessa lääketieteelliseen tekniikkaan. Näin toimivat teknillisen fysiikan professori *Toivo Katila* Teknillisessä korkeakoulussa (nimitysvuosi 1972) ja sovelletun fysiikan professori *Erik Spring* Helsingin yliopistossa (nimitetty 1973). Seuraavina vuosina alan tunnustus vakiintui, kun perustettiin ensimmäiset alalle täsmällisesti määritellyt professuurit ja apulaisprofessuurit: lääketieteellinen fysiikka Kuopioon 1974 (virkaan valittiin *Lauri Patomäki*), biofysiikka Ouluun 1975 (*Martti Mela*) ja bioelektroniikka Tampereelle 1976 (*Jaakko Malmivuo*). Tämän jälkeen kehitys oli hyvin hidasta, sillä seuraavan 18 vuoden aikana syntyi vain yksi uusi positio. 1990-luvun lopulla virkamäärä alkoi hitaasti kasvaa ja 2000-luvulle tultaessa yliopistot tekivät merkittävän panostuksen lääketieteelliseen tekniikkaan, niin että vuonna 2008 niitä virkoja on jo 21. Viimeisen kymmenen vuoden aikana virkojen määrä on siis reilusti kaksinkertaistunut.



*Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan professorinvirkojen lukumäärän kehitys Suomessa.*

Seuraavassa luettelossa on esitelty vuonna 2008 suomalaisissa yliopistoissa päätoimisesti hoidetut kokopäiväiset lääketieteellisen tekniikan professuurit ja niiden nykyiset nimikkeet. Nimikettä edeltävä vuosiluku on viran tai sen suoranaisten edeltäjän käyttöönottovuosi. Historia ei ole aivan yksikäsitteinen, koska professuurit ovat esim. viranhaltijan eläköityessä saattaneet jäädä täyttämättä ainakin joksikin aikaa ja niiden toimialoja on voitu muuttaa.

#### Kuopion yliopisto

- 1999 Laskennallinen fysiikka
- 1999 Biomateriaalitekniikka
- 2004 Lääketieteen fysiikka ja tekniikka
- 2005 Signaalianalyysi

### Oulun yliopisto

- 1975 Biofysiikka, erityisesti solujen ja molekyylien biofysiikka
- 1995 Optoelektroniikka ja mittaustekniikka
- 2002 Lääketieteen tekniikka
- 2003 Lääketieteellinen tekniikka, erityisesti digitaalinen datan ja signaalin käsittely

### Tampereen teknillinen yliopisto

- 1976 Bioelektroniikka
- 1985 Kudosteknologian materiaalitekniikka
- 1995 Lääketieteellinen tekniikka
- 2002 Telelääketiede
- 2005 Lääketieteellinen signaalin- ja kuvankäsittely systeemibiologiassa
- 2005 Lääketieteellinen kuvankäsittely funktionaalisille 3D-kuville
- 2006 Biofysiikka
- 2007 Lääketieteellinen fysiikka
- 2008 Biomateriaalitekniikka

### Teknillinen korkeakoulu

- 1972 Lääketieteellinen tekniikka
- 2000 Biologinen fysiikka
- 2003 Lääketieteellinen tekniikka

### Turun yliopisto

- 1993 Lääketieteellinen fysiikka ja tekniikka

Koska lääketieteellisen tekniikan rajankäynti on vaikeaa, sisältää tämäkin luettelo muutamia virkoja, jotka eivät kaikkien mielestä siihen kuulu. Toisaalta kaikissa mainituissa yliopistoissa toimii muiden alojen professoreita, joiden työ liittyy läheisesti lääketieteelliseen tekniikkaan. Joukosta puuttuu mm. kognitiivisen aivotieteen, lääketieteen ja lääketieteellisen kemian professoreita sekä akatemiaprofessoreita. Myöskään osa-aikaisia professorinvirkoja ei ole tässä listassa huomioitu, mutta heidän työpanoksensa on huomioitu myöhemmin yliopistojen henkilöresurssien yhteydessä. On myös huomattava, että osa uudemmista professorinviroista on määräaikaisia ja muutamien rahoituskin on peräisin yliopistojen ulkopuolelta.

### **Lääketieteellisen tekniikan nykyinen koulutus Suomen yliopistoissa**

Vuoden 2005 alussa yliopistoille lähetettiin kysely koskien lääketieteellisen tekniikan koulutusta. Vuonna 2008 samojen laitosten edustajille lähetettiin uusi kysely, jonka perusteella tietoja on päivitetty.

Seuraavassa esitetyt tiedot perustuvat jälkimmäisen kyselyn vastauksiin.

Helsingin yliopistossa lääketieteellistä fysiikkaa voi opiskella matemaattisluonnontieteellisessä tiedekunnassa fysiikan laitoksella. Laitoksella koulutetaan sairaalafysikoita. Lääketieteellisen fysiikan henkilövoimavaroiksi ilmoitettiin 1,7 htv. Lääketieteellisen fysiikan professorin virka (55% HY, 45% HUS) on toistaiseksi täyttämättä.

Kuopion yliopistossa aloitti syksyllä 2005 uudessa luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunnassa uusi teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma. Tämän koulutusohjelman tavoitteena on antaa perusopinnoissa vahva fysikaalis-matemaattinen pohja, mutta syventävät opinnot suunnataan perusluonnontieteiden tutkimuksen sijasta sovelluksiin. Pääaineita on neljä: teknillinen fysiikka, laskennallinen tekniikka, lääketieteellinen tekniikka ja ympäristötekniikka.

Oulun yliopistossa lääketieteellisen tekniikan koulutus suoritetaan "Oulu School of BME" nimikkeen alla. Se toteutetaan monitieteisesti luonnontieteellisen, lääketieteellisen ja teknillisen tiedekunnan yhteistyönä. Lääketieteellistä tekniikkaa voi opiskella luonnontieteellisessä tiedekunnassa (LuTK) tutkintona filosofian kandidaatti/maisteri (pääaine biofysiikka), lääketieteellisessä tiedekunnassa (LTK) tutkintona terveystieteen kandidaatti/maisteri (pääaine hyvinvointitekniikka) ja teknillisessä tiedekunnassa (TTK) tutkintona diplomi-insinööri (lääketieteellisen tekniikan syventymiskohde elektroniikan, tietotekniikan ja konetekniikan koulutusohjelmissa). Vuonna 2007 yliopistoon perustettiin lääketieteen tekniikan tutkimus- ja koulutusyksikkö WellTech Oulu vahvistamaan alan tutkimusta ja opetusta.

Tampereen teknillisessä yliopistossa lääketieteellistä tekniikkaa voi opiskella pääaineena suomen kielellä tieto- ja sähkötekniikan tiedekunnassa sähkötekniikan koulutusohjelmassa ja biomateriaalitekniikkaa automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunnassa materiaalitekniikan koulutusohjelmassa. Kansainvälinen lääketieteellisen tekniikan ohjelma toimii luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunnassa. Opintoja voi painottaa lääketieteelliseen elektroniikkaan, lääketieteelliseen informatiikkaan, lääketieteelliseen fysiikkaan tai biomateriaalitekniikkaan. Näistä kaikista opinnoista ja niihin liittyvistä tutkimushankkeista vastaa biolääketieteen tekniikan laitos. Lääketieteelliseen tekniikkaan liittyviä diplomitoita, väitöskirja- ja tutkimusprojekteja on jatkuvasti käynnissä myös muilla laitoksilla, erityisesti signaalinkäsittelyn, systeemitekniikan, fysiikan ja matematiikan laitoksilla.

Teknillisessä korkeakoulussa voi teknillisen fysiikan ja matematiikan osastolla teknillisen fysiikan koulutusohjelmassa valita pää- tai sivuaineeksi lääketieteellisen tekniikan. Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osastolla sovelletun elektroniikan laboratoriossa annetaan alaan liittyvää opetusta. Kemian tekniikan osastolla useassakin laboratoriossa annetaan alaan, lähinnä biomateriaaleihin, liittyvää opetusta. Kylmälaboratorion aivotutkimusyksikkö tekee pääasiassa tutkimusta, mutta siellä tehdään myös oppinäytetöitä.

Turun yliopistossa annetaan lääketieteellisen tekniikan sivuaineopetusta fysiikan ja sähkötekniikan DI-ohjelmissa. Alaan liittyvää tutkimusta tehdään lääketieteellisen tiedekunnan biolääketieteen laitoksella ja matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa fysiikan laitoksen teollisuusfysiikan laboratoriossa. Näissä tehdään jonkin verran lääketieteelliseen tekniikkaan liittyviä oppinäytetöitä.

### **Suoritettujen perustutkintojen määrät 2000-luvun alussa**

Lääketieteellinen tekniikka ei esiinny omana alanaan missään virallisessa tilastossa. Tilastokeskuksen luokituksessa se todennäköisesti sisältyy luonnontieteessä fysiikan ja tekniikassa teknillisen fysiikan, sähkötekniikan ja tietotekniikan aloille.

Seuraavassa esitetyt tiedot perustuvat yliopistoille aiemmin lähetettyyn kyselyyn. Siinä kysyttiin lääketieteellisessä tekniikassa tehtyjen pro gradu- ja diplomitöiden määrät vuosina 2000-2004. Vastaukset eivät ole täysin kattavia, mutta toisaalta ilmoitettujen mukana on muutamia sellaisiakin töitä, jotka eivät kuulu keskeisesti lääketieteellisen tekniikan piiriin.

Filosofian maisterinkoulutusta lääketieteellisessä tekniikassa on annettu merkittävästi Oulun ja Kuopion yliopistoissa, Helsingin yliopisto on ilmoittanut vuosittain valmistuvien määräksi 1-2. Tekniikan alan diplomi-insinööritutkintoon johtavaa lääketieteellisen

tekniikan koulutusta on annettu Oulun yliopistossa, Tampereen teknillisessä yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa.

Kyselyn perusteella valmistuneiden määrät ovat olleet kasvussa 2000-luvun alussa. Vuosikymmenen puolivälissä lääketieteellisen tekniikan diplomi-insinöörejä ja maistereita valmistui Suomessa vuosittain noin 60.

*Lääketieteellisessä tekniikassa suoritettut yliopistojen maisteritason tutkinnot vuosina 2000–2004.*

	2000	2001	2002	2003	2004
HY	2	1	2	1	2
KuY	7	10	7	7	11
OY (FM/DI)	7	9	5	8	10
TTY	6	10	20	10	17
TKK <sup>*</sup>	26	27	30	30	39
Yht <sup>*</sup>	39	48	54	46	66

<sup>\*</sup> TKK:n luvuissa noin kolmannes muita kuin lääketieteellisen tekniikan tutkintoja, huomioitu yhteismäärässä.

## Tutkijakoulutus ja tutkimus

Lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen päämääränä on edistää yksilön terveyttä ja hyvinvointia. Tutkimus on luonteeltaan poikkitieteellistä ja usein multilateraalista. Alan yliopistotutkimus on perustutkimuksen lisäksi myös lähellä sovelluksia. Tutkimuksen yhteistyö elinkeinoelämän ja terveydenhuollon kanssa on luonnollista.

Lääketieteellisen tekniikan monitieteisyydestä ja myös tutkimusintensiivisyydestä kertoo, että ala oli vuonna 2005 vahvasti edustettuna viidessä 42:sta Suomen Akatemian nimeämästä tutkimuksen huippuyksiköstä. Se oli sovellutusalueena TKK:n kylmälaboratorion fysiikan ja aivotutkimuksen yksiköissä, joissa erityisesti kognitiivinen aivotutkimus on vahvasti edustettuna; TKK:n laskennallisen tieteen ja tekniikan tutkimuskeskuksessa; HY:n, TKK:n ja HUS:n yhteisessä Helsingin aivotutkimuskeskuksessa, sekä TTY:n signaalinkäsittelyn tutkimusryhmässä. Lääketieteellisiä biomateriaaleja tutkittiin HY:n, KY:n, OY:n, TKK:n ja TTY:n ohjatun kudosten uusiutumisen tutkimusryhmässä. Suomen Akatemian lääketieteellisen tekniikan alalla toimivia akatemiaprofessoreita oli huippuyksiköissä 4-5.

Kun tämän kirjoituksen pohjana olevaa raporttia opetusministeriölle ryhdyttiin laatimaan vuoden 2004 lopulla, rahoitti ministeriö kaikkiaan noin 1400 tutkijakoulupaikkaa, mutta vain viittä sellaista, jotka voitiin tunnistaa lääketieteelliseen tekniikkaan liittyviksi. Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys ryhtyi samoihin aikoihin selvittämään ja valmistelemaan laajempaa tutkijakoulua. Hanke sai vahvaa tukea raportista vuonna 2005, jossa mainittiin tärkeänä toimenpide-ehdotuksena laajan lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan tutkijakoulun perustaminen. Tämä toteutuikin jo seuraavana vuonna niin, että Kansainvälinen lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan tutkijakoulu sai kahdeksan tutkijapaikkaa ja koulu käynnistyi vuoden 2007 alusta. Koordinoivana yliopistona toimii TTY ja muina jäseninä KY, OY, TY ja TKK. Yhteisön seuraavana tavoitteena on tutkijakoulupaikkojen määrän kaksinkertaistaminen.

## Jatkotutkinnot

Lääketieteellisen tekniikan alan yliopistollisissa jatkotutkinnoissa pääpaino on tohtorin tutkinnoissa. Lisensiaatin tutkintoja on suoritettu suhteellisen vähän. Tohtoreita valmistui alalta vuosina 2002-2004 vuosittain 19-20 kappaletta eli vähintään kolmannes perustutkinnon suorittaneista suoritti tohtorin tutkinnon. Tälläkin perusteella alaa voidaan sanoa hyvin tutkimusintensiiviseksi. Professoria kohti valmistui keskimäärin enemmän kuin yksi tohtori vuodessa, kun koko tekniikan alalla luku on keskimäärin 0,6.

## Julkaisutoiminta

Selvityksessä kysyttiin kansainvälisissä referee-aikauslehdissä julkaistujen artikkelien määriä. Valmistuvien tohtorien suuren määrän lisäksi alalla myös julkaistaan paljon. Toisaalta eri laitosten ja laboratorioiden välillä on julkaisukulttuurissa suuria eroja. Yliopistojen referee-artikkelien yhteismäärä lääketieteellisessä tekniikassa oli vuosina 2003-2004 yli 160 kappaletta. Tutkimuksessa suhteutettiin julkaisulukuja myös alalla toimivien tutkijoiden ja opettajien kokonaismäärään. Keskimäärin 0,8 tämän tason artikkelia syntyi vuonna 2004 yhtä tutkijaa ja opettajaa kohti. Luku on samaa suuruusluokkaa kuin luonnontieteissä (1,0) ja selvästi suurempi kuin koko tekniikassa (0,4).

## Voimavarat

### Henkilöresurssit

Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan, mikä osuus henkilökunnan työpanoksesta käytetään lääketieteelliseen tekniikkaan. Kun näillä prosenttiluvuilla kerrottiin ilmoitetut henkilötyövuodet, saatiin tietynlainen laskennallinen arvio lääketieteellisen tekniikan voimavaroista.

Vastausten mukaan lääketieteellisen tekniikan alalla tehtiin vuonna 2004 noin 350 henkilötyövuotta, joista yliopistojen budjettivaroin noin neljännes. Lääketieteellisen tekniikan henkilötyövuosiksi (ltthtv) muutettuna tämä on 275. Vastausten perusteella alan suurimmat yksiköt olivat TTY (77 ltthtv), KY (69) ja TKK (67). OY oli samaa suuruusluokkaa (44), mutta TY (14) ja HY (1,7) jo selvästi pienempiä.

Jälkimmäisen kyselyn perusteella professoreita oli alalla kaikkiaan 26, ltthtv:ksi muutettuna 19. Tämä on noin 0,9 % kaikista tiedeyliopistojen professoreista. Aiemmin esiteltyn kuvan mukaan alan varsinaisia professuureja oli vuonna 2004 kuitenkin 16. Ero johtuu siitä, että kyselyssä ovat mukana kaikki lääketieteelliseen tekniikkaan ilmoitetut henkilöt, mutta heidän työpanoksensa alalla vaihteli 10 ja 100 %:n välillä. Yliassistentteja oli 6, assistentteja 13 ja lehtoreita 5. Tuntiopetus on merkittävä opetusvoimavara, vaikkakin se kokopäiväistettynä oli vain 4,8 ltthtv. Pääosa resursseista koostuu tutkijoista, joita vuonna 2004 oli kaikkiaan 204 htv. Heistä yli 90 % oli palkattu yliopistobudjetin ulkopuolisin varoin.

### Rahoitus

Vuonna 2005 alussa tehdyn kyselyn vastausten perusteella lääketieteellisen tekniikan rahoitus yliopistoissa oli vuonna 2003 kaikkiaan hieman yli 13 miljoonaa euroa, budjetti-

rahoituksen osuuden ollessa tästä noin 40 %. Suoranaisesti lääketieteelliseen tekniikkaan allkoitua rahaa arvioitiin olevan suurin piirtein 10 miljoonaa euroa. Määrä oli vain noin puoli prosenttia tiedeyliopistojen kokonaisrahoituksesta.

Todennäköisesti lääketieteellisen tekniikan volyymi on merkittävästi kasvanut viime vuosina. Koska kattavan selvityksen tekemiseen ei nyt ollut mahdollisuuksia, tein pikakyselyn Tampereen teknillisessä yliopistossa.

Sähköpostilla kysyttiin 11 TTY:n professorilta heidän lääketieteellisen tekniikan alan rahoitustaan vuosina 2003 ja 2007, pyytäen ilmoittamaan erikseen budjettirahoituksen ja ulkopuolisen rahoituksen määrät. Kyselyyn vastasi yhdeksän professoria, joiden joukossa olivat kaikki merkittävimmin rahoitusta käyttäneet (yksi vastanneista ei tosin mieltänyt itseään varsinaisesti lääketieteellisen tekniikan professoriksi). Tulokset on ilmoitettu alla olevassa taulukossa.

*Arvio lääketieteellisen tekniikan rahoituksesta Tampereen teknillisessä yliopistossa vuosina 2003 ja 2007 tuhansina euroina.*

	<b>Budjetti</b>	<b>Ulkopuolinen</b>	<b>Kokonais</b>
Vuonna 2003	1 695	1 914	3 609
Vuonna 2007	2 257	3 157	5 414
Erotus	562	1 243	1 805
Ero prosentteina	33%	65%	50%

Vatsusten perusteella rahoitus on neljässä vuodessa kasvanut 50 %. Toiminta tapahtuu pääasiassa ulkopuolisen rahoituksen turvin, ja sen osuus näyttää olevan kasvussa. Tulosten kerääminen on ilmeisesti onnistunut paremmin kuin vuonna 2005 laaditussa raportissa, jossa TTY:n vuotta 2003 koskevat summat olivat noin puolet tässä esitetyistä.

Seuranta-aikana havaitaan TTY:n budjettirahoituksen kasvaneen kolmanneksella. Tämä vastaa suurin piirtein viiden uuden professuurin suoranaisia kustannuksia

Voitaneen arvioida, että lääketieteellisen tekniikan rahoitus suomalaisissa yliopistoissa on selkeästi kasvanut neljässä vuodessa painottuen kuitenkin ulkopuoliseen rahoitukseen. Valtakunnallisesti rahoitusta lienee saatu 15-20 miljoonaa euroa, mikä lähestyy yhtä prosenttia yliopistosektorin kokonaisrahoituksesta. 50 prosentin kasvua, ainakin yhden yliopiston kohdalla, on hyvä verrata kaikkien suomalaisten yliopistojen kokonaisrahoituksen kasvuun, joka vastaavassa ajassa on ollut noin 10%.

## **Tulevaisuuden näkymiä**

Lääketieteellisen tekniikan oppiala perustettiin suomalaisiin yliopistoihin 1970-luvulla, ja tavoitteena oli ennen muuta saada aihepiiristä Suomelle uutta vientiteollisuutta. Perustamisvaihetta seurasi parinkymmenen vuoden vähittäinen kehitys, kun erityisesti tietotekniikan sektorin synnyttäminen ja voimakas kasvattaminen peitti alleen pienemmät erityisalueet. 1990-luvun lopulla yliopistot ovat löytäneet uudelleen lääketieteellisen tekniikan perustaen alalle enemmän kuin toisen mokoman professuureja. Monessa yliopistossamme lääketieteellisen tekniikan tutkimus on saavuttanut kansainvälisesti korkean tieteellisen tason, mikä näkyy mm. vilkkaana julkaisutoimintana. Neljässä yliopistossa voidaan jo antaa erittäin monipuolinen lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan maisteritason koulutus.

Vuonna 2005 tehdyssä kyselyssä optimistisimmat kouluttajat näkivät sopivana tavoitteena tuottaa 100 lääketieteellisen tekniikan maisteritason tutkintoa vuosittain eli lähes kaksinkertaistaa tutkintojen määrää. Jo nyt, kolme vuotta myöhemmin, tuo tavoite näyttää varsin realistiselta.

Lääketieteellisen tekniikan uusi nousukausi alkanee varsinaisesti näkyä tutkintojen ja tutkimustulosten lisääntymisenä vasta lähivuosina. Joka tapauksessa ala on nyt uusien mahdollisuuksien edessä ja sille myös nopeasti asetetaan uusia haasteita. Lääketieteellisen tekniikan tulee tarjota välineitä terveydenhuollon kehittämiseen nopeasti ikääntyvässä yhteiskunnassamme ja luoda samalla pohjaa uudelle yritystoiminnalle ja vientimenestyksille. Lääketieteellisen tekniikan korkeatasoinen koulutus, intensiivinen tutkimus ja suomalainen tietoyhteiskunta antavat tälle työlle erinomaiset lähtökohdat.

### **Viite**

Katila T, Eskola H (2005). Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:12. Opetusministeriö, Helsinki.



## KANSAINVÄLINEN TOIMINTA

Hannu Seitsonen

Yli-insinööri, Lääkelaitos

Tätä kirjoitettaessa on kulunut lähes päivälleen 40 vuotta siitä, kun aloitin lääkintätekniiikan alaan kuuluvan diplomityön tekemisen. Olen siitä lähtien yhtäjaksoisesti eri tavoin työskennellyt terveydenhuollon laitteiden parissa. Tärkeä osa tätä toimintaa on ollut aina kansainvälisten yhteyksien ylläpito.

Vuonna 1985 järjestettiin kansainvälinen Lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan maailmankongressi Suomessa. Toimin kyseisen tapahtuman pääsihteerinä (Secretary General). Siitä alkoi varsinainen kansainvälistymisen kausi yhdistyksen historiassa. Tapahtuman saamista oli edeltänyt laaja markkinointikierros, jonka lopputuloksena oli se, että Jerusalemin kongressissa, joka oli toinen yhteinen kongressi kattaen sekä lääketieteellisen tekniikan että lääketieteellisen fysiikan, asia virallisesti päätettiin. Päätöstä edelsi esittämäni diasarja Suomesta ja kongressin järjestelymahdollisuuksista – olisipa silloin ollut muistitikut käytettävissä, ei olisi tarvinnut kuljettaa laatikkokaupalla diakuvia.

Yhdistyksemme oli jo aikaisessa vaiheessa liittynyt jäseneksi alansa kansainvälisiin kattoorganisaatioihin: International Federation for Medical and Biological Engineering (IFMBE) lääketieteellisessä tekniikassa ja International Organization for Medical Physics (IOMP) sairaalafysiikassa. Vuonna 1976 käynnistettiin valmistelu, joka johti yhteisen kattoorganisaation International Union for Physical and Engineering Sciences in Medicine (IUPESM) perustamiseen.

IFMBE perustettiin 1963. Tällä hetkellä siinä on noin 50 jäsenyhdistystä. Suurin osa yhdistyksistä on Länsi-Euroopasta. Suurimmat kansalliset yhdistykset ovat USA ja Japani. IFMBE:n ylin päättävä elin on yleiskokous (General Assembly), joka kokoontuu kolmen vuoden välien maailmankongressin yhteydessä. Jäsenyhdistykset nimeävät edustajia yleiskokoukseen jäsenmääräänsä suhteutettuna (1-4 edustajaa). Suomella edustajia on kaksi. Allekirjoittanut toimi Suomen edustajana yli 15 vuotta yhdessä *Jaakko Malmivuon* kanssa ajalla 1985-2003. Sinä aikana käytiin monta äänestystä esimerkiksi henkilökysymyksistä. Käydyt keskustelut sekä kokouksissa että varsinkin käytävillä ovat olleet värikkäitä ja niiden ansiosta olen saanut lukuisia ystäviä. Yleiskokous valitsee hallituksen (Administrative Council, AC), presidentin ja varapresidentin. Hallituksen jäsenen toimikausi on kuusi vuotta, presidentin ja varapresidentin kolme vuotta. AC on viime vuosina kokoontunut vuosittain. *Niilo Saranummi* on ollut hallituksessa kauden 1982-1988, varapresidenttinä 1988-1991 sekä presidenttinä 1991-1994. Pohjoismaat ovat muutenkin olleet vahvasti edustettuna: mm. *Øivind Lorentsen* Norjasta toimi varapresidenttinä kaudella 1979-1982 ja presidenttinä kaudella 1982-1985, jolloin varapresidenttinä oli *Roland Kadefors* Ruotsista. *Heikki Teriö* Ruotsista on toiminut pääsihteerinä kaudet 1997-2002 ja on edelleen mukana hallituksessa. Presidenttinä

nykyisin on *Makoto Kikuchi*, varapresidenttinä *Herbert Voigt* ja pääsihteerinä *Ratko Magjarevic*.

IFMBE julkaisee lehteä *Medical & Biological Engineering & Computing* ja uutislehteä *MBEC News*. Kolmivuotiskongressien lisäksi federaatio sponsoroi alueellisia ja erikoisaihekongresseja.

IOMP:n hallintomalli on samankaltainen kuin IFMBE:n. Presidenttinä on tällä hetkellä *Barry Allen*, varapresidenttinä *Fridtjof Nusslin* ja pääsihteerinä *Peter Smith*. Myös sillä on tieteellinen lehti, *Medical Physics*, ja uutislehti.

Katto-organisaatio IUPESMin presidenttinä toimii nyt *Joachim Nagel*, varapresidenttinä *Barry Allen* sekä pääsihteerinä *Heikki Teriö*.

Yhdistyksemme on jäsen myös Eurooppalaisessa kattojärjestössä nimeltä *European Alliance for Medical and Biological Engineering & Sciences (EAMBES)*. Tämä järjestö perustettiin vuonna 2001. LFTY oli mukana tukemassa perustamista.

## Suomalaisten kansainväliset järjestötehtävät ja kunnianosoitukset

Kuten aiemmin on mainittu, *Niilo Saranummi* on toiminut IFMBE:n hallituksessa usean vuoden ajan. Saranummella on ollut merkittävä rooli Euroopan kattojärjestön EAMBES:n alullepanossa. EAMBES:n perustamisen aikoihin hän toimikin sen väliaikaisena presidenttinä. EAMBES:n Academic Divisionin varapuheenjohtajana toimii nykyisin prof. *Timo Jämsä* ja Division of Societiesin hallituksessa toimii prof. *Jari Hyttinen*.

IFMBE:n piirissä toimii *International Academy on Medical and Biological Engineering IAMBE Fellow*'t. *Niilo Saranummi* nimitettiin IAMBE Fellow'ksi vuonna 2000 ja vuonna 2003 Fellow'ksi nimitettiin *Toivo Katila* ja *Jaakko Malmivuo*. Saranummi toimii nykyisin kyseisen tiedeyhteisön varapuheenjohtajana ja on siten myös tuleva puheenjohtaja. Aikaisemminkin hän on toiminut hyvin aktiivisesti tässä yhteisössä, ollen mm. Membership Committeeen jäsen.

*Niilo Saranummi* on valittu IFMBE:n kunniajäseneksi vuonna 2003. Pohjoismaista muut kunniajäseniksi valitut ovat norjalainen *Øivind Lorentsen* sekä ruotsalaiset *Åke Öberg* ja *Annelise Rosenfalck*. Koska *Niilo Saranummi* on toiminut aktiivisesti myös terveydenhuoltoon liittyvien ohjelmien käynnistämisessä ja ohjaamisessa, myönsi IFMBE vuonna 2006 Saranummelle arvostetun *Otto Schmitt* -palkinnon, joka jaetaan lääketieteellisen tekniikan edistämässä erityisen ansioituneelle henkilölle.

Klinikkainsinööritoiminnan aktivoimiseksi ja tukemiseksi IFMBE perusti jaoston nimeltään *Clinical Engineering Division*. Tämän jaoston hallituksessa (*International Clinical Engineering Board*) toimin 80-luvun loppupuolella. Ainakin siihen aikaan tämä jaosto toimi hyvin aktiivisesti klinikkainsinööritoiminnan edistämiseksi.

Vuosien varrella Suomessa alalla aktiivisesti toimineita henkilöitä on palkittu em. ansioiden lisäksi muillakin kansainvälisillä palkinnoilla. Näistä erityisesti mainittakoon *Jaakko Malmivuon* vuonna 2007 saama *IEEE Fellow* -status, jonka hän sai toiminnastaan biomagneettisten tutkimusten alalta "for contributions to theoretical and experimental aspects of bioelectromagnetic phenomena". Malmivuo lienee ainoa *IEEE Fellow* lääketieteellisen tekniikan alalta Suomessa. IEEE:ssä yhtenä jaostona toimii *Engineering*

in Medicine and Biology Society (IEEE-EMBS). Tässä jaostossa Administrative Committeeen jäsenenä ovat olleet *Jaakko Malmivuo* 1998-2001 ja *Mark van Gils* VTT:ltä 2000-2002.

## Kansainväliset kokoukset

Pohjoismainen yhteistyö lähti liikkeelle hyvin aikaisin. LFTY vastasi ensimmäisen ja kolmannen pohjoismaisen konferenssin isännöyksistä (Otaniemi 1969 ja Tampere 1975). Vuosisadan vaihteen tienoilla Suomessa järjestetyistä pohjoismaisista ja kansainvälisistä kongresseista kannattaa mainita seuraavat kaksi: Pohjoismainen 10<sup>th</sup> Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering -kokous järjestettiin Tampereella 9-13.6.1996 (Tampere-talo). LFTY hankki tämän kokouksen Suomelle ja sijoitti sen pohjoismaisten kokousten sarjaan sekä toimi yhtenä järjestäjätahona. Kokous pidettiin yhdessä 1<sup>st</sup> International Conference on Bioelectromagnetism -kokouksen kanssa ja päävastuu järjestelyistä oli Tampereen teknillisen korkeakoulun Ragnar Granit instituutilla.

LFTY oli lisäksi järjestämässä XXX International Congress on Electrocardiology -kokousta (11-14.6.2003, Helsinki, Säätytalo). Pääasiallinen järjestelyvastuu tässäkin kokouksessa oli Ragnar Granit instituutilla. Monet LFTY:n jäsenet ovat vuosien mittaan osallistuneet aktiivisesti niin kattojärjestöjen kuin pohjoismaiden yhteisten kokousten tieteellisten ohjelmien rakentamiseen.

Seuraava iso kansainvälinen yhteiskongressi (IFMBE+IOMP) järjestetään Münchenissä 7.-12.9.2009. Tulevista kongresseista mainittakoon myös 4th European Biomedical Engineering Congress, joka pidetään Antwerpenissä 23.-27.11.2008. Järjestäjänä on edellä mainittu EAMBES.



*Tampere-talossa 9-13.6.1996 järjestettyyn 10<sup>th</sup> Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering & 1<sup>st</sup> International Conference on Bioelectromagnetism saapui yli 400 osallistujaa 36 maasta.*

## Uusia ulottuvuuksia kansainvälistymisen myötä

Kun Suomi liittyi Euroopan unioniin vuonna 1995, kansainvälistyminenkin sai uusia ulottuvuuksia. Tämä koskee sekä laitteiden käyttöä ja niiden turvallisuutta että alan tutkimustyötä. Edellisen suhteen mainittakoon, että Brysselissä on kehitetty EUDAMED-tietokanta terveydenhuollon laitteiden hallinnoimiseksi. Allekirjoittanut oli Lääkelaitoksesta neljä vuotta "lainassa" EU-komissiossa, jona aikana olin mukana starttaamasta tätä ja monta muutakin lääkintälaitetta koskevaa projektia.

Mitä tulee alan tutkimustyöhön, niin EU-tasolla on käynnissä mittavia rahoitusohjelmia (esim. puiteohjelmat), joissa myös lääketieteellisen tekniikan hankkeita on rahoitettu. Todettakoon, että LFTY:n aktiivijäsen Pekka Karp on alusta lähtien ollut EU-komission palveluksessa, aluksi ICT for Health -yksikössä ja nykyisin Future and Emerging Technologies -yksikössä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kansainvälisyys on alallamme kehittynyt kansainvälistymiseksi. Toivottavasti tulevaisuudessa piankin tämä puolestaan kehittyi globaaliseksi tietoisuudeksi. Tätä kehitystä voi seurata vaikkapa nettisivulta [www.ghtf.org](http://www.ghtf.org). Vielä lopuksi kannattaa mainita eräs mittava globaalinen projekti, joka on saatu yleiseen käyttöön: pääasiassa EU-komission aloitteesta ja sen alkurahoituksella on kehitetty terveydenhuollon laitteiden globaali nimikkeistö, Global Medical Devices Nomenclature (GMDN). Tästä löytyy tietoa sivulta [www.gmdnagency.com](http://www.gmdnagency.com).

### IFMBE:n sekä Pohjoismaiden ja Balttian kokoussarjat

---

#### INTERNATIONAL CONFERENCES OF THE IFMBE

I	1958	Paris	France
II	1959	Paris	France
III	1960	London	United Kingdom
IV	1961	New York	U.S.A.
V	1963	Liege	Belgium
VI	1965	Tokyo	Japan
VII	1967	Stockholm	Sweden
VIII	1969	Chicago	U.S.A.
IX	1971	Melbourne	Australia
X	1973	Dresden	DDR
XI*	1976	Ottawa	Canada
XII*	1979	Jerusalem	Israel
XIII*	1982	Hamburg	Germany
XIV*	1985	<i>Helsinki</i>	<i>Finland</i>
XV**	1988	San Antonio	U.S.A.
XVI**	1991	Kyoto	Japan
XVII**	1994	Rio de Janeiro	Brazil
XVIII**	1997	Nice	France
XIX**	2000	Chicago	U.S.A.
XX**	2003	Sydney	Australia
XXI**	2006	Seoul	Korea

\* In association with the IOMP.

\*\* World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering.

#### NORDIC-BALTIC CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING AND MEDICAL PHYSICS

I*	1970	<i>Espoo</i>	<i>Finland</i>
II*	1971	Oslo	Norway
III*	1975	<i>Tampere</i>	<i>Finland</i>
IV*	1977	Copenhagen	Denmark
V*	1981	Linköping	Sweden
VI*	1985	<i>Helsinki</i>	<i>Finland</i>
VII*	1987	Trondheim	Norway
VIII*	1990	Ålborg	Denmark
IX*	1993	Lund	Sweden
X**	1996	<i>Tampere</i>	<i>Finland</i>
XI**	1999	Tallinn	Estonia
XII**	2002	Reykjavik	Iceland
XIII**	2005	Umeå	Sweden
XIV**	2008	Riga	Latvia

\* Nordic Meeting on Medical and Biological Engineering

\*\* Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering

## LFT-PÄIVÄ – NUORIA JA TEOLLISUUDEN YHTEISTYÖTÄ AKTIVOIMASSA

Jari Hyttinen

Professori, Tampereen teknillinen yliopisto

Aloittaessani LFTY:n puheenjohtajana vuonna 2002 kaivattiin selvästi uusia ajatuksia ja tapahtumia yhdistyksen toimintaa piristämään. Aikaisemmin LFTY oli vuosikokousten yhteydessä järjestänyt Progress Report -tapahtumia, joissa nuoret tutkijat pääsivät esittämään tekemisiään. Tapahtumassa oli perinteisesti myös jaettu pieni palkinto hyvistä tutkimuksista ja esityksistä. Tapahtuma oli kuitenkin hiljalleen kuihtunut pois. Hallituksen piirissä oli 1990-luvun alussa katsottu, että nuorille tutkijoille oli tarjolla sekä Suomessa että ulkomailla runsaasti konferensseja ja tapahtumia, joissa pääsee esittelemään töidensä tuloksia. Aika siis oli ajanut kyseisen tapahtuman ohi.

Uuden tapahtuman pohjalla oli tarve aktivoida nuoria jäseniä LFTY:n piiriin ja nostaa samalla nuorten tietopohjaa lääketieteen fysiikan ja tekniikan alueesta sekä ura- ja työmahdollisuuksista. Toinen kasvava huoli LFTY:n piirissä oli teollisuuden ja elinkeinoelämän vähäinen näkyminen LFTY:n toiminnassa. Näistä perusteista ideoimme syksyn 2001 aikana uudenlaisen tapahtuman, LFT-päivä. Ensimmäinen LFT-päivä järjestettiin erittäin nopealla aikataululla Tampereella 11.1.2002. Se kuitenkin keräsi pitkälti toista sataa osallistujaa

LFT-päivän ideana on koota edellisen vuoden diplomi- ja pro gradu -työt yhteen ja esitellä töitä posterein niin osallistujille kuin tapahtumassa LFTY:n hallituksesta muodostetulle tuomaristolle. Parhaille pyritään saamaan tuntuva palkinto, jotta paikalle saadaan kattava otos vuoden töistä. Samalla tilaisuudessa esitellään LFT-alan tutkimusta ja teollisuutta, erityisesti huomion kohdentaen nuoriin osallistujiin. Järjestävän paikka-



*Posterikilpailuun osallistuneita lopputyön esittelijöitä vuoden 2004 LFT-päivän palkintojen jakotilaisuudessa Helsingin Biomedicumissa.*

kunnan tutkimus ja teollisuus on esillä seminaarissa, ja laitenäyttelyyn kutsutaan muualta Suomesta alan teollisuuden tuotteita ja henkilöitä. Päivän huipentuma on posterikilpailun palkintojen jako ja iltatilaisuus. Tilaisuuden kustannukset, etenkin posteripalkinto sekä iltatilaisuus, on saatu koko LFT-päivän historian ajan kerättyä teollisuuden lahjoituksina ja laitenäyttelyn kautta tulevilla sponsorituloilla. Tästä suuret kiitokset useille Suomen LFT-alueen elinkeinoelämän edustajille!

LFT-päivä on menestyksekkäästi toiminut samanlaisella konseptilla vuottaan jo seitsemän kertaa. Osallistujia tilaisuudessa on ollut joka vuosi yli sata ja posteriesityksiä 20 molemmin puolin. Tilaisuudesta on tullut odotettu tutkijoiden ja opiskelijoiden vuosittainen tapaaminen. Koko tilaisuus pyöri oikeastaan vastavalmistuneiden LFT-alan osajien varassa. Heidän innostuksensa tulla esittelemään lopputöitään postereina kilpailuissa tuo tilaisuuteen aina tuoreen ja jännittävän tunnelman. Tietysti innostusta on aina lisännyt yli 2000€ pääpalkinto, jonka suuruus kertoo tapahtumassa mukana olevien lopputöiden valmistumisvuoden. Ensi vuonna 2009 on siis jaossa 2008 euroa. Tämän yksityiskohdan lisäsi silloinen yhdistyksen sihteeri Jari Viik. Tosin, ainakin ensimmäisellä kerralla, vuonna 2002, tarpeellinen 1 euron lisärahoitus tuli sihteerin omasta kukkarosta

Elinkeinoelämän intressit tulla paikalle perustuvat myös nuorten innostukseen. Missä muualla elinkeinoelämän edustajat voisivat samalla kertaa pienellä sijoituksella saada alan uusiin Suomen lahjakkuuksiin yhtä vaivattomasti suoran kontaktin. LFT-päivät on nostanut varmasti nuorten vastavalmistuneiden intoa jatkaa alan tutkijoina ja teollisuuden palveluksessa, sekä saanut eri yliopistojen alan opiskelijoiden yhteistyön uudelle tasolle. Joka vuosi paikalliset opiskelijat ovat järjestäneet oheistapahtuman ennen varsinaisia LFT-päiviä muualta tulleille opiskelijoille. Tämä on sisältänyt vierailuja paikallisiin yrityksiin ja tutkimuslaitoksiin. Tapaamiset ja kontaktit ovat luoneet luontevan pohjan muullekin yhteistyölle. Ovatpa tänä vuonna Otaniemen ja Tampereen ammattiainejärjestöt tekemässä yhteistä excursiomatkaa Medica-messuille Saksaankin.

Posterikisan tuomaristoon ovat kuuluneet yleensä paikalla olleet LFTY:n hallituksen jäsenet, posterikisan palkinnon luovuttaneen yrityksen edustaja ja paikallisen opiskelijajärjestön edustaja. Tuomarointi on aina ollut haasteellista. Hyviä ja erinomaisia esityksiä, postereita ja töitä on joka kerta ollut runsaasti ja valinta on ollut usein vaikeaa. Aina tuomaristo on kuitenkin löytänyt sopuisasti yhteisymmärryksen ja perustellusti voittajat. Kertaakaan koko palkintopotti ei ole mennyt yhdelle henkilölle vaan palkinnon ovat jakaneet 3-4 parasta. Posterikisa on osoittautunut myös erinomaiseksi opetustilaisuudeksi oman työn esittelemisen jalossa taidossa. Osanottajille se on ollut loistava tapa saada läpileikkaus suomalaiseseen alan tutkimukseen.

Kunkin LFT-päivän ohjelmasta, tapahtumista sekä palkituista nuorista tutkijoista ja heidän töistään on saatavissa tietoa LFTY:n verkkosivuilta. LFT-päivä on osoittanut olevansa tarpeellinen ja nykypäivään sopiva tapa toimia ja esilletuoda alan tietoisuutta uusille opiskelijoille ja vastavalmistuneille. Samalla saattaa teollisuuden ja elinkeinoelämän edustajia lähempään kassakäymiseen alan tutkijoiden ja nuorten opiskelijoiden kanssa.

Kirjan liiteosiosta löytyy tietoa vuosien 2002-2008 LFT-päivistä mukaan lukien kaikki palkitut.

## FYYSIKKONA SAIRAALASSA

Ahti Rekonen

Emeritusprofessori, Jyväskylän yliopisto

Sairaanhoidossa on käytetty kautta aikojen fysikaalisia laitteita ja menetelmiä. Lääketieteen omat ammattilaiset, lääkärit, välskärit, sairaanhoitajat jne., ovat hallinneet työssään nämä yksinkertaiset, mekaaniset, lämpöopilliset, optiset, sähköiset ja vastaavat hoito- ja tutkimuskeinot ammattinsa puitteissa. Viime vuosisadan alun merkittävät fysikaaliset innovaatiotkin lääketieteessä olivat lääkäreiden tekemiä, kuten elektrokardiografia (*Willem Einthoven* 1901) ja verenpainemittaus (*Scipione Riva-Rocci* 1905). 1800-luvun lopun siihenastista fysikaalista maailmakuvaava järkyttäneet löydöt – röntgensäteet (*Wilhelm Röntgen* 1895) ja radioaktiivisuus (*Henry Becquerel* 1896) edellyttivät aikaa myöten fysikaalisen asiantuntemuksen käyttöä. Röntgenlaitteiden rutiinikäyttöön riitti kuitenkin pitkiksi ajoiksi laitetoimittajien käyttöopastus ja satunnaiset tekniset konsultaatiot. Radioaktiivisten aineiden, lähinnä radiumin ja radonin, käyttö sädehoidossa perustui lääketieteellisen käytännön antamien kokemusten varaan. Säteilyturvallisuuskysymykset ja sädehoidossa esiin tulleet annosteluongelmat alkoivat vähitellen edellyttää fysikaalisen asiantuntemuksen käyttöä. Ensimmäisen säteilybiologiaan liittyvän raportin radiumin säteilyn ihovaikutuksesta kirjoittivatkin nobelistifyysikot *Henry Becquerel* ja *Pierre Curie*. Monilla alan huippufysikoilla oli tieteellisen tutkimuksensa ohella mielenkiintoa säteilyn lääketieteellisiin sovelluksiin. Esimerkiksi *Marie Curie* oli kiinnostunut sädehoidosta, ja ensimmäisen maailmansodan aikana hän varusti liikkuvia röntgenyksiköitä sekä toimi röntgenkuvaajana sotatoimialueella.

### Sairaalafysiikan uranuurtajia

Ilmeisesti ensimmäinen varsinainen sairaalafysikko oli *Sidney Russ*. Hänet nimitettiin Lontoon Middlesexin sairaalan fyysikoksi vuonna 1913. Hän huolehti säteilyturvallisuudesta ja sädehoitojen annostelusta senaikaisten mittausmenetelmien puitteissa. Hän oli myös vastuussa sairaalan kallisarvoisesta radiumvarastosta. 1900-luvun alkupuolella sairaalafysikkoina oli henkilöitä, jotka tulivat tutuiksi säteilyfysiikan oppikirjojen tekijöinä, esimerkiksi *Edith Quimby* (Memorial Hospital, New York) ja *William Mayneord* (Royal Cancer Hospital, Lontoo).

Englannin merkittävä sairaalafysiikan kehittäjä oli *Harald Gray*. Hän toimi Mount Vernonin sairaalan fyysikkona 1937-1953 ja myöhemmin Englannin syöväntorjuntayksikön johtajana. Hän tutki säteilyn aiheuttamaa ionisaatiota ja kehitti standardina käytetyn Braggin-Grayn ionisaatiokammion sekä selvitteli säteilyn biologisia vaikutuksia. Hänen nimensä säilyy annosyksikön gray (Gy) nimessä. Toinen SI-järjestelmän yksiköiden joukkoon nimensä saanut sairaalafysikko on *Rolf Sievert*. Hän oli Tukholmassa



Radiumhemmetin fysiikan laboratorion johtaja vuosina 1924-1937 ja Ruotsin säteilyfysiikan laitoksen johtaja 1938-1965. Sievert (Sv) on säteilyvaikutusta kuvaavan annosekvivalentin yksikkö. Rolf Sievert oli myös säteilydosimetrian ja mittaustekniikan kehittäjä (Sievertin kammio). Tunnetumpi hän on kuitenkin kansainvälisenä organisaattorina. Sievert toimi mm. International Commission on Radiological Protection (ICRP) ja United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) –komiteoiden johtajana. Näissä asemissa hän vaikutti vahvasti säteilyyksikköjen kehittämiseen ja yhtenäistämiseen sekä väestön entistä tiukempien annosrajojen määrittämiseen. Britti *Norman Veall*, monesti Suomessakin vierailut fyysikkoakateemikko, oli tarunomainen isotooppilääketieteen tutkija, oppikirjan tekijä. Saksan sairaalafysiikoista tunnetuin oli käsittääkseni *Felix Wachsmann*, jonka taulukkokirja ”Kurven und Tabellen für die Strahlentherapie” oli aikoinaan myös varhaisen suomalaisen sädehoitosuunnittelun perusteos.

## Suomessa sädehoitoklinikka tarvitsee fyysikoita

Suomen ensimmäinen sädehoitoklinikka aloitti toimintansa Helsingin Yleisen Sairaalan Sädehoito-osastona. Sairaalan ylilääkäri, maamme sädehoidon uranuurtaja *Sakari Mustakallio* edellytti, että aloittavaan klinikkaan saadaan myös fyysikko. Ensimmäisenä sairaalafysiikkona aloitti *P.E. Tahvonen* (1937-1949). Hänen toimialaansa kuuluivat röntgenlaitteiden ja radioaktiivisten aineiden mittaamisen ohella myös säteilysuojelu ja -turvallisuuskysymykset, jopa koko maata koskien. Sairaalafysiikkotoiminta oli siis alku myöskin nykyiselle Säteilyturvakeskukselle (STUK). Tahvonen toimi myöhemmin Helsingin yliopiston sovelletun fysiikan professorina ja oli myöhemminkin alasta kiinnostunut osallistuen mm. muutamaan alan kansainväliseen kongressiin. Tahvosen seuraaja *Kauno Salimäki* toimi saatuaan nimityksen HYKS:in johtavaksi fyysikoksi myös STUK:in edeltäjän Säteilyfysiikan laitoksen vt. johtajana 1958-1962. Kliiniseen suuntaan sairaalafysiikkaa lähti kehittämään Salimäen työtoveri *Aaro Ryttilä*, joka varsinaisten sairaalafysiikoiden nestorina teki Sädehoitoklinikassa ja sairaalafysiikoiden ammattiyhdistystoiminnassa pitkän päivätyön.

Uusien fyysikonvakanssien syntymistä esti palkkakiista, joka koski sairaalafysiikoiden (ja -kemistien) sairaalalisää. AKAVA:n toiminnanjohtaja *Aulis Lintunen* toimi tarmokkaasti pienten ryhmien asianajajana. Sairaalafysiikoista neuvotteluihin osallistuivat ainakin *Aaro Ryttilä*, *Erkki Vauramo* ja *Ahti Rekonen*. Uusi Sädehoitoklinikka oli valmistumassa ja sen toiminta ei voisi alkaa ilman fyysikoita, mutta virat olivat hakukiellossa. Kiista ratkesi 1961 siten, että sairaalafysiikoillekin kuului sairaalalisä. Palkkakiistan aikana useita fyysikoita toimi Naistenklinikan ”fyysikkohautomossa” sekä Kuopion keskussairaalassa konsultoivina fyysikkoina.

Uusi sädehoitoklinikka aloitti toimintansa 1962 modernein sädehoitolaittein varustettuna. Säteilyfysiikan laitoksen ja sairaalan ”personaaliunioni” rikkoutui, kun Sädehoitoklinikan ylifyysikoksi tuli *Mårten Brenner* ja *Kauno Salimäki* jatkoi Säteilyfysiikan laitoksen johdossa. *Aaro Ryttilän* lisäksi Sädehoitoklinikan fyysikon virkoihin valittiin *Lauri Patomäki*, *Erkki Vauramo* ja *Timo Heiskanen*. HYKS:n Naistenklinikkaan perustettiin myös fyysikon virka, johon valittiin *Kalevi Kiviniitty*. Turun yliopistollisessa keskussairaalassa fyysikkona toimi *Erkki Vilhonen* ja varsinaisen ”maaseutusairaalan” KUKS:n fyysikoksi tuli *Ahti Rekonen*.



60-luvulla Suomeen tuli uusia sädehoitoyksiköitä ja isotooppitoiminta lähti lähes kaikissa keskussairaaloissa käyntiin. Sairaalafysikoiden määrä kasvoi tasaisesti ja kasvua lisäsi uusien toimintojen, mm. magneettikuvauksen, esiintulo. Vuonna 2003 Terveystieteiden tutkimuskeskuksen kirjoissa oli 80 nimikesuojattua fyysikköä. Näistä 26 oli naisia ja 54 miehiä. Työttömyyttä ei alalla nähdäkseni esiinny.

## Fyysikoiden työkenttä laajenee ja monipuolistuu

Alkuvaiheessa fyysikon tehtäviin kuului säteilyturvallisuuteen ja sädehoidon fysiikkaan liittyvät tehtävät. Fyysikko saattoi olla säteilyturvallisuudesta vastaava johtaja, mutta usein johtaja-nimitys houkutti niin, että sitä ”hoiti” ylilääkäri tai muu yksikön esimies. Tehtäviin kuului radioisotooppien ja aktiivisten jätteiden asianmukaisen varastoinnin ja hävityksen järjestäminen sekä säteilevän ympäristön summittainen kartoittaminen. Poikkeavissa säteilytilanteissa fyysikolla oli valmiudet kierrellä rätisevän mittarin kanssa asiantuntevasti. Myös henkilöannostauksista täytyi pitää kirjaa. Sädehoidossa oli käytössä joko röntgenhoitokoneita tai koboltikanuuna. Röntgenin suhteen annosmääritykset perustuivat kirjallisuudesta saatuihin syväannoskäyriin, harvemmin omiin mittauksiin. Koboltissa mitattiin annosjakaumat sairaalakohtaisesti, vaikka laitekohtaiset valmistajan käyrästöt olivat kohtuullisen luotettavia. Kobolttihoidossa annossuunnittelu tehtiin manuaalisesti; tekijänä oli röntgenhoitaja-annossuunnittelija fyysikon valvonnassa.

60-luvun loppupuoliskolla fyysikoiden tehtävät painottuivat isotooppitutkimuksiin. Menetelmiä kehitettiin isotooppikuvauksiin ja funktionaaliintutkimuksiin, jopa kemiallisia in vitro -tutkimuksia piti muutamissa laboratorioissa ylläpitää. Uusi generaattoripohjainen isotooppi, teknetium (Tc-99m), uudisti täysin isotooppitutkimusten radiofarmasian: tutkimusten määrä lisääntyi, laatu parani ja tutkimusvalikoima monipuolistui. Varsinaisia isotooppilääkäreitä oli vähän, vaikka ns. suppeita spesialiteetteja myönnettiin heppoisin perustein erilaisten lähialojen lääkäreille. Fyysikotkin joutuivat paikoin antamaan lausuntoja tekemistään tutkimuksista ilman kliinisen kokemuksen taustatukea.

70-luvun alussa sädehoitolaitteiden hankinnassa käytiin puolipoliittinen välinäytös. Suomi veloitettiin ”munarahoilla” ostamaan Neuvostoliitosta kalustoa. Maahamme tuli pari koboltikanuunaa, kaksi beeatronia ja syklotroni. Varsinkin beeatronien ylläpito vaadittua annostarkkuutta edellyttävässä kunnossa oli lähes ylivoimainen tehtävä. Muutaman väli vuoden jälkeen päästiin siirtymään uuden sukupolven laitteisiin - lineaarikiihdyttimiin.

Seuraava kehityksen kärki kohdistui sädehoitoon. Manuaalisesta annossuunnittelusta ja kenttämittauksesta siirryttiin digitaaliseen. 70-luvun lopulla syntyi yhteistyöprojekti tietokonepohjaisen annossuunnittelujärjestelmän kehittämiseksi maamme yhdeksään sädehoitoyksikköön. Käytännön toimijana oli VTT:n sairaalatekniikan laboratorio, mutta Kuopion sädehoitoyksikkö ja Keski-Suomen Sädesairaala olivat vahvasti mukana sovelluspaikkoina. Projektin tuloksena tämä tietokonepohjainen järjestelmä otettiin kaikissa sädehoitoyksiköissä käyttöön ja on varmasti ollut yksi osatekijä maamme erinomaisiin syövänhoidon tuloksiin. Dosetek Oy ryhtyi kaupallisesti markkinoimaan tätä järjestelmää, ja siitä tuli menestystarina kansainvälisestikin. Tälle hyvälle perustasolle on pystytty rakentamaan jatkossakin korkeatasoinen sädehoidon kokonaisuus.

Lineaarikiihdyttimestä tuli 80-luvulla sädehoidon perustyökalu. Kiihdyttimen annosjakauma on tunnettava tarkasti ja ajalliset muutokset rekisteröitävä. Lineaari-kiihdyttimet kehittyivät digitaalisiksi ja koko hoitojärjestelmä digitalisoitui. Hoitosimulaattoreista ja verifiointijärjestelmistä tuli oleellisia hoitoketjun osia. Alkuperäisestä suorakulmaisesta kenttämuodosta siirryttiin moniliuskakollimaattoreiden ja lopulta intensiteettimodulaatio-ohjattujen järjestelmien avulla kasvaimen geometriaa tarkasti vastaavien hoitokenttien hyödyntämiseen. Koko tämä ketju edellytti sairaalafysiikoiden työkentän valtaisa kehitymistä.

Tietokonetomografian tulo radiologiaan vaikutti uutena teknisenä innovaationa myös muihin kuvausmuotoihin. Digitaalinen radiologia käsitti kaikki kuvausmuodot, ei pelkästään kuvauksen sisäisenä prosessina vaan se laajeni kuvankäsittelyyn, arkistointiin ja kuvien ja informaation siirtoon tietoverkoissa.. Poikkeileikkaukseen liittyvät rekonstruktio menetelmät toivat isotooppikuvaukseen leikekuvauksen (SPET-kuvauksen). Turussa oli käytössä syklotroni, jossa voitiin valmistaa positroniaktiivisia isotooppeja PET-kuvauksen merkkiaineiksi. Fysiikon toimenkuva laajeni ja koulutustarpeet lisääntyivät.

Vaikka ydinmagneettinen resonanssi-ilmio oli löydetty jo 40-luvun loppupuolella (*Felix Bloch* ja *Peter Mansfield*), kului lähes neljäkymmentä vuotta ilmiön kuvaukselliseen hyödyntämiseen. Nobel-palkitut (2003) *Paul Lauterbur* ja *Peter Mansfield* saivat kunnian keksinnöstä, vaikka kuvausmenetelmiä oli kehitetty useissa tutkimuskeskuksissa. Suomeen kuvausmuoto rantautui 80-luvulla. Maassamme syntyi myös magneettikuvauksilaitteiden teollista valmistusta. Magneettikuvaukset yleistyivät sairaaloissamme 90-luvulla. Monipuolisena fysikaalisena, teknisenä ja tietoteknisenä kokonaisuutena magneettikuvauksen tehokas hyödyntäminen edellyttää fysiikon asiantuntemusta ja monissa sairaaloissa fysiikko kuuluu magneettikuvauksyksikön henkilöstöön.

Vuosisadan vaihteessa tehtäväkenttään tuli melkoinen määrä ”virkamiesfysiikkaa”. Muuttunut säteilylainsäädäntö ja muut laadunvalvontavaateet toivat mukanaan fysiikoille velvoitteita lääketieteellisen säteilynkäytön asiantuntijoina. Suuri osa sairaalafysiikoista osallistuu radiologian eri alojen ja laitteistojen laadunvalvonta-tehtäviin. Tämän lisäksi osa fysiikoista on mukana eri yksiköiden auditointiryhmissä, joista osa on kaupallisia.

Säteilyyn ja erilaisiin kuvantamismenetelmiin liittyvien tehtävien lisäksi sairaalafysiikoiden työkenttä on laajentunut myös kliinisen fysiologian ja neurofysiologian alueelle.

Vaikka sairaalafysiikko pääosin toimiikin laitteistojen ja menetelmien takana, niin tehtävät edellyttävät myös kohtuullisia ihmissuhdetaitoja. Potilastapaamiset ovat usein ohuita ja harvinaisia, mutta niitä kuitenkin on. Myöskin toimiminen yksinäisenä sutena perinteellisten sairaala-ammattilaisten joukossa edellyttää tiettyä sopeutumiskykyä.

## Fysiikoiden pätevytyminen

Suomen Matemaatikko- ja Fysikkoliiton (SMFL) Sairaalafysiikkojaoston aloitteesta asetettiin v. 1966 viisijäseninen sairaalafysiikoiden pätevyyslautakunta, johon kutsuttiin Lääkintöhallituksen edustaja sekä edustus korkeakouluista ja sairaalafysiikoiden piiristä.. Pätevyyslautakunnan ensimmäinen puheenjohtaja oli *Mårten Brenner*. Ensimmäiset pätevydet myönnettiin lautakunnan fysiikkojäsenille, myöhemmin jo virassa oleville

sairaalfysiikoille. Pätevyyden edellytykseksi laadittiin koulutusmääräykset. Koulutuksen pohjana oli asianmukainen filosofian kandidaatin tai diplomi-insinöörin tutkinto, johon liittyi erikoiskoulutus. Erikoiskoulutus kesti neljä vuotta yleensä sairaalassa lautakunnan hyväksymän kouluttajan alaisena. Vaatimukseen kuului säteilysuojauskoulustelu sekä hallinnollista koulutusta. Hyväksytyt sairaalfysiikkokoulustelu johti pätevyyden myöntämiseen. Koulustelu ei ollut pelkkä muodollisuus: reputusprosentti 70-80-luvulla oli noin 40.

Vuonna 1977 SMFL:n asettama lautakunta muuttui Lääkintöhallituksen alaiseksi työryhmäksi. Pätevyysvaatimukset pysyivät pääosin ennallaan. Säteilyturvakeskus myönsi vuonna 1991 pätevyyslautakunnalle oikeuden järjestää myös säteilynkäyttöön pätevöittäviä tutkintoja. Vuonna 1995 pätevyyslautakunta siirtyi korkeakoulujen hallinnoimaksi, ensimmäisen uudenmuotoisen lautakunnan asetti Kuopion yliopisto. Uudessa järjestelmässä etäännyttiin käytännönläheisestä ammattikoulutuksesta tutkijakoulutuksen suuntaan niin, että koulutus tähtäsi lisenssiaatin tutkintoon tai väitöskirjaan.

Pätevyyslautakunnan puheenjohtajina ovat toimineet *Mårten Brenner, Kalevi Kiviniitty, Ahti Rekonen, Jyrki Kuikka, Hannu Eskola ja Sauli Savolainen*. Lääkintöhallituksesta lautakunnan pitkäaikaisena jäsenenä oli *Antti Marttila*. Nykyinen lautakunta on Kuopion yliopiston hallinnoima puheenjohtajanaan *Jukka Jurvelin*. Koulutus ja pätevyysien myöntäminen ovat olleet suunnilleen tasapainossa työmarkkinoiden kanssa. Merkittävää työttömyyttä tai työvoiman puutetta ei ole esiintynyt.

70-luvulla tuotti vaikeuksia saada pätevyysvaatimuksia virallistetuksi virkavalinnoissa. Sairaalaliiton johtaja *Heikki Simola* suhtautui myönteisesti pätevyyden virallistamiseen, mutta asialle oli vaikeuksia löytää lainmukaisia perusteita. Neuvotteluissa *Heikki Simola/Ahti Rekonen* löydettiin virkaehtosopimukseen muotoilu, joka ei varsinaisesti pakottanut sairaaloita huomioimaan pätevyyttä, mutta vahvasti viittasi pätevyyden suosimiseen. Paria poikkeusta lukuun ottamatta fyysikon virkaan sairaalassa on valittu pätevyyden omaava henkilö. Toisessa näistä poikkeuksista henkilö lyhyen ajan kuluttua siirtyi yliopistouralle, toisessa tapauksessa virkavalinta purettiin oikeuden päätöksellä.

Vuonna 1994 säädettiin laki terveydenhuoltohenkilöstöstä. Tässä laissa sairaalfysiikot määritellään nimikesuojatuiksi ammattihenkilöiksi, edellytyksenä on Terveydenhuollon oikeusturvakeskuksen hyväksymä koulutus. Tällaisen hyväksynnän sai edellä esitelty sairaalfysiikoiden erikoiskoulutus.

## Lääketieteellisen fysiikan tutkimustoimintaa sairaaloissa

Sairaalfysiikoilla on kohtuullisen korkea akateeminen pätevyys. Lähes kolmasosa sairaalfysiikon virassa olevista on väitelleitä ja tutkimustoimintaan tähtäävä pätevöitymisjärjestelmä tukee tällaista suuntausta. Sairaalfysiikon pätevyyden omaavista yli kahdellakymmenellä on alan dosenttuuri tai professorin pätevyys. Alkuvaiheessa suuressa osassa alan väitöskirjojen ohjaajana toimi *Erik Spring*. Åbo Akademin kautta on tullut myöskin useita väitöskirjoja *Mårten Brennerin* ohjaamana.

Monissa sairaaloissa, erityisesti tietenkin yliopistosairaaloissa, oli aktiivisia klinisiä tutkimusryhmiä, joihin fyysikot oman alansa asiantuntijoina olivat tervetulleita. Fysiikoilla oli myös itsenäistä lääketieteellisen fysiikan tutkimustoimintaa. Esittelen

muutamia tutkimuskokonaisuuksia, joissa sairaalafysikot olivat merkittäviä toimijoita. Luettelo ei pyrikään olemaan täydellinen.

60-luvun alkupuolella Erkki Vauramo ja Ahti Rekonen konstruivat jälkilatauslaitteen Helsingin Naistenklinikalla gynekologiseen sädehoitoon säteilylähteenään Co-60. Laite oli käytössä parikymmentä vuotta aikana, jolloin vastaavat konstruktiot olivat peräti harvinaisia, eikä niitä valmistettu kaupallisesti

Kuopiossa *Paavo Karjalainen* kehitti menetelmän luun tiheysmittauksiin. Menetelmää käytettiin laajalti erilaisiin kliinisiin selvityksiin. *Tapani Lahtinen* oli mukana tiheystutkimuksissa ja selvitteli myös luuston verenkiertoa väitöskirjatyössään.

Medi-Valmet kehitti monihavaintalaitteistoa isotooppitutkimuksiin. Kehitystyössä oli mukana myös *Esko Riihimäki*. *Heimo Holli ja Matti Koskinen* käyttivät laitteistoa - edellinen keuhkofunktiotutkimuksiin, jälkimmäinen aivoverenkierron mittaamiseen. Laitteistolla oli myös jonkin verran kaupallista menestystä.

Kvantitatiiviset funktiotutkimukset alkoivat 70-luvun alussa Meilahdessa *Timo Heiskasen* toimesta. Hän kehitti matemaattisia malleja sydämen, munuaisten ja kilpirauhasen funktiotutkimuksille. Hänen työtään ryhmän fyysikkona jatkoi *Esko Riihimäki*. Myös Jyväskylässä alkoivat kvantitatiiviset funktiotutkimukset. Perustana olivat nyt fysiologiset mallit, joihin mittauskäyrät sovitettiin (esim. modifioitu gamma-funktio, eksponentiaalikäyrät), ja sovitus johti mallin edellyttämiin fysiologisiin parametreihin. 70-luvulla *Jyrki Kuikka* eri työryhmien vetäjänä ja jäsenenä Jyväskylässä, Oulussa ja Kuopiossa ylläpiti kansainvälisen tason tutkimusta. Jyväskylässä oli aktiivinen ryhmä soveltamassa radioisotooppeja nivelreuman tutkimukseen ja hoitoon. *Ahti Rekonen* oli fyysikkona tässä projektissa.

Otaniemen reaktorin neutronivuota käytetään Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) -hoidossa. Sairaalafysikoista *Sauli Savolainen* on ollut laajan tutkimusryhmän primus motor. Menetelmällä on saatu hyviä hoitotuloksia varsinkin aivokasvainten terapiassa.

## Sairaalafysikoiden järjestötoiminta

Vuonna 1964 kokoontui *Aaro Ryttilän* kutsumana kymmenen sairaalafysikkoa keskustelemaan sairaalafysikkoliittymän perustamisesta. Tässä kokouksessa perustettiin sairaalafysikkojaosto. Se hyväksyttiin Suomen Matemaatikko- ja Fysikkoliiton (SMFL) jaostoksi 26.4.1965. Jaoston ensimmäisenä puheenjohtajana toimi *Aaro Ryttilä*. Puheenjohtaja vaihtui miltei vuosittain, joten valtaosa sairaalafysikoista on toiminut tässä tehtävässä. Toiminta oli vahvasti kiinni puheenjohtajan aktiivisuudesta. Vuonna 1986 tapahtui irtaantuminen SMFL:stä, kun jaoston toimintaa jatkamaan perustettiin Sairaalafysikot ry. Toiminta on ollut vahvasti ammatillista edunvalvontaa, mutta siihen on liittynyt myös pätevyyskysymyksiä ja ammatillista koulutusta. Sairaalafysikot osallistuivat vuonna 1984 AKAVA:n sairaalalakkoon. Lakon tuloksena saavutettiin 1–2:n palkkaluokan korotus. Osa sairaalafysikoista on toiminut LFTY:n biofysiikan jaostossa.

Kansainvälisiä tieteellisiä yhteyksiä International Organisation of Medical Physics (IOMP) -kattojärjestöön on hoidettu LFTY:n kautta. Ammatillisesti sairaalafysikoilla on suorat yhteydet EFOMP:iin (European Federation Of Medical Physics). Pohjoismaisia lääketieteellisen fysiikan kongresseja on Suomessa järjestetty 1966 Hangossa, 1980

Nilsissä ja 1990 Jyväskylässä puheenjohtajinaan *Erik Spring, Lauri Patomäki ja Peter Holmberg*. Nykyään pohjoismainen yhteistyö on lähes täysin sammunut.

Sairaala fyysikot ovat olleet LFTY:n lisäksi aktiivisina useissa lääketieteellisissä yhdistyksissä. Tärkeimmät näistä ovat Suomen Radiologiyhdistys, Suomen Onkologiyhdistys, Kliinisen Fysiologian yhdistys ja Lääketieteellisen Radioisotooppiyhdistys. *Kalevi Kiviniitty* oli Radiologiyhdistyksen pitkäaikainen puheenjohtaja. Isotooppiyhdistyksen puheenjohtajina sairaalafyysikoista ovat toimineet *Esko Riihimäki, Erkki Vauramo, Ahti Rekonen ja Jyrki Kuikka*. Kansainvälisesti merkittävin asema oli *Erkki Vauramolla* European Nuclear Medicine Society'n (ENMS) puheenjohtajana.

Lähes 50 vuoden ajan minulla on ollut näköalat suomalaisen sairaalafysiikkaan. 70-luvun puoleenväliin saakka kehitys sekä menetelmien että laitteiden kohdalla oli rauhallista sopeutumista sairaalaelämään sädehoidossa ja isotooppilääketieteessä. 70-luvun puolivälistä alkoi jyrkkien muutosten kausi. Tietokonetekniikka teki vahvasti tuloaan ja tietokonetomografia alkoi perusteellisesti muuttaa lääketieteellistä kuvantamista. Näiden yhdistelmä mullisti varsinkin sädehoidon annossuunnittelun, mutta laajemminkin toi mukanaan Computer Assisted Radiation Therapy (CART) -ajattelun. Gammakuvaus siirtyi poikkileikkaukseen ja kokonaisuudessaan digitalisoitui. Magneettikuvaus oli täysin ennakoimaton kuvausmuoto, joka sekä laitteiston että menetelmien osalta vaati fyysikaalista asiantuntemusta. 90-luvulta lähtien EU-pohjaiset säteilyturvallisuusmääräykset edellyttivät lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta ja näin edelleen vahvistivat sairaalafysiikan asemaa. Kaikki nämä muutokset ovat edellyttäneet sekä vahvaa ammattikoulutusta että omakohtaista opiskelua. Pioneerijan fyysikot ovat eläköityneet, eläköityvät tai siirtyvät korkeampiin virka-asemiin. Näin tuoreet fyysikkosukupolvet ovat kohtaamassa uusia, usein ennakoimattomia, muutoksia työtehtävissään.

## TAMPERE – GROWTH OF BIOMEDICAL ENGINEERING EDUCATION AND RESEARCH

Jaakko Malmivuo

Professor, Tampere University of Technology

### Beginning of Biomedical Engineering at Tampere University of Technology

Tampere University of Technology (TUT) started as a subsidiary to Helsinki University of Technology in 1965. Due to his interest in Biomedical Engineering, Rector *Pekka Ahonen* was active in establishing the chair of Associate Professor of Bioelectronics (Bioelektroniikka) for the Department of Electrical Engineering, Institute of Electronics. *Jaakko Malmivuo* was appointed to this post in August 1976. At that time his research group formed the Laboratory of Biomedical Engineering.

The position of Associate Professor in Bioelectronics was upgraded to full Professor in 1985. The Laboratory of Biomedical Engineering reached its independent position in 1987 when the Institute of Biomedical Engineering was established.

### Establishing the Research Centers Hermia and BERC

#### Hermia

The essential part of the activities of a university of technology is research co-operation with industry and other research partners. During the 1970's when Tampere University of Technology was a young university, these research co-operation activities were, of course, not well developed.

To activate the relationships with industry and, especially, to take an active role in creating new high technology industry in the Tampere region, in 1980 *Jaakko Malmivuo* made an initiative to Rector *Osmo Hassi* for establishing a research center for this purpose. This initiative did not yet lead to a concrete resolution.

The Society of Students of Technology of Tampere University of Technology and Students of Economics of University of Tampere, called EKODI, organized in 28.1.1981 a seminar at TUT on research and development. In this seminar *Jaakko Malmivuo* introduced this initiative publicly. This led to establishing a committee to plan the founding of a research center. As an outcome of this work came a detailed plan to build Hermia research center. The idea of Hermia was to start research in co-operation with industry in high technology, especially in electronics and computer science.

Now the Science Park Hermia includes 11 research buildings and there are located 160 enterprises which employ 4000 persons. Biomedical Engineering research at TUT led to many spin-off companies which started their operation at Hermia. For instance the

companies which developed and manufactured biodegradable implants like screws and nails for fixing broken bones. These implants slowly disappear by diluting thus making the second surgical operation for their removal unnecessary.

### **Biomedical Engineering Research Center, BEREC**

Biomedical engineering research is made in close co-operation between universities of technology and medical faculties and hospitals. Tampere University of Technology is located some 7 km distance from Tampere University Hospital and the Faculty of Medicine. However, this distance, taking less than a quarter of an hour by car, was a barrier that created difficulties in the practical co-operation between the partners: The medical doctors had to change their working clothes before traveling to the University of Technology and the engineers did not have an office in the hospital area to facilitate their work there.

Therefore in the early 1980's *Jaakko Malmivuo* initiated the discussion on establishing a research center on biomedical engineering in connection with the Tampere University Hospital. One of the first discussions on this issue was made during a lunch in the Tampere City Hall hosted by the Lord Mayor, *Pekka Paavola* on 14.2.1984. This discussion was, in addition to the aforementioned, participated by the director of Tampere University Hospital, Docent *Heimo Holli* and Professor of neurophysiology *Harry Frey*. This project proceeded under the name MEDITEK and it was first discussed at the council of the Tampere University Hospital on 13.10.1989. A detailed plan of this project was finished on 15.5.1991. In this it was planned that a research building including the 5 storey complex Finn-Medi should be built in connection with the Tampere University Hospital. The building should include medical laboratories for the hospital and a research area which should be shared by the Institute of Biomedical Engineering of TUT, Medical Engineering Laboratory of the State Technical Research Centre VTT and Tampere University Hospital. It was also planned that biomedical engineering industry shall be located in the building.

Thereafter followed the economic recession in Finland which seriously hindered the realization of the project. During this time the Foundation of Health Care Technology, which was close to the VTT, was discontinued. The Faculty of Medicine of University of Tampere was under the threat of discontinuation, but it finally survived. All these unfortunate occasions postponed the Finn-Medi project and finally when it was realized, it was decreased in size. The cornerstone of the building was laid



*Finn-Medi building adjoining Tampere University Hospital. Biomedical Engineering Research Center (BEREC) is in the fourth floor.*



in 29.3.1993 and the topping-out-party was held on 1.2.1994. Part of the Ragnar Granit Institute moved into the building in 1995 and had the opening party in 10.2.1995. Now biomedical engineering has about 500 m<sup>2</sup> research space in the building, and that is about the same size as the Institute's premises in the main campus in Hervanta. This research space in the Finn-Medi building is called Biomedical Engineering Research Center (BERC).

The activities of biomedical engineering are divided between Hervanta and BERC so that the personnel is shared about equally between these premises. All the education takes place in Hervanta, where the TUT students are. Research is made in both premises. The BERC has greatly facilitated and developed the co-operation between TUT and Tampere University Hospital and Medical Faculty. Locating in the hospital building makes it easy for the physicians to come to BERC in research meetings and the biomedical engineering personnel to visit the hospital. A disadvantage in the use of BERC is that the personnel are situated in two separate places, but this problem is greatly improved by modern electronic communication technology. At present in the Science Park Finn-Medi the sixth research building is under construction and these will house 50 enterprises employing some 1000 persons.

## Ragnar Granit Institute

Professor *Ragnar Granit* was born in Helsinki on 30.10.1900. He received his education in medicine at the University of Helsinki and an MD degree from there in 1926. He served as Professor of Physiology at University of Helsinki 1937-1940. In 1940 he was invited to the Nobelinstitute for Neurophysiology, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden. There he served as Professor of Physiology from 1945 to 1967 when he retired. On the same year he received the Nobel Prize in Physiology or Medicine together with *Haldan K. Hartline* and *George Wald* for this work at the Institute of Physiology, University of Helsinki before moving to Sweden. He could not receive the Nobel Prize earlier because, when in office, he was member of the Nobel Committee.

Professor *Ragnar Granit* died on 12.3.1991. After Granit's death notice *Jaakko Malmivuo* was sad to note that he could have drawn attention to him as a Finnish Nobel laureate already during his life time but didn't. Therefore it came to his mind that we could honor the memory of Granit by appointing the research group on bioelectromagnetism at Tampere University of Technology as the Ragnar Granit Institute.

The name Ragnar Granit Institute was adopted in 1992 for the Bioelectromagnetism Research Group. The purpose for using the name of Ragnar Granit Institute was to inform the international scientific community as well as the general audience that Professor *Ragnar Granit* was Finnish Nobel Laureate. This information has steadily increased the knowledge that there are two Nobel Laureates in science in Finland instead of one, *A. I. Virtanen* and *Ragnar Granit*. For instance the dictionaries and other sources of information of notable persons nowadays list Granit as a Finnish or at least as a Finnish-born Nobel laureate. This was not the case before the name of Ragnar Granit Institute.



## Institute Personnel

The scientific personnel of the Institute were strengthened in 1994 when the Institute received the post of Associate Professor in Medical Electronics. *Hannu Eskola* was appointed to this position for a period of 5 years 1995-1999. His main interest in education and research was medical physics. In 2000 Eskola moved to the position of Director of Digital Media Institute (DMI) of Tampere University of Technology. After termination of DMI Eskola returned to the Institute's professor.

*Jari Hyttinen* served as acting Professor of Medical Electronics. In 2001 he was appointed to this position for the period of 5 years. In 2006 he received a tenure. The research group of Professor *Kari Mäkelä* at the Seinäjoki unit of TUT was organizationally connected to the DMI. In the same connection when DMI was discontinued Mäkelä and his group were organizationally moved to the Ragnar Granit Institute.

Many of the scientists, who were educated at the Ragnar Granit Institute, served shorter or longer periods of time as senior scientists at the Institute. *Juha Nousiainen* was appointed to permanent position of Lecturer in 1999. In addition to research on biomagnetism and Internet education he is responsible for the administration of education at the Institute. In 2001 *Jari Viik* was appointed Assistant Professor (yliassistentti). In addition to his responsibility in the administration of education, he is making research in electrocardiology. *Pasi Kauppinen* was appointed to the permanent position of Researcher/Laboratory Engineer in 2003. His research interest being in bioimpedance and EEG. Docent *Ville Jäntti*, MD, was appointed as part time Senior Researcher in 2003. Part of the time he served as neurophysiologist in Tampere University Hospital being an important link to the hospital.



Ragnar Granit Institute personnel visiting Karolinska Institutet in August 2006. In the first row second from right our host Dr. Heikki Teriö.

## Biomedical Engineering Education

The Biomedical Engineering (BME) education given by the Institute is offered for 3rd and 4th years of studies. Because the Institute was in the Department of Electrical Engineering, the education concentrated on Bioelectromagnetism and Medical Electronics. But it covers all the main aspects biomedical engineering, including Medical Physics and Medical Informatics.

The first introductory course, Human Anatomy and Physiology is lectured by physicians from Tampere University Hospital. It raises wide interest throughout TUT and is taken by 150-200 students annually. The number of students in other courses varies from 20-80. This indicates that about 20 students annually take BME as their main subject and about 40 as a subsidiary subject.

### Education in English

In 1992 all the education at the Ragnar Granit Institute was overnight turned to be given in English. The all important motivation for this was to educate the Finnish students to become more international. Accepting international students to the program further strengthened this target.

Ragnar Granit Institute was the first to replace education in Finnish with education in English also for the Finnish students. There had been some university courses in Finland in English but they were intended only for the international students.

The education in English raised considerable interest among the students and the size of the BME classes almost doubled after this decision. Also the teachers were very willing and motivated to use the English language though it needed a lot of additional work in preparing all the educational material in English. Fortunately the textbooks were usually in English, which helped the workload. Ph.D. *Simon Walker* from Imperial College, London, worked at the Institute during 1993-1998. He helped very much in teaching in English and in making English the working language of the Institute.

The first international student to complete the Master of Science degree in English was *Chenguo Zheng* from China. His thesis under the title "Measurement of Triglycerides in Human Serum using the Optimate Automated Fluorometer and Photometer" was completed in 1994.

In 2005, 13 years since the Ragnar Granit Institute started the education in English, the Ministry of Education in Finland launched a call for International Master's Degree Programs in Finnish universities. From TUT altogether six applications were made and four programs were accepted by the Ministry of Education. One was Biomedical Engineering.

The number of international students in Biomedical Engineering increased steadily. For instance, in 2004 we had 2 international students in PhD program, 9 in M.Sc. Program, 11 in non-degree International program and 26 exchange students in shorter visits. The total number of international students in 2004 was 50.

## Academic Degrees

The number of M.Sc. degrees completed at the Institute is about 300. Because all the education was given in English from the beginning of 1990's, from 1993 almost all M.Sc. theses were written in English. To date altogether 17 doctoral degrees have been completed by the students of the Institute. From them 16 were Dr. Tech. and one Ph.D. In addition, three M.D. degrees have been completed in University of Tampere, Faculty of Medicine, where the research work has been done in projects directed by the Ragnar Granit Institute.

From the doctors educated at the Institute, four have been appointed professors, *Hannu Eskola, Jari Hyttinen, Jukka Leikkala and Kari Mäkelä.*

## Survey on the Education

In 1998 *Jari Viik* made a survey on the education given by the Institute. A questionnaire was sent to those persons who had studied at the Institute and who were already working. During the 20 years, 275 students had studied BME courses at the Institute. Part of them had received the M.Sc. degree from the Ragnar Granit Institute, part of them from other institutes at the university. It was important that the target of the questionnaire was to those persons who were already working, because they know better than the students how well the education meets the requirements of the industry, hospitals, research institutes, trade, etc. This also gave a possibility to get information on the placement of the persons in the working life and their career development. In our understanding this was the first survey of its kind in Finland, at least in the universities of technology.

According to the survey results, nine out of ten have found a job within three months of their graduation. About half of the persons had their job in the Tampere region and of the rest, most were located in Helsinki region. About half of the persons had a job, which was related to biomedical engineering. Also the correspondence between the capabilities provided by our M.Sc. education and the skills they required at work were studied. In this comparison it was notable, that although all our education was given in English, the language skills were apparently needed still more. The results also indicated that the persons, in general, received more skills in research and less skills in marketing than they need in their working life. These results were not surprising, because the Institute is research oriented academic department.

## International Graduate School in Biomedical Engineering and Medical Physics

Because there was an apparent need for a joint graduate school in biomedical engineering for the Finnish universities giving BME education, discussions were initiated by the Finnish Society for Medical Physics and Medical Engineering in 2005. The representatives participated in these discussions were from Tampere University of Technology, Helsinki University of Technology, University of Turku, University of Kuopio and University of Oulu. It was accepted that the application to the call of Ministry of Education and Academy of Finland shall be made by the Ragnar Granit Institute under the direction of *Jaakko Malmivuo*. It was decided that the name of the school will be:

International Graduate School in Biomedical Engineering and Medical Physics, iBioMEP ([www.tut.fi/ibiomep.htm](http://www.tut.fi/ibiomep.htm)). Internationality shall be a characteristic feature of the school.

The Ministry of Education decided that the Graduate School shall be established for the period of 1.1.2007-31.12.2011 and that eight Ph.D. student positions will be funded. Though this number is considerable smaller than our application, it is, however, very satisfactory in the beginning of the school. The later enlargement of the school will then be based on its future success.

## Research Activities

### Theory of Bioelectromagnetism

The research at the Ragnar Granit Institute has mainly concentrated on Bioelectromagnetism, i.e., the theory and applications of bioelectric and biomagnetic phenomena. In principle, there are two opposing methods to approach these problems: In the direct method the electric and magnetic fields of the bioelectric sources are calculated. In the reciprocal method, it is virtually fed a unit current to the detector and distribution of the field it generates in the source region is calculated. This latter method is based on the principle of reciprocity introduced by *Hermann von Helmholtz* in 1853. This principle is based the lead field theory formulated by *Richard McFee* and *F. D. Johnston* hundred years later.

Almost all groups working in the area of bioelectric and biomagnetic fields have used the direct method. The only group (in addition to McFee, who discontinued his activities in the 1970s'), which had the principle of reciprocity and the lead field theory as the dominating method, has been the Ragnar Granit Institute. Because many of the fundamental problems of bioelectromagnetism can be solved only, or at least much easier, with the reciprocal method, we have been able to be the first to achieve several fundamental results in bioelectromagnetic research.

*Jaakko Malmivuo* authored with *Robert Plonsey* the book on Bioelectromagnetism. It is the first and only one which consistently uses the principle of reciprocity and lead field theory throughout the book. It was transferred to the Internet in February 2002 ([www.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook](http://www.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook)). It was the first scientific book completely available on the Internet free of charge. The illustrations in the Internet version are improved and most of them are in full color. Because they may be copied free of charge, they are frequently used in other publications and conference presentations by other colleagues working in the field.

The research on modeling the bioelectric and biomagnetic fields started when *Jari Hyttinen* in 1990 spent one year in University of Tasmania, Hobart, Australia funded by the Rotary Grant. In 1994 he defended his thesis "Development of Regional Aimed ECG Leads Especially for Myocardial Ischemia Diagnosis". In 1999 *Pasi Kauppinen* published his thesis on impedance cardiography under the title "Application of Lead Field Theory in the Analysis and Development of Impedance Cardiography". *Päivi Laarne* defended in 2000 her thesis "Implementation of Realistic Conductivity Model for the Head".

## Fundamental Problem of Biomagnetism

In the beginning of biomagnetic research in the 1970's there was a controversy on the independence on the bioelectric and biomagnetic signals. *Robert Plonsey* claimed that they are fully independent but *Stanley Rush* claimed that they are fully interdependent.

This fundamental problem was solved by *Jaakko Malmivuo* as follows: The bioelectric and biomagnetic signals both originate from the bioelectric activity of the source, from the flux and vortex sources, respectively. Though, on the basis of the Helmholtz theorem, the distributions of flux and vortex sources are independent, the signals generated by them are only partially independent. This result was verified with clinical recordings in the doctoral theses of *Juha Nousiainen* in 1991 and *Sakari Oja* in 1993.

## Electrocardiography

In the early 1980's we started a project jointly with Tampere University Hospital to improve the diagnosis of ischemic heart disease with ECG. This was based on the analysis of the ST-segment changes as a function of heart rate (HR). At the Institute there were prepared two doctoral theses on this subject. The first one was the thesis of *Harri Sievänen*, "Development and Evaluation of the Multivariate ST/HR Analysis for the Assessment of Myocardial Ischemia" in 1991. It was followed in 1997 by the thesis of *Rami Lehtinen*, "Improved Detection of Coronary Artery Disease by Computerized ST Segment Depression/Heart Rate Analysis of the Exercise Electrocardiogram".

The properties of ECG leads were studied with statistical analysis and modeling methods in several doctoral studies, e.g., in the aforementioned thesis of *Jari Hyttinen*. In 2000 *Jari Viik* defended his thesis "Diagnostic Properties of Exercise Electrocardiographic Leads in the Detection of Coronary Artery Disease". In 2002 *Noriyuki Takano* from Tokyo, Japan defended his thesis "Reduction of ECG Leads and Equivalent Sources Using Orthogonalization and Clustering Techniques".

## Magnetocardiography

Because *Jaakko Malmivuo* entered into the research on magnetocardiography already in the early 1970s' and continued this research at Stanford University during 1974-1976, biomagnetism was the main topic of research in the beginning of the Laboratory of Biomedical Engineering.

The bioelectric activity of the heart is associated with magnetic field, which detects the bioelectric activity in a different aspect. Due to the basic laws of electromagnetism, this signal is very weak, about a millionth of the



Recording fetal MCG in the magnetically shielded room.



earth's static magnetic field. Therefore the measurement of magnetocardiogram (MCG) has to be made with extremely sensitive instruments in a magnetically shielded room. To the Laboratory on Biomedical Engineering it was in 1979 constructed the first magnetically shielded room in the Nordic Countries. It was a cube with dimension 2 m and thickness of 5 cm made from pure aluminium.

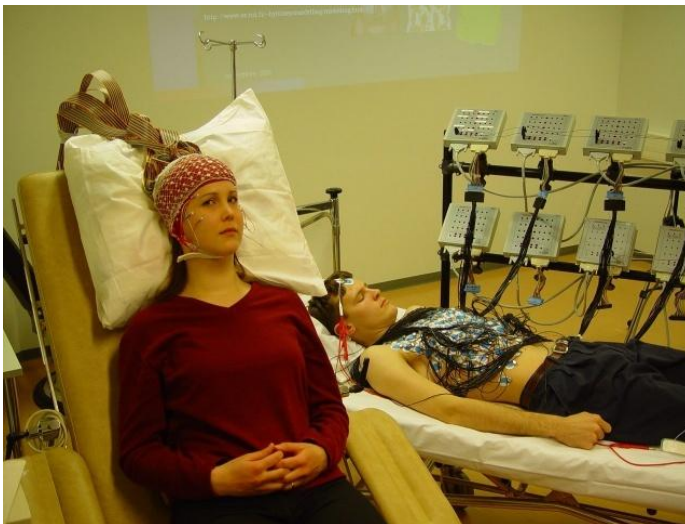
*Hannu Eskola* made in 1983 the first doctoral thesis in the Institute. It was in the area of biomagnetism and entitled "On the Properties of Vector Magnetocardiographic Leads". *Jukka Leikkala* published in 1984 his thesis "On the Design and Properties of a Magnetocardiographic Instrumentation".

MCG was recorded in the shielded room from a total of more than 1000 persons, consisting both normal healthy persons and patients with different cardiac disorders. One interesting group was policemen from the Tampere Police Department. We had a personal contact with the Chief Police Officer of Tampere and asked him whether the policemen would like to serve as volunteers. This was successful proposal because it gave a very good source of middle-aged, healthy volunteers for our reference base in magnetocardiography. *Juha Nousiainen* defended his Doctoral Thesis on "Behavior of the Vector Magnetocardiogram in Normal Subjects and in some Abnormal Cases" in 1991.

We also made a clinical study of 313 persons including normal healthy subjects, patients with inferior myocardial infarction (IMI) and patients with anterior myocardial infarction (AMI). When differentiating normals and IMI the ECG gave about 90% correct classification. Similarly, the MCG alone gave about the same 90% correct classification. But when combining these methods, i.e., when measuring the dipolar electric and magnetic components of the cardiac source, the classification rate was 95%. This improvement was statistically significant. These results were included in the MD Thesis of *Sakari Oja*, "Vector Magnetocardiogram in Myocardial Disorders" in 1993.

In brief, magnetocardiography is about as good in cardiac diagnosis as the electrocardiography. But when combining these methods, the number of incorrectly diagnosed patients may be decreased to one half.

### Electro- and Magnetoencephalography



*High resolution 256-channel EEG-recorder may be also used for ECG mapping.*

In the beginning of biomagnetic research it was also believed that because the skull has high electric resistivity and therefore impedes the measurement of the electroencephalogram (EEG) but on the contrary, it is "transparent" to magnetic field, the magnetoencephalogram (MEG) should measure the electric activity of the brain more accurately. We calculated the spatial resolution of EEG and MEG and also to our surprise, we found that despite of the high

resistivity of the skull, the EEG is more accurate than the MEG. In addition, *Outi Väisänen* in her theses "Multichannel EEG Methods to Improve the Spatial Resolution of Cortical Potential Distribution and the Signal Quality of Deep Brain Sources" in 2008 found out that with EEG it is possible to detect the sources located deep in the brain much better than believed earlier. Especially, the sensitivity of EEG to deep sources is dramatically better than that of MEG.

In 2001 the Institute received the 256 channel EEG/ECG recording instrumentation. It represented the state of the art in its field. At that time such instruments existed only in two other sites in the world.

## Neurology

*Kari Mäkelä* defended in 1996 his thesis "Quantification and Calibration of Clinical Neurophysiological Studies of the Visual System". His doctoral degree was Doctor of Philosophy. In 1999 *Tomi Heinonen* defended his thesis "Applications of Magnetic Resonance Image Segmentation in Neurology" which was based on modeling the anatomy of the body. *Ilpo Rimpiläinen* defended in 1994 in the Faculty of Medicine, University of Tampere his M.D. thesis "Magnetic Stimulation of Facial Nerve". The research work was done in and funded by the Ragnar Granit Institute.

## European Projects

Ragnar Granit Institute has also actively participated in research in European projects. In 2002 *Jaakko Malmivuo* joined the European project DASPTOOL, where new digital signal processing methods were applied to impedance measurement.

Education and research are the two central areas of universities. At the Ragnar Granit Institute we have also made research on education. This includes the European project EVICAB - European Virtual Campus on Biomedical Engineering ([www.evicab.eu](http://www.evicab.eu)). EVICAB is a platform which offers a high quality educational program on Biomedical Engineering for students in the European Union and worldwide.

EVICAB includes lecturing courses given by the best international scientific and pedagogical experts in this field. The courses are recognized by European universities. The courses include e.g.,

- video lectures with a small video screen of the lecturer and a large screen of the slides
- simultaneous presentation of the textbook material
- additional lecture slides
- exercises
- Internet examination
- video files to be downloaded for iPod and may be also viewed by Cinemizer
- video files to be downloaded for Media Phones

All this is available free of charge.

**Transmembrane ion flux at resting state**

IN MEMBRANE OUT

Metabolic energy

Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> PUMP

0 mV  $\phi_o$

Active efflux

Passive influx

Metabolic energy

Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> PUMP

Active efflux

Passive influx

Metabolic energy

Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> PUMP

Active efflux

Passive influx

Membrane potential at resting state

Na<sup>+</sup> FLUXES

K<sup>+</sup> FLUXES

Cl<sup>-</sup> FLUXES

$V_m = -65 \text{ mV}$

$V_m = -101 \text{ mV}$

$V_m = -101 \text{ mV}$

$V_m = -80 \text{ mV}$

$V_m = -80 \text{ mV}$

Subthreshold membrane phenomena

Nernst equation

Goldman-Hodgkin-Katz equation

Transmembrane ion flux

Example of a video lecture on the Internet in the EVICAB portal.

## International Congresses and Symposia

In 1990's The Nordic Congresses on Biomedical Engineering did not attract too many participants. Apparently, because the number of congresses in this field was quite large. The Baltic countries had regained their independence in the early 1990's and they had a great need for developing biomedical engineering and getting contacts to the colleagues and research groups all around the world. In this situation Malmivuo developed the idea of enlarging the Nordic Congress to Nordic-Baltic Congress.

The joint 10<sup>th</sup> Nordic Baltic Conference on Biomedical Engineering & 1<sup>st</sup> International Conference on Bioelectromagnetism was arranged in the new Tampere Hall in June 1996. *Jaakko Malmivuo* served as President and *Hannu Eskola* as chairman of the organizing committee. The congresses were attended by more than 400 active participants from 36 countries including Europe, North and South America, Asia and Australia. There were a total of 350 scientific contributions of which 236 were oral presentations given in eight parallel sessions. The number of organized sessions was 19 including 74 invited papers. Of the papers 113 originated from the Nordic Countries and 35 from the Baltic states. In addition to these the Conferences included 13 high quality State of the Art lectures. Among them was a presentation given by the Nobel Laureate professor *Ivar Giaever*.

The conference was followed by a satellite symposium in Tallinn. This prepared the 11<sup>th</sup> NBC which was held in Tallinn in 1999. The strength of the idea of Nordic-Baltic Conference has been later proved with the continuation of this series.

Because Malmivuo had established the discipline of Bioelectromagnetism and it has been the main topic of research and education of the Ragnar Granit Institute, we got the idea to organize the 1<sup>st</sup> International Congress of Bioelectromagnetism in connection to the Nordic-Baltic Congress on Biomedical Engineering. The strength of the idea of International Conference of Bioelectromagnetism has been later proved with the continuation of this series. The 2<sup>nd</sup> ICBEM was arranged in Melbourne in February 1998 and the latest 6<sup>th</sup> in Aizu-Wakamatsu City in October 2007.

Electrocardiography has been important research field in over 20 decades. As the Council member of the International Society of Electrocardiology Malmivuo made the initiative in



2001 to arrange the Society's Congress in Helsinki. It was accepted that the XXX International Congress on Electrocardiology was organized by the Ragnar Granit

Foundation jointly with the Ragnar Granit Institute, Finnish Cardiac Society, Finnish Society for Medical Physics and Medical Engineering, Ministry of Social Affairs and Health and the International Society for Bioelectromagnetism in Helsinki June 2003. *Jaakko Malmivuo* served as President of the Congress and *Jari Viik* as Chairman of the Organizing Committee. Doc., M.D. *Markku Mäkijärvi*, represented the Finnish Cardiac Society in the Scientific Committee. The congress venue was the House of Estates in the heart of the monumental center of Helsinki. The congress was participated by more than 200 active participants from 30 countries from all over the world.



*Opening ceremony of the XXX International Congress on Electrocardiology in the Auditorium of University of Helsinki in June 2003.*

After the congress the Midnight Sun Symposium was organized in Saariselkä, Lapland. Its scientific program was arranged by Professor, M.D. *Heikki Huikuri* and Doc., M.D. *Pekka Raatikainen*. The Symposium was participated by about 60 participants. Finland is one of the very few places in the world where it is possible to arrange a scientific conference in the presence of the midnight sun. The accompanying persons had an opportunity to experience real gold panning.

Ragnar Granit Institute has arranged jointly with the Ragnar Granit Foundation nine international symposia under the name Ragnar Granit Symposium. The purpose of these symposia has been to support the education and research of the Institute. The first was arranged in 1992 in Tampere under the title "Electrical and Magnetic Stimulation of Motor Nervous System". One of the symposia was arranged in 1997 in Chicago and two

of them in Helsinki. The ninth symposium was the 30 years' anniversary symposium arranged at Tampere in November 2006.

## National and International Societies

The Finnish Society for Medical Physics and Biomedical Engineering was established in 1968. The personnel of the Ragnar Granit Institute have been in central role in the administration and operation of the Society:

President:	<i>Jaakko Malmivuo</i>	1987 - 1989
	<i>Jari Hyttinen</i>	2001 - 2003
Vice President:	<i>Hannu Eskola</i>	1999 - 2001
Secretary:	<i>Juha Nousiainen</i>	1984 - 1989
	<i>Jari Hyttinen</i>	1992 - 1997
	<i>Jari Viik</i>	2001 - 2006
Treasurer:	<i>Hannu Eskola</i>	1988 - 1993
Member of Board:	<i>Jaakko Malmivuo</i>	1979 - 1986, 1990 - 1995
	<i>Jari Hyttinen</i>	1998 - 2000, 2005 - 2008
	<i>Hannu Eskola</i>	2001 - 2005
	<i>Jari Viik</i>	2007 -

The Society has played an important role in developing the disciplines of Biomedical Engineering and Medical Physics in Finland. It has been active in introducing these disciplines to students and young scientists. It also had a central role in creating international contacts, for instance in organizing the World Congress in Espoo in 1985 and in starting the series of Nordic Congresses in 1970 in Espoo.

In connection to the 1<sup>st</sup> International Congress of Bioelectromagnetism in June 1996 *Jaakko Malmivuo* made the initiative to establish the International Society for Bioelectromagnetism ([www.isbem.org](http://www.isbem.org)). It is the purpose of the society to facilitate the dissemination of new knowledge in bioelectromagnetism, to encourage new research in bioelectromagnetism, to sponsor International Congresses on Bioelectromagnetism and to assist with satellite meetings related to bioelectromagnetism.

Ragnar Granit Institute has had a central role in the administration of the Society. *Jaakko Malmivuo* served as President of the Society for 1996-2000. As secretary have served *Hannu Eskola* 1996-2000, *Pasi Kauppinen* 2000-2006 and *Jari Hyttinen* 2006- . Several persons from the Institute have also been members of the Council.

In connection to the 2nd ICBEM in Melbourne in February 1998 *Malmivuo* made the initiative for establishing the International Journal of Bioelectromagnetism ([www.ijbem.org](http://www.ijbem.org)). The idea was that the journal should be primarily published on the Internet and be available free of charge. The first issue was published in May 1999 and included the presentations from the 6<sup>th</sup> Ragnar Granit Symposium "EEG Meets MRI".

## Examples on Industrial Developments

The fundamental tasks of universities are education and research. Performing these tasks successfully the universities develop the society in their area. In addition to education and research it is nowadays assumed that it is not enough to educate competent engineers to work at industry and develop new products based on the new theoretical results obtained in the university research. It is expected, especially from universities of technology, that the university research immediately also leads to new industrial products, in its most desirable form to new spin-off companies.

In late 1970's we started co-operation with Dr. *Gerhard Baer* of Tampere University Hospital and Prof. *Harry Frey* of University of Tampere in developing implantable nerve stimulators. *Pasi Talonen* made his diploma thesis on this topic in 1979. The main application area of the stimulators was the phrenic nerve of tetraplegic patients. The other application was a patient with paralysis in the foot rising muscle which considerably hindered his walking. Installing a nerve stimulator to stimulate the corresponding muscle and which was triggered with a switch under the heel considerably helped the patient's walking. On the basis of this research a company named Athrotech was established to Tampere.



*Pasi Talonen testing the phrenic nerve stimulator prototype with a dog in 1979.*

As mentioned before, at the Institute we have developed the ST/HR analysis method, ST/HR Hysteresis, for diagnosing the ischemic heart disease during the exercise ECG test. In this method the ST-segment deviation in the ECG during the exercise test is analyzed as a function of the heart rate. This program is added as an option to the GE Healthcare ECG recorder. Recently similar ST/HR methods have also been implemented by other manufacturers in their ECG analyzers.

The mission of the Ragnar Granit Institute: "To educate M.Sc. and Ph.D. to international tasks, to perform basic research on a high international level, to promote the health care and industry and to develop the information society in biomedical engineering and bioelectromagnetism" has been the guidelines of the Institute for 30 years. During this time Tampere University of Technology has developed into the leading university in Biomedical Engineering in Finland and the Nordic Countries and is one of the leading universities in this discipline in the world. From this situation it is good to develop biomedical engineering and bioelectromagnetism further.

## TEKNILLISESTÄ FYSIIKASTA LÄÄKETIETEELLISEN TEKNIIKAN AALLON HARJALLE

Risto Ilmoniemi  
Professori, Teknillinen korkeakoulu

On mielenkiintoista pohtia lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen roolia Teknillisen korkeakoulun, Taideteollinen korkeakoulun ja Kauppakorkeakoulun yhdistyessä Aalto-yliopistoksi vuonna 2009. Mikä on alan merkitys pyrittäessä edistämään huippu-tutkimusta ja opetusta, kehittämään terveysteknologiaa ja luomaan korkeaan osaamiseen perustuvaa uutta liiketoimintaa? Mitkä ovat toiminnan historialliset juuret ja tärkeimmät saavutetut tulokset? Mihin nyt pitäisi panostaa?

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan lääketieteellistä tekniikkaa erityisesti TKK:n Teknillisen fysiikan toimialan ja entisen Lääketieteellisen tekniikan laboratorion kannalta. Eräät muut tärkeät kehityspolut jäävät siten korkeintaan maininnan tai juhlakirjan muiden lukujen varaan. Myöskään tekniikan tieteellisiä tai kliinisiä sovellutuksia ei tässä kirjoituksessa yksityiskohtaisesti käsitellä.

Teknillisen fysiikan koulutus käynnistettiin TKK:lla toisen maailmansodan jälkeen: ajateltiin, että vahvan fysiikan ja matematiikan osaajat toisivat uusia tutkimussuuntia ja teollisuuden aloja maahamme. Tällaisia aloja TKK:lla olivat ydinfysiikka, tietokone- ja tietotekniikka sekä nyt tarkasteltava lääketieteellinen tekniikka, joka vakiintui korkeakoulun tutkimusalaksi 1970-luvun alkupuolella *Toivo Katilan* johtaman työn pohjalta. Noista ajoista alan tutkimustoiminta ja opetus laajenivat merkittävästi, mutta itsenäinen Lääketieteellisen tekniikan laboratorio perustettiin vasta vuonna 1988.

TKK:ssa lääketieteellisen tekniikan tutkimuskohteiksi muodostuivat 1970-luvulta alkaen bioelektromagnetismi, erityisesti magneto- ja elektrokardiografia (MKG ja EKG) sekä magneto- ja elektroencefalografia (MEG ja EEG), 1980-luvulta alkaen magneettikuvaus (MRI) ja kuvankäsittely ja 1990-luvulta alkaen transkraniaalinen magneettistimulaatio (TMS) ja lähi-infrapunaspektroskopia (NIRS). Vuosituhannen vaihtumisen jälkeen painopiste on siirtynyt yhä enemmän eri menetelmien soveltamiseen ja optimoimiseen tieteellisiin ja kliinisiin tarkoituksiin sekä eri tekniikoiden yhdistämiseen (mm. TMS–EEG, MEG–MRI ja NIRS–EEG) uusia suuntauksia edustavat mm. monitieteinen bioinformaatioteknologia (bioIT) ja laskennallinen lääketiede.

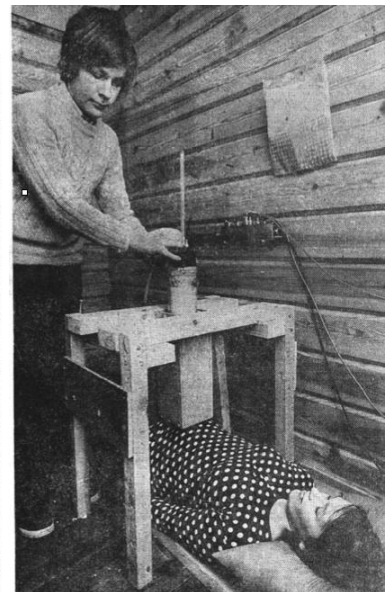
Ensi vuosikymmenen haasteita terveysteknologialle ovat väestön ikääntyminen ja sen myötä työikäisen väestönosan pieneneminen. Tämä aiheuttaa tarvetta kehittää työtä säästäviä ja kustannustehokkaita laitteita ja menetelmiä, joilla sairaudet voidaan havaita jo varhaisessa vaiheessa. Mittaustekniikan ja signaalinkäsittelyn lisäksi merkittävään rooliin ovat nousemassa laskennalliset menetelmät, joilla voidaan arvioida mittausten ja mm. geneettisen tiedon perusteella yksilön sairastumisriskiä ja ennustetta sekä paljastaa



laajoista populaatiotason tietokannoista merkittävää lääketieteellistä ja epidemiologista tietoa lääkäreiden ja terveysviranomaisten käyttöön. Tätä kehitystä tukee Lääketieteellisen tekniikan ja Laskennallisen tekniikan laboratorioden fuusioituminen Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitokseksi 1.1.2008. Yksiköt muuttavat yhteisiin, entisen Teknillisen fysiikan osaston tiloihin syksyllä 2009.

## Tutkimustyön alku

TKK:n Lääketieteellisen tekniikan laboratorioon ja opetukseen johtanut toiminta sai alkunsa 1970-luvun alkupuolella Teknillisen fysiikan osastolla, jonka Kylmälaboratoriossa matalien lämpötilojen fysiikasta prof. *Olli V. Lounasmaan* ohjauksella väitöskirjansa tehnyt *Toivo Katila* oppilaineen (mm. *Antti Ahonen* ja *Pekka Karp*) rakensi Euroopan ensimmäisen suprajohtavan SQUID-magnetometrini ja ryhtyi käyttämään sitä biosähköisten virtojen mittaamiseen. Mitään ei tarvinnut kiinnittää koehenkilöön tai potilaaseen, kun tutkimuksessa mitattiin biosähkövirtojen kehon ulkopuolelle synnyttämiä magneettikenttiä. Tutkimusryhmä ymmärsi hyvin, että hermo- tai lihastoiminnan synnyttämät ns. primäärivirrat aiheuttivat ympäröivään kudokseen myös kehon johtavuusjakaumasta riippuvia tilavuusvirtoja ja että mitattu kenttä oli summa primäärivirroista ja tilavuusvirroista. Ryhdyttiinkin tutkimaan, miten magneettikentät olisi tulkittava, eli miten mittaustuloksista voidaan päätellä primäärivirrat synnyttävien ilmiöiden paikat ja voimakkuudet. Tehtävä on osoittautunut vaikeaksi kahdesta syystä: myös sivutuotteena syntyvät tilavuusvirrat aiheuttavat merkittävän magneettikentän, ja vaikka kentälaskut hallittaisiinkin täydellisesti, ratkaisu on monikäsitteinen. Signaalit antavat kuitenkin hyödyllistä tietoa, joten tutkimusta jatkettiin, ja jatketaan edelleen. Tämä pioneerityö on johtanut mittaviin seurausvaikutuksiin, kuten jäljempänä käy ilmi.



*Ensimmäiset biomagnetismitutkimukset suoritettiin 1970-luvun alkupuolella puumökissä kaukana häiriöitä aiheuttavista sähkölaitteista. Vasemmalla: TKK:n tutkimusryhmä oli vielä varsin pieni: assistentti Pekka Karp kantaa arvokkaammat instrumentit ja apul. Toivo Katila laukut. Oikealla: Maailman ensimmäinen sikiön magnetokardiogrammin mittausta.*

## Pioneerimittaukset

Ensimmäiset mittaukset tehtiin osin ostetuilla (S.H.E., San Diego, CA), osin itse tehdyillä SQUIDeillä. Erilaisia heikkoja liitoksia ja SQUID-tyyppejä kokeiltiin ja toimintataajuutta nostettiin yhteistyössä L.E.T.I./Grenoblen tutkijoiden kanssa jopa 500 MHz:iin saakka. Tulokset paranivat, mutta niin paranivat myös kaupalliset SQUID-anturit. Myöhemmin 70-luvulla Kylmälaboratoriossa kehitettiin *Gösta Ehnholmin* johdolla omat, tyhjiö-höyrystetyt anturit, jotka Ehnholmin, *Markku Aallon* ja *Robert Gyllingin* perustama Instruments for Technology -yritys (IT) otti kaupalliseen levitykseen. Katilan ryhmä mittasi ensimmäisenä maailmassa sikiön sydämen toiminnan (sikiön magnetokardiogrammi eli MKG, Kariniemi et al. 1974), silmän liikkeiden (magneto-okulogrammi, Karp et al. 1976) sekä verkkokalvon aktiivisuuden (magnetoretinogrammi, Aittoniemi et al. 1978) aiheuttamia kenttiä. Tutkittiin myös sydämen magnetoitumisen aiheuttamia signaaleja ja hitsarien hengittämän rautapölyn aiheuttamaa keuhkokontaminaatiota. Jälkimmäinen sovellutus johti Outokumpu Oy:n kehittämään kaupalliseen prototyyppiin. Pioneerimittaukset tehtiin Otaniemen kärkeen sijoitetussa puurakennuksessa kaukana sähkölinjoista ja laitteista.

Vaikka puumökissä oli mahdollista tehdä mittauksia, kävi pian selväksi, että tarvittiin magneettisesti suojattu huone. Sellainen olisi kuitenkin ollut 1970-luvun tutkimusmäärärahoihin verrattuna erittäin kallis. Ainoastaan rakentamisen yhteydessä voitiin ajatella löytyvän riittäviä määrärahoja suojahuonetta varten. Teknillisen fysiikan osaston rakennuksen laajentamista Otaniemessä alettiin suunnitella 1970-luvun alkupuolella, jolloin suojatun huoneen rakentaminen sisällytettiin uudisrakennusehdotukseen. Suojahuone valmistui VTT:n onnistuneen kehittelytyön tuloksena Kylmälaboratorioon vuonna 1980 (Kelhä et al. 1982).

### Ensimmäiset aivomittaukset MEG:llä

Ihmisaivojen toimintaan liittyvien sähkövirtojen synnyttämiä magneettikenttiä oli mitattu jo vuonna 1968 (*David Cohen*) käyttäen induktiokeloja magnetometreinä magneettisesti suojatussa tilassa. Katilan tutkimusryhmä rekisteröi vuonna 1974 aivojen spontaania magneettista alfa-toimintaa ilman koetilan magneettista suojausta. Tästä rohkaistuneena Katila ja LL *Pekka Saar* ryhtyivät etsimään magneettisia herätevastesignaaleja, jotka syntyvät esim. valo-, ääni- tai tuntoärsykkeistä. Sähköisesti näitä vasteita oli saatu näkyviin keskiarvoistamalla.

Reaaliaikaisissa magneettisissa herätevasteissa näkyi pelkästään kohinaa, ja keskiarvoistuksen jälkeenkin tarvittiin kohtalaista mielikuvitusta vasteen havaitsemiseksi. Niinpä ryhmä luopui ajatuksesta toistaiseksi. Toisaalta 1970-luvun puolesta välistä lähtien muutama ryhmä USA:ssa raportoi onnistuneista magneettisten herätevasteiden mittauksista ja asiaan palattiin, kun LL *Riitta Hari* liittyi Katilan tutkimusryhmään. Vuonna 1979 raportoitiin ensimmäiset kuuloherätevasteet, jotka syntyivät noin sekunnin mittaisen piip-äänien jälkeen. Keskiarvoistetut signaalit olivat erittäin hyvälaatuisia (Hari et al. 1980), ja niistä voitiin päätellä signaalin syntyipaikka aivoissa. Katilan ryhmä tutki varsin aktiivisesti MEG-signaaleja, kunnes Hari siirtyi vuonna 1982 tutkijaksi Kylmälaboratorioon, jossa Lounasmaa oli panostamassa voimakkaasti aivotutkimukseen. Katilan ryhmä (sittemmin Lääketieteellisen tekniikan laboratorio) keskittyi jatkossa magnetokardiografiaan ja muille fysiikan ja lääketieteellisen tekniikan aloille.

## MKG-tutkimus

Magnetokardiografiasta muodostui Lääketieteellisen tekniikan laboratorion vahva laji. Perustan tutkimukselle loi SQUID-magnetometriä kehitystyö, jota tekivät mm. Katilan ryhmän ensimmäiset tohtorit *Pekka Karp* (väitöskirja vuonna 1977) ja *Timo Varpula* (1982). Vuonna 1980 valmistui ensimmäinen kolmekanavainen vektorimagnetometri, jolla voitiin mitata kentän kaikki kolme komponenttia. Vuonna 1982 valmistui kolmepaikkainen gradiometri, jolle raportoitu mittausherkkyyks oli jo sen ajan huippuluokkaa. Varpula oli näiden instrumenttien pääkehittäjä.

Herkkyyden parantaminen jatkui 1980-luvun jälkipuoliskolle mm. mittalaitteiden termistä kohinaa pienentämällä. Samoihin aikoihin kehitettiin Kone Oy:n kanssa myös erityisen herkkä kahdeksankanavainen EKG-laitteisto, jota käytettiin laboratorioon rakennetussa sähköisesti suojatussa huoneessa. Tällainen laitteisto otettiin käyttöön myös Meilahden sairaalan sydäntutkimusyksikköön rakennetussa sähköisesti suojatussa huoneessa.

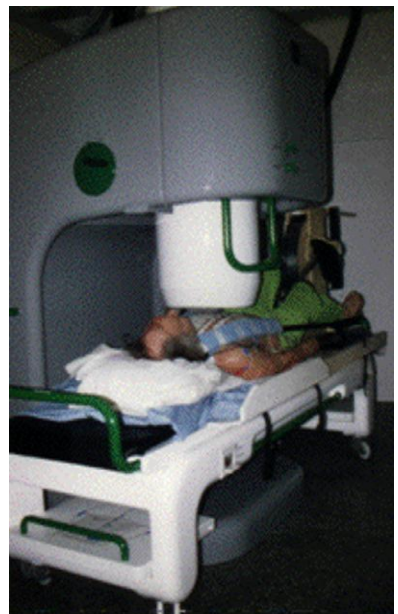
Rakennettujen magneto- että elektrokardiografialaitteiden herkkyydet olivat huippuluokkaa ja kummallakin menetelmällä tehtyjen mittausten signaali-kohinasuhteet samaa tasoa. Mittalaitteita käytettiin mm. äkkikuolemaa aiheuttavia kammiorytmihäiriöitä enteilevien sydänkäyrän hyvin pienten, mutta poikkeavien aaltomuotojen havaitsemiseen. *Juha Montonen* väitteli korkearesoluutiomittauksista ja infarktin läpikäyneiden potilaiden tutkimuksesta vuonna 1997.

Saavutettu herkkyys onnistuttiin säilyttämään myös 1990-luvulla yhteistyöhankkeina kehitetyissä monikanavaisissa kehonpinnan laajasti kattavissa MKG- ja EKG-kartoituslaitteistoissa, joita voidaan käyttää myös samanaikaisesti. EKG-pintakartoituslaitteiston rakentamisen aloittanut Kim Simelius väitteli menetelmän teoriasta ja sovelluksista vuonna 2004.

Poikkiteollisesta tutkimusryhmästä tuli yksi alan johtavista yksiköistä maailmassa ja sillä oli laajat kansainväliset yhteydet, mm. eurooppalaisen BIRCH-hankkeen myötä. Erityisen hedelmällistä tähän päivään saakka on ollut tiivis yhteistyö TTK:n fyysikoiden, matemaatikkojen ja insinöörien sekä HUS:n klinikoiden välillä.

Laittekehityksen ohella on tutkittu sähkömagneettista käänteisongelmaa sekä mallinnettu kehon ja sydämen geometriaa sekä sähköisiä ominaisuuksia ja toimintaa (*Jukka Nenosen* ja *Katja Pesolan* väitöskirjat vuosina 1992 ja 2000, *Matti Stenroosin* väitöskirjan käsikirjoitus 2008). Mallinnusta on tukenut laboratorion kuvankäsittelyryhmän tutkimustoiminta.

Kokeellista työtä varten on kehitetty fantomeita ja otettu käyttöön ei-magneettinen katetri. Kehoa koskemattomien MKG-kartoitusten pohjalta sähköinen toiminta sydämessä paikantui tarkemmin kuin EKG-kartoitusten avulla, mutta menetelmillä on saatu myös toisiaan täydentävää tietoa.



*Neuromag Oy:n valmistama 67-kanavainen MKG-laitteisto HUS:n BioMag-laboratoriossa potilaalle tehtävän rasiuskokeen aikana.*

Tuloksia on sovellettu erityisesti potilastyötä tukevaan erityyppisiä aikuisten ja lasten rytmihäiriöitä aiheuttavien sydämen alueiden ei-invasiiviseen paikantamiseen.

Eteisvärinän MKG- ja EKG-kartoituksiin pohjautuva tutkimus alkoi vuosituhaten vaihteessa. Kehitettävillä menetelmillä pyritään sinus-rytmisissä tehdyistä mittauksista mm. tuottamaan tietoa eteisvärinän sähköfysiologiasta, eteisvärinäalittiudesta sekä eteisvärinän alaryhmistä. Viime aikoina on aloitettu myös värinäaikaisiin mittauksiin perustuva tutkimus.

Iskemiatutkimusta EKG- ja MKG-kartoituksia käyttäen on tehty erityisesti 1990-luvun lopulta alkaen. Rasituskokeita varten rakennettiin ei-magneettinen poljinlaitteisto makuulla olevien potilaiden testeihin (*Panu Takalan* väitöskirja 2001). Tutkimuksessa on erityisesti kehitetty uusia menetelmiä sekä havaita että paikantaa iskemia, minkä lisäksi pyritään myös iskemian laajuuden ja palautuvuuden arviointiin.

Sydäntutkimuksen keskeisiä aihepiirejä ovat lisäksi olleet mm. sydämen fysiologian tutkimus sekä periytyvän pitkä-QT-oireyhtymän sähköfysiologia ja tunnusomaiset piirteet. Yhteistyökumppaneina sairaalassa ovat olleet mm. prof. *Pentti Siltanen*, prof. *Markku S. Nieminen*, dosentti *Markku Mäkijärvi*, dosentti *Lauri Toivonen*, LT *Helena Hänninen*, LT *Petri Korhonen* ja dosentti *Matti Viitasalo*. Tutkimustuloksia on julkaistu myös useissa lääketieteen väitöskirjoissa.

## Tutkimusasema sairaalaan: BioMag-laboratorio

Kylmälaboratorion suojahuone ei ratkaissut ongelmaa, joka potilasmittauksien kohdalla syntyi. Potilaiden kuljetus Otaniemeen olisi riski siinäkin tapauksessa, että TKK:ssa olisi käytettävissä asialliset potilaiden mittaustilat. Oli selvää, että sairaalaan tarvittiin kunnollinen mittausta paikka. Sellaisen järjestäminen ei kuitenkaan ollut helppoa, eivätkä ensimmäiset yritykset, joita tehtiin jo 1970-luvulta lähtien, tuottaneetkaan tulosta.

*Toivo Katila* ryhtyi Helsingin yliopistollisen keskussairaalan (HYKS) teknillisen johtajan TkT *Pekka Karpin* kanssa systemaattiseen työhön biomagneettisen mittausta paikan (BioMag) saamiseksi HYKS:iin 1990-luvun alussa. Pitkälle kehittyneen teknologian vuoksi aika oli kypsä, mutta työ ei silti ollut helppo. HYKS:n johtaja *Arvo Relander* tuki hanketta tehokkaasti ja onnistui ajan myötä hankkimaan tarvittavat tilat. Helsingin yliopiston ja TKK:n rehtorit *Risto Ihamuotila* ja *Jussi Hyyppä* toimivat myös aktiivisesti: he olivat Helsingin seudun taustaryhmän puheenjohtajat ja hankkeen varauksettomat tukijat.

Vuosien 1993-1994 vaihteessa järjestynyt rahoitus (Tekes, Sitra, OPM/TKK ja OPM/HY) mahdollisti tarvittavien laitteiden hankkimisen. Kotimaisena uutuustuotteena BioMag-laboratorioon valmistui vuonna 1994 Euroshield Oy:n kanssa tehdyn teollistamis-hankkeen tuloksena sairaalakäyttöön suunniteltu suojahuone. Hanke johti siihen, että aiemmin pelkästään sähkösuojattuja huoneita valmistanut Euroshield Oy laajensi alaansa myös magneettiseen suojaukseen. Myöhemmin yritys (nykyisin ETS-Lindgren) rakensi toisen suojahuoneen BioMag-laboratorioon ja korvasi kylmälaboratorion vanhan huoneen uudella. BioMag-laboratorion koko pään MEG-laitteen (1994) ja ainutlaatuisen MKG-laitteen (1995) kehitti ja valmisti Neuromag Oy.

Katila pyysi BioMag-hankkeen vetäjäksi TkT *Risto Ilmoniemeä*, joka työhön ryhtyikin. Helsingin yliopiston ensimmäinen pääkäyttäjä oli akatemiaprofessori *Risto Näätäsen* tutkimusryhmä (aivotutkimus) ja TKK:n Katilan johtama Lääketieteellisen tekniikan



laboratorio (pääosin sydäntutkimusta). HUS:n ensimmäinen pääkäyttäjä oli LT, DI, prof. *Hannu Arosen* tutkimusryhmä. Myös neurologit (mm. prof. *Markku Kaste*), kardiologit (prof. *Markku S. Nieminen*, dosentti *Markku Mäkijärvi* ja dosentti *Lauri Toivonen*) ja muut erikoisasiantuntijat tulivat aktiivisesti tutkimustyöhön mukaan. Heidän lisäksi muita kotimaisia ja ulkomaisia käyttäjiä on ollut runsaasti, mikä näkyy laboratorion julkaisu-luettelosta. BioMagin tieteellisten artikkelien kirjoittajina esiintyy useiden satojen tutkimuksiin osallistuneiden henkilöiden nimet.

Opetusministeri *Olli-Pekka Heinonen* vihki TKK:n, HUS:n ja HY:n yhteisen BioMag-laboratorion käyttöön sen avajaisissa 21.3.1995. Laboratoriossa on tehty lähes 9000 mittausta, mikä on kansainvälisestäikin erittäin korkea lukumäärä. Myös julkaisutoiminta on ollut vilkasta ja korkeatasoista (vuosina 2001–2007 n. 40 julkaisua/vuosi, ISI-tietokannan antamien impact factorien keskiarvo n. 3,6). BioMag-laboratorion tutkimukseen perustuvia väitöskirjoja on tehty 43 ja diplomitoita tai muita maisteritason töitä yli 30 kpl.

BioMag-laboratorion yhteistyö TKK:n Lääketieteellisen tekniikan laboratorion kanssa (bioelektromagnetismi) valittiin vuonna 1997 yhdeksi TKK:n huippuyksiköksi. Molemmat laboratoriot olivat osallisena akatemiaprofessori *Näätäsen* johtamassa Suomen Akatemian huippuyksikössä nimeltä Helsingin aivotutkimuskeskus (Helsinki Brain Research Center, HBRC, 2002–2007).

## MEG- ja MRI-teknologian kehitystyö TKK:ssa

Venäläinen *Viktor Vvedensky* oli rakentanut Kylmälaboratorion ensimmäisen aivomittauksiin soveltuvan magnetometrin vuonna 1979. Vaikka laite toimikin hyvin, kävi pian selväksi, että oli tarve kehittää laitteita, jotka mittaisivat magneettikenttää monesta paikasta yhtä aikaa. Samana vuonna ryhdyttiin tekemään seitsemänkanavaista MEG-laitetta *Risto Ilmoniemen* diplomityönä käyttäen toimintansa päättäneeltä IT-yritykseltä jääneitä ohutkalvo-SQUIDejä ja tarvittavia elektronisia komponentteja. Laitteen uutuutena oli monikanavaisuuden lisäksi Ehnholmin innovatiivinen vuonohjain-ratkaisu. Se valmistui vuonna 1981, mutta johtuen mm. vähäkohinaisten SQUIDien pienestä määrästä, dewarin muotoilusta ja magnetometrien tärinäherkkyydestä laite jäi harjoituskappaleeksi.

Harjoituksesta opiksi otettuaan Ilmoniemi rakensi nelikanavaisen MEG-laitteen vuonna 1983. Vvedensky auttoi oppilaansa *Sergei Chabanovin* kanssa elektroniikan virittämisessä. Laite oli maailman ensimmäinen onnistunut aivokartoitukseen tarkoitettu monikanavainen MEG-laite, joka oli heti valmistuttuaan *Riitta Harin* ja myös *Risto Näätäsen* käytössä. Jatkokehitystyössä keskeisiä henkilöitä olivat *Antti Ahonen*, *Gösta Ehnholm*, *Jari Hällström*, *Matti Hämäläinen*, *Matti Kajola*, *Jukka Knuutila*, *Juha Simola* ja *Visa Viikman*. Onnistunut laitekehittely johti Neuromag Oy:n perustamiseen vuonna 1989. Yritys kehitti kypärämallisen 122-kanavaisen MEG-laitteen prototyypin vuonna 1992. Seitsemän ja 24-kanavaisissa laitteissa sekä 122-kanavaisessa prototyypissä käytettiin yhteistyössä Dr. *Claudia Teschen* kanssa IBM-yhtiön valmistamia DC-SQUIDejä. VTT puolestaan kehitti suomalaiset SQUIDit *Ilkka Sunin* johdolla. Tässä työssä Tkt *Heikki Sepällä* oli keskeinen osuus. BioMag-laboratorioon hankittu 122-kanavainen koko pään laite perustui näihin suomalaisiin antureihin, samoin kuin vuoden 1995 puolella BioMagiin valmistunut 67-kanavainen MKG-laite. Myöhemmin BioMagin laitteisto



*Neuromag Oy:n valmistama 306-kanavainen MEG-laite HUS:n BioMag-laboratoriossa. Koehenkilöä valmistellaan mittausta varten.*

päivitettiin siten, että nyt on käytössä 306-kanavainen MEG-kypärä ja 99-kanavainen MKG-laite, kumpikin omassa suojahuoneessaan.

Kylmälaboratorion lääketieteellisen tekniikan kehitystyö, eräitä erillishankkeita ja tutkimustyötä tukevia ohjelmistonkehityshankkeita lukuunottamatta, siirtyi 1990-luvulla Neuromag Oy:n mukana yrityksen tuotekehitystoiminnaksi. Neuromag Oy joutui vuosituhaten vaihteessa alkuperäisiltä omistajiltaan amerikkalaisen kilpailijansa 4-D Neuroimaging -yrityksen (alunperin edellämainittu SHE, sitten Biomagnetic Technologies, Inc.) haltuun, mutta päätyi onneksi pari vuotta myöhemmin ruotsalaiselle Elektalle. Elekta Neuromag Oy on tätä nykyä alansa teknologia- ja markkinajohtaja työllistäen Suomessa kolmisenkymmentä henkilöä ja merkittävän määrän alihankkijoita. Yritys toimii läheisessä yhteistyössä BioMag-laboratorion, Kylmälaboratorion sekä Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitoksen kanssa.

Neuromag Oy on vuosien mittaan tehnyt lukuisia innovaatioita MEG-mittausten luotettavuuden parantamiseksi. Tällaisia ovat mm. pään liikkeen korjausalgoritmit, tarkkuusfantomit, häiriösignaalien poisprojisointi monikanavasignaaleista (SSS-menetelmä), aktiivinen suojausteknologia sekä mitattujen signaalien suodatus- ja analysointitekniikat.

TKK:lle on kertynyt MRI-osaamista 70-luvun lopulta lähtien. Katila teki laboratoriossaan magneettiresonanssikokeita, Raimo Sepponen kehitti VTT:n organisaatiossa Kylmälaboratorion tiloissa ja myöhemmin Instrumentarium Oy:ssä MRI-teknologiaa ja Heikki Collan suunnitteli ja rakensi 1,5 teslan laitteen MRI-spektroskopiaa varten. Sepposen projektin sekä teknisesti että kaupallisesti merkittävät tulokset päättyivät lopulta

kansainvälisten yritysten haltuun (viimeksi Philips Medical Systems) ja sitä kautta tehokkaaseen levitykseen: Suomessa on valmistettu yli 600 MRI-laitetta. TKK:lla on tätä nykyä 3 teslan GE:n tutkimusmagneetti ja Sepposen tutkimushankkeen perua oleva 0,1 teslan matalakenttälaite. NMR-tekniikka on laajassa käytössä erilaisissa TKK:n tutkimushankkeissa.

TKK:n yhteistyökumppaneidensa kanssa muodostama ainutlaatuinen osaamisprofiili, jossa yhdistyy maailman paras MEG-teknologia, erinomainen MRI-osaaminen, signaalin- ja kuvankäsittely sekä laaja-alainen kokemus alalta, mahdollistaa ryhtymisen kunnianhimoisiin lääketieteellisen tekniikan hankkeisiin. Saatuaan Euroopan komissiolta rahoituksen Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitos käynnisti vuonna 2008 nelivuotisen MEGMRI-hankkeen MEG:n ja ns. matalakenttä-MRI:n yhdistämiseksi. Tämä Ilmoniemen koordinoima hanke perustuu prof. *John Clarken* (Berkeleyyn yliopisto) ja Dr. *Robert Krausin* (Los Alamos National Laboratory) tutkimusryhmien tekemään pioneerityöhön, joka on osoittanut, että on mahdollista tehdä anatomisia MRI-kuvia hyvin matalissa magneetikentissä, mikäli antureina käytetään pienilläkin taajuuksilla hyvin vähäkohinaisia SQUIDejä ja jo aiemmin tunnettua prepolarisaatiotekniikkaa.

MEGMRI-hankkeen tavoitteena on kehittää laite, jolla voidaan samalla kertaa saada pään magneettikuva ja tehdä MEG-mittaus. Onnistuessaan laitteisto parantaa MEG:n paikannustarkkuutta ja -luotettavuutta, sillä aivojen sähköinen toiminta mitataan täsmälleen samoilla antureilla kuin pään rakennekin; koordinaatistot on valmiiksi kohdistettu. Muita SQUID-MRI:n etuja ovat mm. susceptibiliteettiartefaktujen puuttuminen, turvallisuus, äännettömyys ja ratkaisevasti parantunut T1-kontrasti. Projektissa on laitoksemme lisäksi mukana Elekta Neuromag Oy, Aivon Oy, VTT ja BioMag-laboratorio sekä kahdeksan muuta ryhmää Italiasta, Ranskasta, Ruotsista ja Saksasta. Saclayssa toimivan ranskalaisapuolen (Dr. *Claude Fermon*) voimin hankkeessa kehitetään myös vuoden 2007 Nobeliilla palkittua Giant Magnetoresistance (GMR) -sensoria, joka saattaa soveltua jopa SQUIDiä paremmin matalakenttä-MRI-mittauksiin.

## Keuhkoäänet

Hengitysänten kuuntelu stetoskoopilla on vanha ja lääkäreiden yleisesti käyttämä diagnoosimenetelmä. Digitaalisten signaalinkäsittelymenetelmien kehittymisen myötä kävi ilmeiseksi, että tietokonepohjainen käsittely voisi antaa objektiivisempaa ja tarkempaa tietoa kuin subjektiivinen kuuntelu. Myös samantapaisella alueella toimivan puhettunnistuksen tulokset olivat rohkaisevia.

Yhteisessä projektissa prof. *Anssi Sovijärven* (HYKS/HY) tutkimusryhmän kanssa tutkittiin erityyppisten hengitysänten tietokoneanalyysiä ja suoritettiin vertailevia tutkimuksia eri hengityselimien sairauksista kärsivien potilasryhmien ja terveiden verrokkien välillä. Analyyseissä sovellettiin myös itseorganisoituvien karttojen menetelmää ja erityyppisiä digitaalisia algoritmeja tarkoituksena erotella automaattisesti hengityksen lisä-äänten luokat. Tutkimustyön pohjalta kehitettiin mittauslaitteiden prototyyppi Tekesin tuella. Tämän pohjalta perustettu yritys Pulmer Oy konstruoi kaupallisen laitteen, jota on käytetty sekä perustutkimuksessa että mm. työterveyshuollossa.

Hengityssänten tutkimusryhmä osallistui myös EU:n BIOMED1-projektiin nimeltään CORSA. Erityisesti TKT *Panu Helistön* toiminnan ansiosta Suomella oli pitkään merkittävä rooli keuhkoäänten teknisessä tutkimustyössä.

## Lääketieteellinen kuvankäsittely

Tietokoneiden kehitys mahdollisti uuden tutkimusalueen, lääketieteellisen kuvankäsittelyn, syntymisen. Kuvankäsittelyyn liittyvä työ Lääketieteellisen tekniikan laboratoriossa aloitettiin vuonna 1989. Tutkimustyön ohjaajaksi saatiin TKT *Juha Ylä-Jääski*, joka myös luennoi kuvankäsittelyn kursseja. Laboratorio onnistui hankkimaan myös välttämättömät kuvankäsittelytyöasemat. Kuvankäsittelyn painopistealueiksi muodostui varsin nopeasti aivo- ja sydänkuvien käsittely ja analyysi. Ensimmäiset väitökset kuvankäsittelyn alalta ajoittuivat vuosituhatosen vaihteeseen tekijöinä *Hanna Pohjonen* (1998), *Outi Sipilä* (2000) ja *Jyrki Lötjönen* (2000). *Eero Salli* väitteli vuonna 2002 ja *Juha Koikkalainen* vuonna 2006. Tutkimusryhmän nykyisen vetäjän, DI *Mika Pollarin* väitöskirja on viimeistelyvaiheessa.

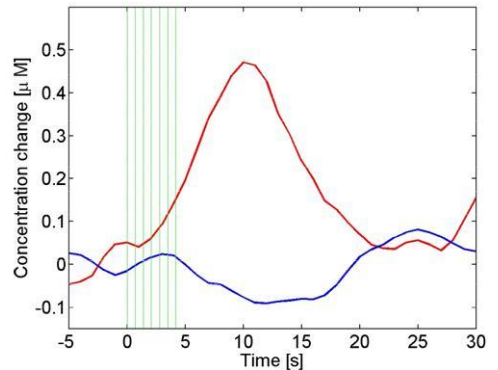
Vuosituhatosen vaihteessa käynnistyi kuvankäsittelyryhmän kiinteä yhteistyö Tekesin ja suomalaisten yritysten (mm. PaloDEx Group Oy, Elekta Neuromag Oy, Nexstim Oy, Turku Imanet Oy, Tieteen tietotekniikan keskus, Boneca Oy ja Varian Medical Systems) kanssa. Vuosien varrella monen yrityksen nimi tai pääomistaja on vaihtunut, mutta yhteistyö Tekes-rahoituksen turvin on jatkunut katkeamatta. Kuvankäsittelyä on tehty myös Helsingin aivotutkimuskeskuksen (Suomen Akatemian huippuyksikkö 2002–2007) hankkeissa ja vuonna 2008 alkaneessa, maksasyövän hoitoon RF-ablaatiolla keskittyvässä, saksalaisen Fraunhofer-instituutin koordinoimassa EU-projektissa IMPACT.

Merkittäviä tutkimusyhteistyötahoja ovat olleet VTT, INSA Lyonin CREATIS-laboratorio ja BioMag-laboratorio. *Toivo Katilan* ja prof. *Isabella Magninin* 90-luvun lopulla aloittama CREATIS-yhteistyö on johtanut tiiviiseen vuorovaikutukseen ryhmien välillä. Esimerkkeinä onnistumisesta ovat mm. *Jyrki Lötjösen* (2000) ja *Timo Mäkelän* (2002) kaksoistutkinnot (TKK ja INSA Lyon) sekä joka toinen vuosi järjestettävä kansainvälinen konferenssisarja Functional Imaging and Modeling of the Heart Workshop (FIMH). Kotimaassa keskeiset tutkimusyhteistyötahot lääketieteellisen kuvankäsittelyn alalla ovat olleet BioMag-laboratorio sekä VTT Tietotekniikka, jonne Lötjönen siirtyi vuonna 2001.

## Lähi-infrapunaspektroskopia

Lähi-infrapunaspektroskooppisten (NIRS) mittausten yleisin käyttö lääketieteessä on ollut veritilavuuden ja veren hapetusasteen määrittäminen. Näissä mittauksissa käytetään hyväksi valon sironna- ja absorptio-ominaisuuksien vaihtelua kudoksissa. On mahdollista myös rakentaa monikanavainen instrumentti, jolla pyrittäisiin kuvaamaan jopa tomografisesti aivoja.

Katila, Helistö ja Ilmoniemi olivat perustamassa Lääketieteellisen tekniikan ja BioMag-laboratorioiden yhteistyönä NIRS-hanketta, joka aloitettiin vuonna 1997 *Petri Lipposen* diplomityöllä. Projektia ovat olleet tukemassa mm. Tekes, Instrumentarium Oy ja Wihurin säätiö. Tavoite oli kuvata funktionaalisesti ihmisaivoja infrapunavalolla. Erityisen kiinnostuksen kohteena olivat anestesian syvyyden mittaus (prof. *Pekka Meriläinen*) ja unitutkimukset (dos. *Tapani Salmi*), lihasmetabolian tutkimus ja optisen kuvan käsittely



Vasemmalla vastasyntyneen herätevastemittaus NIRS-menetelmällä. Oikealla auditiivisen korteksin herätevaste (punainen HbO<sub>2</sub>, sininen HbR) 5 sekuntia kestävään stimulusarjaan.

matemaattisen käänteisen ongelman ratkaisemiseksi. Aiheen matemaattinen käsittely perustui diffuusioyhtälön käyttöön ja mallin linearisointiin. Matemaattisen lisäongelman muodostaa tutkittavan aineen epäisotrooppisuus.

Ensimmäinen prototyyppilaitte oli yksikanavainen. Siinä pyrittiin intensiteetin mittaukseen kahdella aallonpituudella ja myös vaihemittaus oli mukana polunpituuden kvantitoimiseksi. Vähitellen samaa periaatetta käyttävää laitetta parannettiin, kunnes kesällä 1999 sillä saatettiin mitata onnistuneesti herätevasteita visuaaliseen shakki-ruudukkostimuluskseen. Laitte kehitettiin lopulta 16-kanavaiseksi (2002) ja siirrettiin BioMag-laboratorioon. Laitteen tekniikasta, fantomimittauksista sekä 3D-rekonstruktioista julkaistiin useita lehtiartikkeleita (esim. Nissilä, et al. 2005).

Fysiologisissa mittauksissa lähdettiin liikkeelle lihasmittauksista keskittyen sittemmin herätevastemittauksiin. On tutkittu mm. TMS:n aiheuttamaa aivoaktivaatiota mittaamalla hemodynaamisia muutoksia. Vuonna 2001 alettiin suunnitella vastasyntyneiden herätevastemittauksia NIRSillä, ja tämä on osoittautunut hedelmälliseksi tutkimusalueeksi. Vasteissa nähtiin selviä eroja hiljaisen ja aktiivisen unen välillä sekä iän funktiona (Kotilahti et al. 2005). Näiden tulosten jälkeen tehtiin mittausarjoja, joissa pyrittiin selvittämään, onko puheen ja musiikin aiheuttamissa vasteissa eroa ja ovatko vasteet vastasyntyneillä jo lateralisoituneet aivopuoliskojen välillä (TKT *Minna Huotilainen* 1997).

Teoreettisella puolella toteutettiin diffuusioyhtälön ratkaiseva elementtimenetelmään perustuva ohjelmisto. *Jenni Heino* laski ryhmän ensimmäiset rekonstruktiot vuonna 1999 2D-tapauksessa. Myöhemmin tutkittiin käänteisongelman ratkaisua epäisotrooppisessa kudoksessa. Myös Monte Carlo -simulaation perustuva mallinnus oli mukana alusta asti. Sittemmin on keskitytty 3D-mallinnukseen. Tulokset viittaavat siihen, että jopa 5 mm:n paikkaresoluutio on mahdollinen käyttämällä tiheää mittapäamuodostelmaa sekä tarkkaa päänmallia. Teoreettista tutkimusta tehtiin yhteistyössä TKK:n matematiikan laitoksen prof. *Erkki Somersalon* kanssa. Tutkimusryhmä muodosti varhaisessa vaiheessa kestäviksi ja hedelmällisiksi osoittautuneet yhteistyösivut University College Londoniin.

Eräänä tavoitteena on tutkia MEG/ERP-vasteiden ja hemodynaamisten vasteiden suhdetta (ns. neurovaskulaarinen kytkentä) aikuisilla TMS/NIRS/EEG-mittauksin ja



vastasyntyneillä samanaikaisin MEG- ja NIRS-mittauksin. *Ilkka Nissilän* väitöskirja laitteesta ja mittauksista valmistui vuonna 2004 ja *Jenni Heinon* väitöskirja mallintamisesta vuonna 2005.

## Elollisen aineen fysiikkaa

Uusien lääketieteellisen tekniikan sovellusten kehittäminen pohjautuu yhä vahvemmin solu- ja molekyyli-tason fysikaalisten ilmiöiden syvälliseen ymmärtämiseen. Tämän tiedostaen prof. Katila pyrki laajentamaan lääketieteellisen tekniikan laboratorion toimintaa myös solutason biofysiikan tutkimuksen ja opetuksen suuntaan. Tällaisen toiminnan voidaan katsoa alkaneen TKK:lla vuonna 1979, kun yliassistentti *Simo Hemilä* siirtyi Helsingin yliopistolta TKK:n Fysiikan laboratorioon. Hemilän jäätyä eläkkeelle vuonna 1995 Katila käynnisti työn teknillisen fysiikan apulaisprofessorin viran (opetusala elollisen aineen fysiikka) perustamiseksi Lääketieteellisen tekniikan laboratorioon. Tavoite toteutuikin vuonna 1998 ja virkaa hoitamaan määrättiin laboratorioon vuoden 1996 alussa siirtynyt dosentti *Ari Koskelainen*. Haun jälkeen virkaan valittiin dosentti *Juha Voipio* vuonna 1999. Voipiolla oli kuitenkin meneillään Suomen Akatemian vanhemman tutkijan virkakausi ja hän jättäytyi heti virkavapaalle. Virkavapauden aikana Helsingin yliopistoon perustettiin biofysiikan professuuri, johon Voipio kutsuttiin. Virka jouduttiin siis laittamaan uudelleen hakuun keväällä 2003, ja opetusalaksi nimettiin biologinen fysiikka. Tällä kertaa valituksi tuli virkaa sen perustamisesta lähtien hoitanut Koskelainen.

*Ari Koskelainen* on kehittänyt ja laajentanut elollisen aineen fysiikan opetusta ja alan kursseja on nykyisin jo viisi. Koskelaisen tutkimus kohdistuu selkärangan näköaistin ensimmäisen vaiheen molekyyli- ja solutason mekanismeihin, miten fotonien energia muunnetaan sähköiseksi signaaliksi näköaistinsoluissamme ja miten tätä signaalia säädellään. Koskelaisen myötä Lääketieteellisen tekniikan laboratorioon oli siirtynyt osa Helsingin yliopistossa tehdystä työstä Nobelilla palkitun *Ragnar Granitin* käynnistämää pitkää näkö tutkimustraditiota: Prof. *Kai Otto Donner* oli Granitin oppilas, prof. *Tom Reuter* ja *Simo Hemilä* olivat Donnerin oppilaita ja nyt tiivistä tutkimusyhteistyötä tekevät Koskelainen ja Helsingin yliopiston professori *Kristian Donner* olivat puolestaan Hemilän ja Reuterin oppilaita.

## Navigoitu aivostimulaatio: tutkimusta ja yritystoimintaa

Kuvailen yhden lääketieteellisen tekniikan hankkeeni, navigoidun aivostimulaation eli NBS:n, hieman muita aiheita yksityiskohtaisemmin ja henkilökohtaisemmin. Navigoitu aivostimulaatio tarkoittaa transkraniaalista magneettistimulaatiota (TMS), joka suunnataan aivokuoren haluttuun kohtaan tietokoneen ruudulla esitettävän ”kartan” eli potilaan oman aivokuvan avulla. TMS synnyttää hermosolujen kontrolloidun, keinotekoisien aktivaation. Mittaamalla aivojen vastetta EEG:llä tai lihasten sähköistä vastetta EMG:llä saadaan tietoa stimuloitavan alueen toimintakunnosta ja eri alueiden välisistä yhteyksistä vaarattomalla tavalla.

Magneettistimulaatiolle oli saatu patentti ensimmäisen kerran jo 1860-luvulla, mutta varhaisissa kokeissa onnistuttiin stimuloimaan ainoastaan silmän verkkokalvoa: ei ymmärretty, miten voimakkaita magneettikenttiä olisi tarvittu. Vuonna 1984 Vancouverin Biomagnetism-kokouksessa MEG-pioneeri *David Cohen* analysoi

posterissaan TMS:n vaatimia kentänvoimakkuuksia. Hänen suuruusluokka-arvionsa oli oikea, mutta sen verran yläkanttiin, että hän päätti olla yrittämättä koetta. National Magnet Laboratory, jossa Cohen työskenteli, olisi ollut maailman parhaita paikkoja tarvittavien magneettikenttien synnyttämiseen, joten koe olisi ollut helppo. Vähän yli vuotta myöhemmin ensimmäinen onnistunut magneettistimulaatiokoe tehtiin Sheffieldissä (Barker et al. 1985), jossa oli jo aiemmin rakennettu laitteita perifeeristen hermojen magneettistimulaatiota varten. *Tony Barker* käytti kokeissaan manuaalisesti pään ylle kohdistettua suurta kela.

Koska TMS on monessa suhteessa matemaattisesti täsmälleen MEG:lle käänteinen menetelmä, oli välittömästi selvää, että MEG:ssä kehitettyjä ajatuksia paikannuksesta, kelojen muotoilusta ja monikanavaisuudesta voitiin käyttää myös tässä. Tulevaisuuden stimulaattorissa olisi monta kanavaa (kuten MEG:ssä), jotta pulssi voitaisiin fokusoida ja suunnata haluttuun kohteeseen anatomisten kuvien perusteella. Aika ei ollut kuitenkaan kypsä uudelle tekniikalle, joskin pieniä teknisiä edistysaskeleita tehtiin. Asia liikahti eteenpäin vuonna 1991, kun teknillisen fysiikan opiskelija *Jarmo Ruohonen* oli saanut diplomityöpaikan professori *Ferdinando Grandorin* ryhmästä, Milanon teknillisestä korkeakoulusta. Ruohosen alkuperäinen tarkoitus oli osallistua kuulojärjestelmän tutkimuksiin, mutta koska Milanossa jo tutkittiin magneettistimulaatiota, Ilmoniemi ehdotti, että hän ryhtyisi työskentelemään TMS:n parissa. Grandori kiinnostui yhteistyöstä, ja kuultuaan monikanavaideasta hän antoi ymmärtää ajatelleensa samansuuntaisesti, joten päädyttiin yhteiseen patenttihakemukseen. Yksi patenttihakemuksen tarkoituksista oli saada uskottavuutta projektille. Lisäuskottavuutta toi nimenomaan se, että ulkomainen professori oli mukana hakemuksessa. Ilmoniemen siirryttyä HYKS:n BioMag-laboratorioon tehtiin sairaalan teknisen johtajan *Pekka Karpin* tuella onnistunut hakemus Tekesille. Projekti alkoi vuonna 1995. Projektiryhmää ryhtyi valvomaan ja opastamaan Tekesin *Simo Luiro*, jonka neuvot ja kannustus olivat kullan arvoisia. Väitöskirjatyötään tekevistä *Jarmo Ruohosesta* tuli projektipäällikkö. Hän väitteli vuonna 1998 Teknillisen fysiikan osastolla vastaväittäjänään edellämäinnittu *Tony Barker*.

Projektimme nimi oli aluksi ”magstim”, josta luovuimme myöhemmin saatuaamme tietää samannimisen brittiryhtymän (Barkerin ryhmän peruja) olemassaolosta. Ensimmäinen tehtävä oli rakentaa stimulaattori, ja sellainen pian valmistuikin. Monikanavainen stimulaattori suunniteltiin ja sen runko rakennettiin. Kokeet osoittivat, että tarvittavilla pienillä keloilla on mahdollista stimuloida aivoa. Ongelmaksi muodostui kuitenkin monikanavalaitteen kehittämisen ja valmistamisen korkea hinta: jokaiselle kanavalle olisi pitänyt rakentaa oma, varsin raskas tehoelektroniikkansa. Tavoitteesta suunnata stimulaatio anatomisten kuvien perusteella ei kuitenkaan luovuttu. Elektronisen suuntauksen sijasta kokeiltiin kelan siirtelyä robotiikkaa käyttäen, mutta se osoittautui raskaaksi tieksi mm. kelan liikutteluun liittyvien turvallisuusongelmien vuoksi. Ratkaisu jäi tässä vaiheessa avoimeksi.

Tekes rahoitti TMS-projektia neljän vuoden ajan, ja opinnäytetöitä siinä tekivät Ruohosen lisäksi *Pekka Kahri*, *Janne Kampuri*, *Martti Kesäniemi*, *Pekka Kähkönen*, *Marko Ollikainen* ja *Juha Virtanen*. Hanke onnistui hyvin, jopa liiankin, sillä Tekes ilmoitti rahoituksen päättyvän, ellei hanketta kaupallisteta tiettyyn päivämäärään (28.2.1999) mennessä. Keskeinen osa tutkimusryhmästä ei ollut vakuuttunut jatkomahtoisuuksista ja päätti hakeutua muihin töihin. BioMag-laboratorioon rakennettu laite oli tuottanut jo hienoja julkaisuja, mutta se oli vasta varhainen prototyyppi. Kehitystyön jatkaminen oli



*NBS-laite HUS:n BioMag-laboratoriossa. Liikeaivokuorelle asetettu kela indusoi aivoihin sähkövirran, josta seuraa mm. käden lihasten liikkeitä. Kelan heijastinpallot ilmaisevat tietokonekameralle sen paikan ja käyttäjä voi suunnata pulssin ruudulla esitetyn aivokuvan avulla. EEG-laitteella mitataan pulssin synnyttämän aktiivisuuden leviämistä aivojen eri osiin.*

välttämätöntä näköpiirissä olevien mahdollisuuksien hyödyntämiseksi. Koska julkista rahoitusta ei enää voinut saada, ainoaksi mahdollisuudeksi jäi riskirahoitus: oli perustettava yritys ja mukaan olisi motivoitava keskeiset osajat.

Avuksi tuli Tekesin uusi Tutkimuksesta liiketoimintaa (TULI) -ohjelma, jonka pilotti-projektiksi TMS-hanke otettiin. Konsulttien sparraamana tehtiin liiketoimintasuunnitelma toisensa jälkeen. Konsultti *Markku Lahdenpää* vakuuttui suunnitelmista tarjoutuen henkilökohtaisesti auttamaan; hän sai myös kollegansa *Pekka Puolakan* mukaan. Yritys perustettiin vuonna 2000 "kolmeen pekkaan": Ilmoniemiestä tuli hallituksen puheenjohtaja ja Puolakasta toimitusjohtaja. Uskottavuutta oli tullut lisää, mutta rahoittajakandidaatti Sitra edellytti merkittäviä henkilökohtaisia lisäpanostuksia sekä varmuutta siitä, että yrityksellä on kaikki

toimintaan vaadittavat teollisoikeudet. Pitkällisten neuvottelujen jälkeen HUS:n omikseen katsomat patentit saatiin siirrettyä yritykselle (myöhemmin Nexstim Oy), minkä jälkeen Sitra tuli mukaan pääomistajaksi. Yritys aloitti toimintansa vuonna 2001 uuden toimitusjohtajan, dosentti *Jari Karhun* johdolla. Ilmoniemi toimi Nexstim Oy:n hallituksen puheenjohtajana vuoden 2003 alkuun saakka ja oli yrityksen toimitusjohtajana 2003–2005. Ensimmäiset navigoidut aivostimulaatiolaitteet toimitettiin Yhdysvaltoihin v. 2003. Yritys vastaanotti vuonna 2004 Tasavallan presidentiltä INNOSUOMI-palkinnon ja vuonna 2006 Euroopan komissiolta IST-palkinnon (Information Society Technologies). Yrityksen laajentuessa sen johtoon astuivat vuonna 2005 *Hannu Ahjopalo* (hallituksen puheenjohtaja) ja *Jukka-Pekka Särkkä* (toimitusjohtaja). Uuden johdon hankkiman kansainvälisen riskirahoituksen turvin henkilökuntaa voitiin kasvattaa, ja vuonna 2008 Nexstimillä on jo 30 työntekijää ja laitteita on toimitettu 15 maahan.

## Lääketieteellisen tekniikan innovaatiotoiminnan professuuri

Lääketieteellisen tekniikan laboratoriollla oli *Toivo Katilan* välityksellä ollut 1990-luvulla tiivistyvät yhteydet myös Instrumentariumin Oyj:n Datex-yksikköön, joka tuolloin alkoi kasvaa voimakkaasti yritysostojen (Engström Ruotsista ja Ohmeda USA:sta) kautta.



Katilan oppilaita oli Datexissa diplomityöntekijöinä ja monet heistä saivat sieltä vakinaisen työpaikan tutkimus-, tuotekehitys- ja jopa markkinointitehtävissä. Yhteys-henkilönä oli usein Datex-Ohmedan tuolloinen Chief Scientist, dosentti, TkT *Pekka Meriläinen*, joka toimi 1998–2001 myös Uppsalan yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan osa-aikaisena lääketieteen tekniikan professorina. Yhteistyö kehittyi myös Tekes-hankkeiden muodossa ja erään Tekes-hankepalaverin jälkeen Katila esitti Meriläiselle ajatuksen lääketieteellisen tekniikan lahjoitusprofessorin perustamisesta Teknillisen fysiikan osastolle Lääketieteellisen tekniikan laboratorioon ja tiedusteli samalla Meriläisen alustavaa kiinnostusta virkaan. Monien neuvotteluiden ja tapahtumien jälkeen, joista vähäisin ei ollut joulukuussa 2002 tullut tieto GE:n aikomuksesta ostaa koko Instrumentarium Oyj, suunniteltu ratkaisumalli toteutui toimitusjohtaja *Olli Riikkalan* tukemana siten, että saatiin perustettua teknillisen fysiikan professorin virka, jonka erikoisalaksi määriteltiin lääketieteellisen tekniikan innovaatio-toiminta. Kutsumenettely asiantuntijalausuntoineen käynnistettiin *Pekka Meriläisen* nimittämiseksi virkaan vuosiksi 2003–2007. Instrumentarium sulautui lopullisesti GE Healthcaren sisään lokakuussa 2003, mutta Riikkala oli jo ennakkoon hoitanut uuden omistajan johdon hyväksynnän professorille. Kauden päätyttyä nimitystä jatkettiin TKK:n rehtorin päätöksellä. Käytännössä Meriläinen on ollut 40 % ajastaan TKK:n virassa ja 60 % GE Healthcaren Suomen tutkimusjohtajana - yritys rahoittaa professuuria edelleen. Meriläinen on osallistunut aktiivisesti opetukseen luomalla uusia kursseja sekä järjestämällä seminaareja, joissa puhujina on ollut maamme keskeisiä vaikuttajia alan teollisuuden ja akateemisen tutkimuksen parista. Hän on myös ohjannut laboratorion NIRS-tutkimusta ja tuonut siihen teollisuuden tarpeiden näkökulmaa.

### **SHOK: Terveys ja hyvinvointi**

Suomeen ollaan Valtion tiede- ja teknologianeuvoston päätöksellä perustamassa Strategisten huippuosaamisen keskittymiä (SHOK). Niiden tarkoituksena on tehostaa teollisuuden ja akateemisen tutkimuksen yhteistyötä, jossa uudella lähestymistavalla ja rahoitusmallilla voitaisiin tuottaa kansallisesti ja kansainvälisesti merkittäviä läpimurtoja, joilla olisi huomattavia taloudellisia ja tieteellisiä vaikutuksia. Yhdeksi SHOK-alueeksi on määritelty Terveys ja hyvinvointi, jonka valmistelutyön tavoitteena on perustaa tähän alueeseen keskittyvä yritysten ja eräiden julkisten tahojen omistama osakeyhtiö vuoden 2009 keväällä. ”Oy SHOK Ab:ssä” osakkailla on oikeus määrätä mitä tehdään, kun taas tutkimusosapuolet tietävät miten tehdään. Tämän SHOK:n valmistelutyöhön osallistuu yli 20 suomalaista yritystä yhteistyössä suunnilleen yhtä monen tutkimusosapuolen kanssa. Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitos on vahvasti mukana SHOK:n valmistelutyössä. Prof. Meriläinen toimii Terveys ja hyvinvointi –SHOK:n valmistelussa ja on puheenjohtajana sen teemaryhmässä ”aivojen terveys ja hyvinvointi”.

### **Tutkimusyhteistyötä**

Prof. Katila pani vireille BioMag-laboratorion ja sen yhteistyökumppanien kanssa vuonna 1995 alkaneen Opetusministeriön rahoittaman tutkijakoulun ”Funktionaalinen kuvaaminen lääketieteessä”, jossa työskenteli vuosien mittaan kymmeniä tekniikan, lääketieteen ja psykologian jatko-opiskelijoita. Tutkijakoulu jatkui (myöhemmin nimikkeellä ”Funktionaaliset tutkimukset lääketieteessä”) aina vuoden 2006 loppuun

saakka. Tutkijakoulun kansallinen yhteistyö sai jatkoa vuonna 2007 viiden yliopiston (TKK, Tampereen teknillinen yliopisto sekä Kuopion, Oulun ja Turun yliopistot) yhteisessä, prof. *Jaakko Malmivuon* (TTY) johtamassa tutkijakoulussa ”International Graduate School in Biomedical Engineering and Medical Physics”. Tutkijakoulut ovat tuoneet paitsi rahoitusta jatko-opiskelijoille, myös tiivistäneet kansallista yhteistyötä ja luoneet hyvää yhteishenkeä.

Prof. *Risto Näätäsen* johtama Suomen Akatemian huippuyksikkö, Helsinki Brain Research Center (HBRC), johon myös Lääketieteellisen tekniikan laboratorio ja BioMag-laboratorio kuuluivat, toimi vuosina 2002–2007. Tavoitteena oli sekä kehittää tekniikkaa aivotutkimusta varten että selvittää aivojen toimintamekanismeja, mm. ihmiselle lajityypillisten kielellisten toimintojen osalta. HBRC koostui kuudesta eri tutkimusryhmästä, joista Näätäsen Kognitiivisen aivotutkimuksen yksikön lisäksi *Synnöve Carlsonin* johtama ryhmä edusti Helsingin yliopistoa, BioMag-laboratorion lisäksi *Hannu Arosen* ryhmä edusti HUS:ia ja *Toivo Katilan* johtaman Lääketieteellisen tekniikan laboratorion lisäksi *Raimo Sepposen* Sovelletun elektroniikan laboratorio edusti TKK:a. Koska Akatemia edellytti, että huippuyksikkörahoitusta saavat henkilöt eivät saa hakea Akatemian varsinaisessa haussa, ainakin Lääketieteellisen tekniikan laboratorion ja BioMag-laboratorion Akatemialta saama rahoitus supistui huippuyksikköstatuksen myötä. HBRC onnistui kuitenkin siinä, että se vahvisti jo aiemmin alkanutta yhteistyötä, innosti yhä parempiin tuloksiin ja terävöitti päämääriä.

Lääketieteellisen tekniikan laboratorio ja BioMag-laboratorio ovat olleet mukana monessa verkottuneessa hankkeessa kotimaassa ja kansainvälisesti. *Risto Näätänen* oli jo 1990-luvulla johtanut Akatemian huippuyksikköä ja myös EU-hanketta COBRAIN, jossa myös BioMag-laboratorio oli keskeisellä tavalla mukana. Vuonna 1999 puolestaan alkoi Ilmoniemen koordinoima kolmivuotinen, EU:n rahoittama Multilingual-projekti, jossa kehitettiin uutta kuvantamistekniikkaa. Katilan Lääketieteellisen tekniikan laboratorio puolestaan osallistui *Olli Lounasmaan* johtamaan EU-rahoitteiseen BIRCH-projektiin, jossa BioMag toimi MKG:n osalta Large Scale Facility -keskuksena.

## Uudet tuulet ja uudet aallot

Uudelle vuosituhannelle tultaessa lääketieteellisen tekniikan asema oli vakiintunut monella tavalla. Vuosien kuluessa on yritetty paljon erilaista ja paljon siitä on suodattunut pois, mutta jäljellä on perinne ja monta vireää kehityshaaraa, joista osa on eriytynyt TKK:lta yritystoiminnaksi tai kliiniseksi sovellutuksiksi. Kylmälaboratoriossa työskentelevät prof. *Riitta Hari* ja akatemiaprofessori *Riitta Salmelin* käyttävät aivotutkimuksessaan MEG-menetelmää ja toiminnallista magneettikuvausta. Prof. *Raimo Sepponen* Elektroniikan laitokselta kehittää terveysteknologiaa ja osallistuu mm. MEGMRI-projektiin. Tietojenkäsittelytieteen laitoksen professori *Samuel Kaski* kehittää puolestaan bioinformatiikkasovellutuksia. Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitos jatkaa aivokuvantamisteknologioiden ja niihin liittyvän signaalin- ja kuvankäsittelyn kehitystyötä soveltaen osaamistaan myös maksakirurgian mallintamiseen, ultraäänitutkimukseen ja mobiileihin mittaussovellutuksiin. Laitoksella toimiva, prof. *Kimmo Kasken* johtama Suomen Akatemian Laskennallinen kompleksisten systeemien tutkimuksen huippuyksikkö (2006–2011) vahvistaa laitoksen lääketieteellisen tekniikan ja sen lähialueiden tutkimusta ratkaisevalla tavalla. Laskennallisessa

lääketieteessä ja laskennallisessa terveystieteessä (mm. prof. *Jouko Lampinen*, dosentti *Mika Ala-Korpela* ja TKT *Jari Saramäki*) pyrkimyksenä on mm. kehittää menetelmiä, joilla voidaan erilaisen mittausdatan ja muun tiedon perusteella päätellä sairastumisriskiä jo ennen taudin puhkeamista. Suuria taloudellisia ja inhimillisiä kustannuksia säästyy, mikäli hoito voidaan suorittaa ennaltaehkäisevästi. TKK:n Tuotantotalouden laitos (prof. *Paul Lillrank*) puolestaan tutkii ja kehittää organisaatioiden prosessien hallintaa soveltaen ajatuksiaan siihen, miten tulevaisuuden sairaanhoito tulisi järjestää tehokkaalla tavalla.

Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitoksella tehdään myös kognitiivista aivotutkimusta (mm. prof. *Mikko Sams* ja dosentti *Iiro Jääskeläinen*), jonka piiristä on noussut ideoita aivojen ja tietokoneen suorista yhteyksistä, aivojen toimintakyvyn mittausmenetelmistä sekä siitä, miten aivojen toiminta tulisi ymmärtää ja miten tätä ymmärrystä voitaisiin käyttää myös koneiden rakentamisessa.

Teknillisen fysiikan koulutusperinne on jatkunut yli kuusikymmentä vuotta. Fysiikan ja matematiikan osaaminen on osoittautunut hyvin tärkeäksi ratkottaessa vaikeita ongelmia eri aloilla, mukaanlukien lääketieteellinen tekniikka. Mietittäessä tekniikan uudistamista joudutaan väistämättä aina palaamaan perusasioihin ja ymmärtämään yhä syvällisemmin erilaisten mittauslaitteiden tai mittaustapahtumien ilmiöitä. Syvälinen ymmärrys auttaa parantamaan tekniikkaa ja sitä kautta vastaamaan yhteiskunnan tuleviin haasteisiin terveydenhuollon ja terveysteknologian osalta. Kansainvälisen kilpailun kiristyessä käy yhä tärkeämmäksi myöskin kansallisen ja kansainvälisen yhteistyön tiivistäminen. Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistys on tässä työssä keskeisessä roolissa.

*Kiitän Antti Ahosta, Toivo Katilaa, Ari Koskelaista, Pekka Meriläistä, Juha Montosta, Ilkka Nissilää, Tommi Noposta, Mika Pollaria ja Raimo Sepposta avusta kirjoitustyön kuluessa. Tästä huolimatta teksti painottuu väistämättä jossain määrin siihen, mistä itse tiedän eniten. Tämän työn puitteissa oli mahdotonta käydä systemaattisesti läpi kaikkea sitä toimintaa ja niitä ihmisiä, jotka ovat vaikuttaneet kirjoituksessa kuvattuun kehityskulkuun.*

## TURKU – ISOTOOPEISTA IDEOIKSI

Erkki Soini

Emeritusprofessori, Turun yliopisto

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan juuret Turussa johtavat Åbo Akademin sovelletun fysiikan laitokselle sekä Wallac Oy:n tuotekehitysosastolle 1960-luvun loppupuolella. Professori *Mårten Brenner* oli akateemisella puolella turkulaisen lääketieteellisen fysiikan uranuurtaja, ja hän onnistui toteuttamaan syklotronihankkeen. Syklotroni sijaitsee edelleen Åbo Akademin laitosrakennuksessa. Tämän hankkeen toteuduttua Turussa alkoi lyhytikäisten kaasumaisten isotooppien tuotanto lääketieteellisiä sovelluksia varten. Ennen pitkää, kovan kädenväännön jälkeen, Turun yliopistolliseen keskussairaalaan perustettiin valtakunnallinen Positron emission tomography (PET) -keskus ja syklotronilla tuotettuja isotooppeja alettiin käyttää tutkimustyössä. PET-keskus osallistui PET-kuvauksen menetelmäkehitykseen alan muiden toimijoiden kanssa. 1970-luvun loppuun mennessä saatiin käyttöön tietokonetomografiaan perustuvat PET-kamerat. Vuoteen 1996 mennessä PET-keskus oli ansainnut kannuksensa eikä sen toimintaa enää pantu kyseenalaiseksi, toisin kuin perustamisvaiheessa. PET-keskus sai kansallisen statuksen, sen rahoitus lisääntyi ja henkilökunnan määrä kasvoi. Vuonna 1999 PET-keskus siirtyi uusiin sille rakennettuihin tiloihin.. PET-kuvauksen on kehittänyt kohti kliinistä käyttöä. Turun PET-keskuksessa on nykyään useita eri tieteellisiin ja kliinisiin tutkimuskäyttöön soveltuvia PET-kameroita ja oma kompakti syklotroni.

*Mårten Brenner* keräsi ympärilleen useita sairaalafysiikkoja kautta valtakunnan ja tuki heidän väitöskirjoitustaan. Nämä fyysikot toimivat keskeisessä asemassa suomalaisen sairaalafysiikan ottaessa ensi askeleitaan. Heistä mainittakoon *Erkki Vauramo*, joka myötävaikuttanut valtakunnallisen tuen ja rahoituksen saamiseen PET-keskukselle.

Wallac Oy:ssä aloitettiin kehittää 1960-luvun puolivälissä laitteita lääketieteellisiä radioisotooppi-tutkimuksia varten. Aluksi laitteet olivat yksinkertaisia, yhden tai muutaman detektorin funktiomittauslaitteita, mutta ennen pitkää ne muodostivat radioisotooppi-tutkimuksissa käytettyjen laitteiden peruskaluston suuremmissa suomalaisissa sairaaloissa.

Pian kuitenkin gammakamerat syrjäyttivät yksittäiset ilmaisimet ja Wallac luopui funktiomittauslaitteiden valmistamisesta ja muutti tuotestrategiaansa RIA-näytteiden mittauksiin. 1970-luvun loppuun mennessä Wallac saavutti johtavan markkina-aseman Euroopassa automaattisten gammalaskijoiden ja betalaskijoiden alalla. Wallacin tutkimusjohtajana toimi *Erkki Soini* vuodesta 1963 vuoteen 1990.



Yksi valtakunnallisen PET-keskuksen PET-kameroista.

1970-luvun puolivälissä Soini kehitti radioisotoppeja korvaavan leimausmenetelmän ja näin syntyi aikaerotteinen fluoroimmunomääritys eli TR-FIA-tekniologia. TR-FIA-tekniologiasta tuli Wallacin menestys ja 2000-luvun alkuun mennessä Wallac on keskittynyt erityisesti neonataaliseurontaan ja saavuttanut siinä johtavan markkina-aseman maailmassa. Nykyään Wallac Oy kuuluu amerikkalaiseen Perkin Elmer Life Sciences -yhtiöön.



*Perkin Elmer Life Sciences'n, entisen Wallacin, toimitilat Turussa.*

1980-luvun loppupuolella Wallac koki historiansa pahimman turbulenssin, kun ruotsalainen emoyhtiö Pharmacia AB päätti muiden yritysjärjestelyjen ja kasinotalouden huumassa siirtää koko yhtiön Upsalaan. Wallacin henkilöstö aloitti päätöksen johdosta vastarintaliikkeen, joka sai runsaasti julkisuutta sekä Suomessa että Ruotsissa. Korkeimmissa asemissa olleet asiantuntijat siirtyivät yhtiöstä pois. Noin puolen vuoden ajan kestäneen riitelyn jälkeen Pharmacian uusi toimitusjohtaja kuitenkin perui koko suunnitelman ja rauha palasi takaisin Wallaciin. Yhtiön jättäneet asiantuntijatkin palasivat takaisin asemiinsa lukuun ottamatta *Erkki Soinia*, joka oli ottanut vastaan juuri tänä aikana Turun yliopistoon perustetun lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan professuurin.

Wallac on poikunut useita pienempiä yhtiöitä Turkuun, ja monet niistä toimivat lääketieteellisen diagnostiikan alalla. Rados Oy on parikymmentä vuotta sitten Wallacista irronnut säteilymittareita valmistanut osasto. Hidex Oy:n perusti *Jukka Haaslahti*, joka ennen toimi Wallacin markkinoinnissa. Innotrac Oy (nykyisin Radiometer Oy) on Wallacissa toimineiden tutkijoiden aikoinaan perustama diagnostiikkayhtiö. ArcDia-yhtiöiden yhteys Wallaciin on *Erkki Soinin* kautta selvä. Näiden yhtiöiden lisäksi Turussa on joukko alihankintaa tekeviä tuotantoyhtiöitä, jotka ovat entisten wallaclaisten alulle panemia.

Kuten edellä on käynyt ilmi, Wallac on ratkaisevasti myötävaikuttanut vuonna 1992 lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan professuurin ja Biofysiikan laboratorion perustamiseen Turun yliopistoon. Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan professorina toimi vuodesta 1992 vuoteen 2002 *Erkki Soini*. Hänen seuraajakseen nimitettiin vuonna 2005 *Pekka Hänninen*. Soinin ja Hännisen yhdessä käynnistämä ja kehittämä Biofysiikan laboratorio sijaitsee BioCityssä ja kuuluu nykyisin Solubiologian ja Anatomian oppiaineeseen. Laboratorio on ansioitunut korkean resoluution valomikroskopian ja fluoresenssin kaksoisfotonivirityksen kehittämisessä sekä kuvantavan mikroskopian että analyyttisen biokemian sovelluksissa. Laboratorion toiminnan alkuvaiheessa kiitokset erityisesti mikroskopiaan liittyvästä kehitystyöstä kuuluivat laboratoriossa tuolloin post-doc:na toimineelle *Stefan Hellille*. Hell sittemmin siirtyi Max Planck Instituutin nanofotoniikka-yksikön johtajaksi. Tieteellisessä mielessä Biofysiikan laboratorion innovaatioista erityisesti Abbe:n diffraktiorajan kiertävä STED-mikroskopia sekä

fluoresenssin kaksoisfotonivirityksen sovellukset ovat saaneet laajaa huomiota. STED-mikroskopian kehitystyö on tuonut myös keksijälleen *Stefan Hellille* useita merkittäviä palkintoja kuten Leibnitz-palkinto sekä Saksan liittopresidentin tulevaisuuspalkinto (Zukunftspreis). Valomikroskopian kehitystuloksia hyödyntää nyt tunnettu mikroskooppivalmistaja Leica Microsystems ([www.leicamicrosystems.com](http://www.leicamicrosystems.com)) ja analyyttisen sovellusten kehitystä tuotteiksi on jatkettu turkulaisen ArcDia-yhtymän ([www.arcdia.com](http://www.arcdia.com)) sekä tietyiltä osin myös Irlantilaisen Luxcel Biosciences Ltd. ([www.luxcel.com](http://www.luxcel.com)) puitteissa.



*Leica Microsystemsin STED-mikroskooppijärjestelmä.*

## DATEX – NUKKUVIEN ASIALLA

Pekka Meriläinen

Tutkimusjohtaja, GE Healthcare Finland Oy

Me ihmiset nukumme kolmasosan elämästämme. Loput ajasta valvomme, mutta toisinaan myös uneksimme. Tässä kirjoituksessa on tarkoitus esitellä lääketieteellisen tekniikan ratkaisuja, jotka auttavat valvomaan nukutettujen leikkauspotilaiden unta ja elimistön hyvinvointia sen aikana. Tämän alueen ympärille kehittyi viimeksi kuluneen 30 vuoden aikana eräs suomalaisen teollisuuden kansainvälisistä menestystarinoista, jonka synnyttämät tuotteet ovat käytössä sairaaloissa ympäri maailmaa.

Aika moni meistä joutuu elämänsä aikana tutustumaan sairaalan leikkaussaliin potilaana. Pieniä leikkauksia voidaan tehdä paikallispuudutuksessa, mutta suurempia varten potilas on voitava nukuttaa turvallisesti jopa useiksi tunneiksi. Nukutus ei tarkoita pelkästään tajuttomuuden tuottamista, vaan potilas täytyy pitää myös kivuttomana ja hänen lihaksensa halvaannuttaa ja rentouttaa, jotta kirurgi pystyisi häiriöttömään työskentelyyn instrumenteillaan. Lääkkeillä tapahtuva nukutus poikkeaa fysiologisesti luonnollisesta unesta ja sen toteuttamisesta sairaalassa vastaa nukutuslääkäri eli anestesioologi anestesiahoitajien avustamana.

Leikkauksen aikainen nukutusaineen annostelu, potilaan keuhkojen koneellinen tuuletus ja elintoimintojen valvonta perustuvat huipputekniikkaan. Nykyisin tämä koostuu varsinaisista laitteista, niitä ohjaavista ohjelmistoista sekä edistyneistä signaalinkäsittelyn menetelmistä tulosten käsittelyä ja hälytyksien tuottamista varten. Elintoiminnoista on mitattava suuri joukko parametreja kuvaamaan kattavasti sydämen, verenkierron, hengityksen, veren hapetuksen, lihaksiston ja aivojen toimintoja ja niiden poikkeamista normaaliarvoista.

Suomalaiset insinöörit lähtivät mukaan kehittämään tekniikkaa nukutuslääkäreille 1970-luvun jälkipuoliskolla muutamien onnekkaiden sattumien kautta. Maamme anesthesiologian ”grand old man” professori *Tapani Tammisto* kuvasi joskus tämän kehityskulun käynnistymistä englanninkielisellä sanalla ”serendipity”, joka tarkoittaa taipumusta törmätä puolittain vahingossa loistavaan ratkaisuun. Tosin se voi olla ratkaisu toiseen ongelmaan taikka löytyä muualta kuin mistä sitä oltiin etsimässä. Sanonta ”sattuma suosii valmistautunutta mieltä” viittaa samaan asiaan. Monet merkittävät keksinnöt ja innovaatiot tieteessä ja tekniikassa näyttäisivät syntyneen tältä pohjalta, vaikkakin lienee selvää, että mielen valmistautuminen edellyttää vankkoja tietoja ja kovaa työtä.

Tässä kuvattava kehityskulku sai alkunsa Instrumentarium Oy:n vuonna 1969 perustamassa Dutex Oy:ssä, jonka kerrottiin saaneen nimensä yhdyssanasta Data-Expertit. Elettiin vielä sitä aikaa, jolloin tietokoneet olivat uutta ja ihmeellistä ja koneistetun tiedonkäsittelyn myötä numeroita ja tietoa oli hienoa kutsua dataksi. Dutexin eksperttien ensimmäinen lääketieteen elektroniikan tuote oli potilasvaaka, joka





*Datexin ensimmäinen menestystuote oli hengitysilman hiilidioksidia ja happea mittaava Normocap.*

ratkaisun luopua toimialoista, jotka eivät suoranaisesti liittyneet terveydenhoitoon, ja alkoi panostaa siihen lisää myös yritysostojen kautta. Aluksi hankittiin ruotsalainen erityisesti hengityskonetekniikan pioneerina tunnettu Engström AB ja muutama vuosi myöhemmin British Oxygen Corporationin omistama amerikkalainen Ohmeda, joka oli suurempi kuin koko silloinen Instrumentarium. Näin syntyivät ensin Datex-Engström ja sitten Datex-Ohmeda, jonka osaaminen ja itseluottamus olivat 2000-luvun alussa maailman huippua. Suomalaista tekniikkaa leikkaussaleihin toimitti yli 100 maahan ulottuva edustajaverkosto. Itseluottamuksen saattoivat todeta omin silmin vaikkapa Sydneyssä vuonna 2002 järjestetyn tehohoidon maailmankongressin osanottajat. Datex-Ohmeda oli sen pääsponsorina ja rakensi niin komean tornin näyttelyosastoonsa, että se kirjaimellisesti peitti varjoonsa kilpailijoiden rakennelmat.

Datex-Ohmedan menestys oli huomattu maailmalla myös muulla taholla. Niinpä eräänä lumisena joulukuun aamuna 2002 kaikki Instrumentariumin työntekijät saivat pikakutsun saapua tiedotustilaisuuteen Helsingin Messukeskukseen. Toimitusjohtaja *Olli Riikkala* esitteli siellä General Electricin (GE) pääjohtajan *Jeff Immeltin* ja herrat vahvistivat tuoreen huhun, että GE on tehnyt ostotarjouksen koko pörssi-yhtiö Instrumentarium Oyj:stä. GE halusi laajentaa erityisesti kuvantamisen ja kardiologian aloilla jo vahvaa terveydenhuollon liiketoimintaansa myös leikkaussalien ja teho-osastojen suuntaan. Datex-Ohmeda muodosti siinä vaiheessa 70% Instrumentariumista, jonka vuotuinen liikevaihto oli 1 miljardi euroa. Yli 100-vuotiaaksi eläneen Instrumentarium Oyj:n tarina päättyi lokakuussa 2003 kaupan saatua USA:n ja EU:n kilpailuviranomaisten hyväksynnän muutamilla ehdoilla. Erityisesti haluttiin varmistaa, että Datexin ydinosaamiseen kuulunut hengityskaasujen mittaustekniikka jäisi saataville myös GE:n kilpailijoille. Datexissa alkanut alan suomalainen tutkimus- ja kehitystyö jatkui pitkälti entisillä resursseilla GE Healthcaren Suomen yksikössä.

mittasi tarkasti makaavan potilaan painon muutoksia neljällä anturilla, joiden päälle sängyn jalat asemoitiin. Varsinainen läpimurtotuote oli kuitenkin nukutetun potilaan konehengityksen säätöä helpottava uloshengitysilman hiilidioksidimittari. Laite tuli tunnetuksi kaupanimellä Normocap, joka viittaa normoventilaatioon ja kapnometriaan. Markkinointiviestinnässä kannustettiin lääkäreitä huolehtimaan, että hänen potilaansa on normoventiloitu, minkä voi varmistaa ostamalla kapnometrin ja säätämällä hengityskonetta niin, että mittari näyttää uloshengityksen hiilidioksidipitoisuudeksi n. 5%.

Datex varttui ja menestyi Instrumentariumin hoivassa lopulta yli 30 vuotta ja kasvoi 1990-luvulla yhdeksi maailman suurimmista nukutuksiin liittyvän tekniikan kehittäjistä ja valmistajista. Monialayhtiönä tunnetun Instrumentariumin johto teki strategisen



Seuraavassa tarkastelen kirjoittajan omakohtaiseen 25 vuoden mittaiseen historiaan perustuen muutamia mielenkiintoisia alueita ihmisen mittaamisesta leikkauksalissa alueilla, joissa suomalaiset insinöörit, fyysikot, tutkijat ja lääkärit pystyivät luomaan maailmanluokan läpimurtoja. Puheeksi otetaan myös menetelmiä ja tekniikoita, joissa menetimme tilaisuuden olla edelläkävijöitä. Lopuksi pyritään luomaan yleiskuva siitä, minkälaiseksi alan kovan kansainvälisen kilpailun leimaama liiketoiminta on kehittynyt ja mitkä voisivat olla ne menetystekijät, joilla suomalainen tekniikka ja sen pohjana oleva osaaminen ja tutkimus pysyisivät edelleen kilpailukykyisinä.

## Nukutuksen tekniikoista ja mittauksista

Potilaan huumaamiseen ja kivun poistamiseen leikkauksissa käytettiin muinaisessa Kiinassa ja Egyptissä yrtiliikkeitä. Alkoholilla on pitkä perinne myös lääketieteellisessä tajun ja kivun poistossa. Nykyaikainen anestesia sai alkunsa 1800-luvulla, jolloin alettiin tehdä oopiumista morfiinia ja keksittiin nukuttavat kaasut, kuten ilokaasu, kloroformi ja eetteri. Eetteri on kuitenkin herkkä räjähtämään ja epämiellyttävä hajultaan. Vasta 1950-luvulla keksittiin, että halogeenimalla tiettyjä hiilivetyjä voidaan valmistaa tehokkaita ja hyvälle tuoksuvia nukutuskaasuja.

Leikkauksen aikana tarvitaan muitakin kaasuja, koska on syytä varmistaa potilaan elimistön hapetus syöttämällä hänen keuhkoihinsa hengityskoneen kautta kaasua, jolla on huoneilmaa korkeampi happipitoisuus. Lisäkaasuna on silloin ilman typen sijaan hyödyllistä käyttää ilokaasua ( $N_2O$  eli typpioksiduli), jolla on sekä nukuttava että kipua lievittävä vaikutus. Ilokaasun nukutusteho ei kuitenkaan yksinään riitä, vaan kaasunukutus suoritetaan seoksella, jossa on n. 30% happea, joitakin prosentteja anestesiakaasua ja loput ilokaasua. Hiilivetyperusteisia anestesiakaasuja on kehitetty ja patentoitu melkoinen määrä, joista nykyisin on käytössä 3-5 kaupallisesti merkittävää. Viimeisimmät näistä ovat nopeampia ja tuottavat vähemmän sivuvaikutuksia. Anestesiakaasut ovat huoneenlämpötilassa nesteitä, ja niiden hallittuun höyrystämiseen tarvitaan anestesiahöyrystimeksi kutsuttu laite.

Viime vuosina suoraan laskimoon emulsiona annosteltavien nopeavaikutteisten nukutusaineiden, kuten propofolin, suosio on kasvanut, ja niiden arvellaan ajan mittaan syrjäyttävän kaasut suurelta osin. Nukutuskaasujen puolesta puhuu kuitenkin edelleen se, että ne eivät metabolisoidu elimistössä, vaan nukutuksen loputtua huuhtoutuvat täysin pois hengityksen mukana.

Nukutettujen leikkaukspotilaiden hengityksessä esiintyy useita kaasuja, joiden kaikkien pitoisuus olisi hyvä tietää sisään- ja uloshengityksen aikana. Lisäksi mittaustekniikan on pystyttävä tunnistamaan eri nukutuskaasut. Edellä mainittu hiilidioksidin mittaustarve nostettiin esiin



*Spontaanisti hengittävän potilaan aineenvaihdunnan mittaus Deltatrac-metaboliamonitorilla.*

Hollannissa 1970-luvulla, ja se tuli maamme anestesiologien ja teollisuuden tietoisuuteen prof. Tammiston välittämänä. Ventilaation säädön lisäksi mittaukselle oli myös selvä turvallisuuteen liittyvä tilaus. Hiilidioksidi uloshengityksessä varmistaa, että potilaan hengityskoneeseen kytkävä hengitysputki on asettunut keuhkoihin eikä ruokatorveen johtavaan tiehyeen. Maailman n. 70 000 leikkaussalissa oli siten ilmeinen tarve ja markkinat yksinkertaiselle, luotettavalle, helppokäyttöiselle ja kohtuuhintaiselle tekniikalle mitata uloshengityksen hiilidioksidia.

Datex tarttui tilaisuuteen juuri oikeaan aikaan ja pystyi hiilidioksimittarilla saavuttamansa etumatkan avulla jatkamaan kehitystä myös hapen ja anestesiakaasujen mittausten suhteen kilpailijoitaan nopeammin. Ajankohta oli myös oikea alkaa hyödyntää elektroniikan komponenttien, mikroprosessorien ja signaalinkäsittelyn digitalisoitumisen alueilla tapahtunutta teknistä kehitystä.

Datex oli etulinjassa myös nukutuslääkärin tarvitseman lihasten rentouden eli relaksaatioasteen mittauksen kehittämässä. Lihasten halvaannuttaminen perustuu hermojen ja lihasten välisen sähköisen viestiliikenteen katkaisemiseen. Halvaannuttavat lääkkeet ovat johdannaisia Etelä-Amerikan intiaanin curare-nuolimyrkystä, jonka vaikutus hermo-lihasliitokseen on mahdollista mitata antamalla kyynärhermoon heikkoja sähköiskuja, jotka aktivoivat peukaloa liikuttavan lihaksen. Peukalon liikettä voidaan mitata voima-anturilla tai suoraan lihassähköisestä (EMG) signaalista. Laite tuli markkinoille nimellä Relaxograph.

## **Kaasumittausten innovaatioista**

Hengityskoneeseen kytketyn potilaan hengityskaasun pitoisuuksien ja erityisesti virtauksen mittaus on periaatteessa helpompaa kuin spontaanisti hengittävän potilaan. Kaasuhan kulkee silloin putkessa eikä maskia ja/tai suukappaletta tarvita. Mittaus voi tapahtua hengitysputkeen liitetyllä anturilla, jonka läpi virtaa kaikki kaasu (Main-stream-periaate), tai imemällä ilmatiestä pientä näytevirtausta ohuella letkulla kauempana sijaitsevaan mittalaitteeseen (Side-stream-periaate). Molempia vaihtoehtoja on kehitetty kilvan jo lähes 40 vuotta. Kaasumittauksen käytännön ongelmat ovat liittyneet ulkoisessa ilmatiessä esiintyvään kosteuteen ja muihin eritteisiin. Datex panosti side-stream-tekniikkaan, jonka kosteusongelma ratkaistiin kekseliäällä ja useilla patenteilla suojatulla vedenerotustekniikalla. Monet kilpailijat kehittivät main-stream-tekniikkaa, ja aivan viime aikoina kehitettyjen uuden sukupolven komponenttien tarjoamat mahdollisuudet ovatkin aktivoineet myös Suomen GE Healthcaren kaasumittausten huippuosaajat kehittämään miniatyrisoitua main-stream-anturia. Sellaisella voidaan saavuttaa riittävän nopea vasteaika, joka mahdollistaa myös vastasyntyneiden lasten hyvin tiheärytmisen hengityksen kaasumittaukset.

Hiilidioksidin, ilokaasun ja anestesiakaasujen mittaustekniikka perustuu näiden kaasujen aiheuttamaan infrapunavalon absorptioon kullekin kaasulle ominaisilla aallonpituuksilla. Käyttökelpoiset valon aallonpituudet ovat 3...10 mikrometriä, jolloin valonlähteenä voidaan käyttää hehkulankaa ja ilmaisimina huokeita puolijohdeantureita tai termopareja. Kaasu johdetaan valonlähteen ja detektorin välissä sijaitsevan infrapunavaloa läpäisevillä ikkunoilla varustetun mittakammion läpi. Optisilla suotimilla erotetaan kullekin kaasulle edullisimmat mittausaallonpituudet. Datexin insinöörit oppivat ratkaisemaan mittakammion likaantumiseen sekä lähteen ja detektorien

ryömintään liittyvät tekniset ongelmat tervettä talonpoikaisjärkeä ja huokeita standardikomponentteja käyttäen. Infrapunavalon katkominen mittaussekvenssin eri vaiheita varten hoidettiin reikälevyllä, jota ensimmäisen sukupolven laitteessa pyöritti Philipsin levysoittimen moottori. Kaasunäytettä ilmatiestä imemään valittiin pieni akvaariopumppu ja sen tuottama sykkivä virtaus tasattiin muovikammioilla, jonka alkuperäinen käyttö oli toimia Datsun-autojen bensiinisuolettimena.

Koska uloshengityskaasu on vesihöyryn kyllästämä 37°C:n lämpötilassa, osa vedestä kondensoituu huoneilman lämpötilassa matkalla kaasuanturiin. Tämä vesi on poistettava kaasusta ennen anturia, ja sitä varten piti kehittää luotettava kuivausmenetelmä. Aluksi se oli painovoimaa ja kaasun sivuvirtausta hyödyntävä vedenkeräyskuppi, jolle saatu patentti aiheutti kilpailijoilla runsaasti päänvaivaa. Myöhemmin otettiin käyttöön ulkoiluvaatteista tunnettu Gore-Tex-kalvo, jonka mikrohuokoset päästävät lävitseen kaasut, mutta pintajännitysilmion ansiosta eivät vettä.

Anestesiakaasujen mittaustarve perustuu myös potilasturvallisuuden asettamiin vaatimuksiin. Eri nukutuskaasujen tehot poikkeavat toisistaan, ja jos anesthesiologi luulee annostelevansa toista ainetta kuin mitä höyrystimessä todellisuudessa on, saattaa seurauksena olla joko liian syvä tai liian kevyt nukutus. Anestesiologit joutuvat varsinkin USA:ssa ottamaan kalliita vastuuvakuutuksia, jotta selviäisivät usein huikkeisiin summiin nousevista korvausvaatimuksista mahdollisen potilasvahingon sattuessa. Korkeatasoiseen potilasmonitorointiin investointi pienentää vahinkojen todennäköisyyttä, ja sellaista käytävä saa myös alennuksen vakuutusmaksuistaan.

Inhimilliset erehdykset anestesiakaasujen suhteen pyrittiin estämään mekaanisilla ”avaimilla”, jotka sallivat höyrystimen täyttämisen vain samalla koodilla varustetun pullon suusta. Menetelmä ei ole kuitenkaan idiottivarma, joten anestesiakaasujen automaattiselle tunnistukselle syntyi tarve. Tunnistuksen voi tehdä anestesiakaasun infrapunaspektristä, jolloin ongelmaksi muodostui, miten tehdä juuri tähän tarkoitukseen mahdollisimman yksinkertainen pieni ja huokea spektrometri. Sellainen saatiin aikaan soveltamalla interferenssisuotimien päästökaistan riippuvuutta tulokulmasta. Optinen matka suotimen läpi kasvaa käännettäessä sitä kohtisuorasta asemasta vinoon, jolloin läpäisy siirtyy pidempien aallonpituuksien suuntaan. Kun suodin laitetaan pyörimään, saadaan läpäisykaista pyyhkimään tiettyä aallonpituusaluetta ajan funktiona. Tällä tekniikalla onnistuttiinkin tunnistamaan kaikki tarvittavat viisi anestesiakaasua ja saamaan ratkaisun ympärille patenteja.

Happi on elintärkeä kaasu, joka siirtyy keuhkoissa vereen ja sen kuljettamana palvelemaan kehon paikallisia tarpeita hemoglobiiniin sitoutuneena. Hapetuksen kannalta on tärkeä tietää, että keuhkoissa olevan kaasun osapaine on riittävän korkea lataamaan laskimoveren hemoglobiiniin täyteen happea. Terveiden keuhkojen tapauksessa alaraja riittävän hapetuksen suhteen voidaan päätellä hapen dissosiaatiokäyrästä, kun sisäänhengityskaasun hapen osapaine tunnetaan. Mutta koska anestesian aikana ei yleensä hengitetä ilmaa, vaan keinokehoista kaasuseosta, sen happitason jatkuva valvonta on ehdoton edellytys potilasturvallisuudelle. Happea voidaan mitata sähkökemiallisesti joko polarografisella anturilla tai polttokennolla. Molemmissa menetelmissä happi diffuntoituu ohuen kalvon läpi elektrolyyttiin, johon sijoitettujen anodin ja katodin välistä jännitettä tai virtaa hapen määrä muuttaa. Sähkökemiallisilla kennoilla on hidas 10-20 sekunnin luokkaa oleva vasteaika, joten hapen ulos- ja sisäänhengitysprosentteja ei pystytä seuraamaan tarkasti normaalilla



Näkymä leikkaussalista Datex-Ohmeda laitteeseen.

hengitystaajuudella. Kennojen elektrolyytti myös ”pala loppuun” tietyssä ajassa, jolloin ne on vaihdettava tyypillisesti muutaman kuukauden käytön jälkeen. Datex kehitti aluksi oman polarografisen happimittauksen tuomaan lisäarvoa hyvin menestyneen CO<sub>2</sub>-monitori Normocapin avaamalle liiketoiminnalle. Tässä yhteydessä opittiin, että elektrolyytti homehtuu varastoinnin aikana ja niinpä anturi piti homesuojata. Sopiva kemikaali, tymoli, löytyi onneksi apteekin hyllyltä.

Happimolekyylillä on useimmista muista kaasuista poikkeava elektronikuoreltaan, jonka ansiosta se on paramagneettinen eli magneettikenttää vetää sitä puoleensa. Ilmiötä sovellettiin hapen mittaukseen jo 1930-luvulla Saksassa hapteen kohdistuvan magneettisen

voiman lämpötilariippuvuuteen perustuen. USA:ssa puolestaan maineikas tiedemies ja myöhemmin kaksinkertainen nobelisti *Linus Pauling* kehitti toisen maailmansodan aikana mekaanisen paramagneettisen happimittarin US Air Forcen pilottien tarpeisiin. Siinä oli mittakammio, jossa tyypellä täytettyjä magneettikentän gradienttiin ripustettuja palloja ympäröivän kaasun happimolekyylit aiheuttivat niihin hapen osapaineeseen verrannollisen voiman, joka kiersi mittarin viisaria. Paulingin anturista tuli kaupallinen tuote siviilikäyttöönkin, mutta sitä vaivasi hidaskäyttöaika ja häiriöherkkyys.

Datexissa tutustuttiin 1980-luvun alkupuolella saksalaisen tohtori *Heinz Hummelin* kehittämään paramagneettisen anturin uuteen versioon, jossa käytettiin akustisella taajuudella katkottua magneettikenttää. Silloin saadaan syntymään amplitudiltaan happipitoisuuden verrannollinen äänisignaali eli varsinaisena anturina voi toimia mikrofoni. Tarpeeksi pieni, hyvä ja halpa löytyi valmistajalta, joka toimitti mikrofoneja kuulolaitteisiin miljoonia kappaleita vuodessa. Hummelin kennon fysikaalinen periaate vaatii referenssikaasun käyttöä, mutta siihen tarkoitukseen kelpaa käytännössä huoneilma. Näin syntyi vasteajaltaan riittävän nopea happianturi, joka mahdollisti myös happikäytön mittauksen henkäys henkäykseltä hiilidioksidin tapan. Anturista kehittyikin hapenmittauksen ”golden standard” kaikkialle maailman leikkaussaleihin. Anturia on kaikki parannetut versiot mukaan lukien valmistettu Helsingin Vallilassa yli 100 000 kpl.

Nopean happianturin kehitys alkoi 1983 itse asiassa ensisijaisesti metaboliamonitorin tarpeeseen. Mittaamalla ihmisen hapenkulutusta ja hiilidioksidin tuotantoa on mahdollista saada tietoa aineenvaihdunnasta epäsuoran kalorimetrian periaatteella. Näin voidaan laskea energian kulutus kilokaloreina aikayksikössä samoin kuin saada

selville, missä keskinäisessä suhteessa elimistö polttaa hiilihydraatteja ja rasvoja. Virike tämän mittauksen kaupalliseen tarpeeseen oli lähtöisin muutamasta tieteellisestä julkaisusta, joissa viitattiin mahdollisuuteen, että monitoroimalla tehopotilaan hapenkulutusta voitaisiin ennustaa hänen mahdollisuuksiaan toipua. Lisäksi erityisesti USA:ssa oli havaittu, että osa tehopotilaista menehtyy aliravitsemukseen, koska heidän letkun kautta vatsaan tai katetrilla suoraan suoneen annettavassa ruokinnassaan ei osattu ottaa huomioon sairauden aiheuttamaa energiankulutuksen kasvua. Energiankulutuksen jatkuvan ja tarkan mittauksen uskottiin ratkaisevan tämän ongelman. Metaboliamonitori Deltatrac saatiin markkinoille 1987 ja sitä valmistettiin n. 1500 kpl, joista melkoinen osa meni alan tutkijoiden käyttöön. Mutta vielä nykyisinkään ei ole tarpeeksi laajoilla tutkimuksilla voitu osoittaa mittauksen vaikuttavuutta tehohoidon tuloksiin, vaikka se onnistuttiin fyysisesti kutistamaan monitorisysteemiin moduuliksi vuosituhannen vaihteessa.

Hengityskoneeseen kytketyn potilaan ilmatestistä on tarve mitata kaasupitoisuuksien lisäksi myös kaasuvirtauksia ja niistä laskettuja tilavuuksia. Tällöin voidaan saada tietoa sekä laitteiston että keuhkojen tilasta havaitsemalla systeemin mahdolliset vuodot sekä laskemalla keuhkojen elastisuus ja ilmatien virtausvastus. Mittaus ei ole helppo, sillä kaasun virtausmuoto, paine, pitoisuus ja kosteus eroavat toisistaan sisään- ja uloshengityksen aikana. Tunnetut virtauksen mittaustekniikat, kuten kuumalanka-anturi tai turbiini, soveltuvat huonosti tähän tarkoitukseen. Kuumalanka-anturiin osuva limainen erite muuttaa tuloksia, ja turbiini taas ei pysty seuraamaan sykkivää ja nopeasti suuntaa vaihtavaa virtausta.

Datex kehitti virtausanturin huokeasta muovisesta valukappaleesta, jossa on lyhyen putken sisällä virtausvastus, joka synnyttää turbulenteille virtaukselle ominaisen neliöllisen riippuvuuden paine-eron ja virtauksen välille. Paine-ero riippuu kylläkin myös kaasuseoksen tiheydestä ja viskositeetistä, mutta kompensointi oli mahdollista, koska käytössä oli samanaikaisesti oma nopea kaasumittaus. Anturille saatiin kaksi tärkeää patenttia, joista toinen koski kaasunäytteenoton sijoittamista virtausanturin sisälle ja toinen virtausvastuksen kolmisakaraisen tähden muotoa.

Kun virtaus- ja tilavuusmittaus olivat teknisesti ratkaistut, opittiin, että potilaan keuhkojen mekaaniset ominaisuudet konehengityksessä on käyttäjille ymmärrettävä asiakokonaisuus. Tätä helpottamaan otettiin käyttöön normaaleissa keuhkofunktio-mittauksissa käytetty tapa näyttää yhden hengitysjakson aikainen paineen ja virtauksen välinen riippuvuus x-y -tasossa pyörivänä silmukkana. Tämä graafinen esitystapa saavuttikin asiakkaiden hyväksynnän ja menetelmä tuli laajalti käyttöön ja tunnetuksi rekisteröidyllä kauppanimellä Side Stream Spirometry.

## Oksimetriaan perässähihtäjänä

Ennen muinoin vietiin maanalaisiin kaivoksiin kanarialintuja monitoroimaan, että happea on riittävästi ihmisellekin. Happiantureilla pystytään nykyisin toki varmistamaan happipitoisuuden riittävyys ilmassa, mutta se ei silti aina takaa, että valtimoveri hapettuu riittävästi. Veren hapetus voi laskea hengitysvajauden takia tai keuhkoissa olla huonosti tuulettuvia osia, jolloin laskimoverta pääsee sekoittumaan valtimovereen. Hapetusaste voidaan mitata optisesti vaikkapa sormenpästä, sillä valtimoveri on helakan punaista ja laskimoveri tumman sinertävää. Mittaukseen tarvitaan kaksi lähi-infrapuna-alueella



olevaa valon aallonpituutta. Japanissa keksittiin 1970-luvulla pulssioksimetrian periaate, jolla voidaan erottaa valtimovereen liittyvä signaali, vaikka valon kulkutiellä on myös laskimoverta. Pulssioksimetrilla mitatusta veren happisaturaatiosta tuli uloshengityksen hiilidioksidin tavoin keskeinen potilasturvallisuutta parantava mittaussuure leikkaussalissa ja muualla sairaalassa. Kansalliset ja kansainväliset anestesiajärjestöt laativatkin suosituksia ja standardeja, jotka tekivät näistä kahdesta suureesta käytännössä pakollisia nukutetun potilaan valvonnassa. Jo tätä ennen oli sisäänhengitetyn hapen mittauksella sama asema.

Datex ei ehtinyt edelläkävijäksi pulssioksimetrin tekniikassa, jossa oli mukana vahva joukko kilpailevia yrityksiä asiaan kuuluvine patenttikiistoineen. Kehitys johti aikanaan ratkaisuihin, joilla saatiin tyydyttävästi hallintaan mittaustekniikan periaatteelliset ongelmat, kuten alentunut sormenpään verenkierto ja anturiin liikkumisesta kytkeytyvät häiriöt. Uusina pulssioksimetrian periaatteen sovelluskohteina ovat viime vuosina tulleet esille veren karboksi-hemoglobiinin mittaaminen, jota tarvitaan häämyrkytyksen saaneilla potilailla, sekä veren kokonaishemoglobiinin veretön optinen mittaaminen. Kilpajuoksun näiden tuotteiden markkinoille tuomiseksi on hiljattain onnistunut voittamaan pulssioksimetriaan aggressiivisesti panostanut Masimo Corporation USA:sta.



*Nukutuslääkärin työasema.*

### Laatikoista järjestelmiin

Takavuosina uudet mittaukset rakennettiin yksittäisiksi suunnilleen kenkälaatikon kokoisiksi monitoreiksi, joiden ulkonäöstä ja muotoilusta ei juuri välitetty. Niitä myytiin hyvällä menestyksellä, kunnes asiakkaat huomasivat, että leikkaussaleissa alkaa tulla ahdasta potilaan pääpuolella, jonne näitä laatikoita kasaantui pinoksi, ja suuri määrä kaapeleita ja letkuja sotkeutui helposti "spagetiksi". Olikin selvää, että elektroniikan yhä integroitua, digitalisoitua ja mikroprosessorien tehon kasvaessa voidaan yhteen isolla näytöllä varustettuun runkoon asentaa mittauksia joko sisäisinä tai ulkoisina moduleina, jolloin asiakas voi tilata laitteen tarpeidensa mukaisella varustelulla. Datex oli tämän ajattelutavan edelläkävijä jo 1980-luvulla Cardiocap -tuotepereheellään, jossa oli samassa kotelossa tarjolla sydäntä, verenkiertoa ja ruumiinlämpöä mittaavat suuret sekä kaasumittaustekniikat. Cardiocapin

kehitykseen vaikutti suuresti kansainvälinen asiakaspalautte, jota saatiin alkuvaiheessa erityisesti Hollannista. Datexin insinöörit oppivatkin nopeasti arvostamaan bisnesnäkökohtia, kun pääsivät tutustumaan myyntiverkoston ihmisten mukana asiakkaan arkeen ulkomaisissa leikkaussaleissa. Niinpä laitteiden virtakytkimetkin suostuttiin siirtämään takapaneelista etupaneeliin, vaikka alussa ei uskottu "merkonomien" viesteihin kytkimen paikkaa koskevista valituksista. Cardiocapin ulkonäön suunnitte-

lemiseen oli palkattu teollinen muotoilija, joka antoi laitteelle tyylikkään käyttöön perustuvan ruskean, mustan ja pronssisen ulkonäön. Muutaman vuoden kuluttua alkoi tulla asiakaspalautetta, että ulkonäkö on liian synkkä sairaalamaailmaan. Siitä lähtien laitteet onkin maalattu enemmän tai vähemmän valkoisiksi.

Cardiocapin korvasi 1990-luvulla kokonaisvaltainen leikkaussalin järjestelmä (AS/3) joka koostui anestesiakoneesta (ADU), modulaarisesta monitorisysteemistä ja sähköisen anestesiakertomuksen tuottavasta ohjelmistosta. Anestesiakoneen innovaatio oli sähköinen höyrystinkasetti, joka voitiin työntää koneen etupaneelista sisään. Perinteiset höyrystimet olivat käsisäätöisiä laitteen kylkeen ripustettavia metallisia ”kattiloita”.

Tässä vaiheessa nukutuslääkärin tarpeet tekniikan suhteen alkoivat olla jo pitkälle tyydytetyt ja kehityksen painopiste siirtyi kokonaisvaltaiseen potilaan hoitoprosessin ymmärtämiseen ja siitä nouseviin uusiin liiketoimintamahdollisuuksiin. AS/3:n seuraaja oli S/5, joka viittaa viiteen hoitoprosessin osaan. Niitä ovat ensiapu, potilaan siirto sairaalan sisällä, nukutus, leikkauksen jälkeinen hoito sekä tehohoito.

## Entropiaa anestesian syvyyteen

Ihmisaivojen toiminnan ja tietoisuuden tason muutokset unessa ovat olleet kauan tutkimuksen kohteina, ja unitutkijat osaavat jakaa unen viiteen eri luokkaan aivosähkökäyrän piirteiden perusteella. Nukutusaineilla aikaansaatu kemiallinen uni on kuitenkin erilaista kuin luonnonuni. Objektiivinen tieto nukutuksen syvyydestä kiinnostaa nukutuslääkäreitä monesta syystä. Potilaiden yksilöllinen vaste lääkaineille voi vaihdella ja johtaa yli- tai aliannosteluun. Suuri annos aiheuttaa liian syvän nukutuksen, joka voi aiheuttaa potilaalle heräämisen jälkeistä pahoinvointia ja hidastaa toipumista. Liian kevyt nukutus voi pahimmassa tapauksessa johtaa heräämisen, jolloin potilas kuulee ja näkee kaiken, mutta ei pysty kommunikoimaan hengityspotken ja lihasten halvaannuttamisen takia. Leikkausten aikaisten heräämisten esiintyvyys on muutama tapaus tuhannesta nukutuksesta.

Datex kehitti jo 1980-luvulla Anesthesia and Brain Activity Monitor (ABM)-nimisen monitorin, joka analysoi aivosähkökäyrän (EEG) ja otsalihasten sähköisen toiminnan (EMG) signaaleja. Laitetta myytiin hyvin alan tutkijoille, mutta se oli valitettavasti 10 vuotta edellä aikaansa. Varsinainen markkina avautui vasta 1990-luvun lopulla, kun amerikkalainen Aspect Medical Systems kehitti edistyneeseen, mutta yksityiskohdiltaan salaiseen EEG-signaalianalyyysiin perustuvan Bi-Spectral (BIS) -indeksin. Aspect aloitti myös alalla poikkeuksellisen voimakkaan markkinointikampanjan, jossa vedottiin suoraan potilaisiin ja heidän omaisiinsa viestillä, että jos ette halua herätä kesken leikkauksen, niin varmistakaa nukutuslääkäriltä onko hänellä käytössään BIS-mittaus. Siitä tuli luonnollisesti USA:n



Anestesian syvyyden mittaus EEG-signaalin entropiasta.



viranomaisilta vastareaktio, jolloin Aspect säätö markkinointinsa hienovaraisemmaksi ja BIS-indeksistä tuli menestystuote.

Datex-Ohmeda heräsi asiassa hieman jälkijunassa ja päätti lähteä kehittämään BIS:ille kilpailijaa. Sellainen saatiin valmiiksi vuonna 2003 analysoimalla EEG-signaalin epäjärjestystä informaatioteoriasta tunnetun entropia-käsitteen avulla. Valveilla aivotoiminta on aktiivista ja EEG varsin epäsäännöllistä, kun taas nukutuksessa sen sisäinen järjestys kasvaa, jolloin entropia puolestaan laskee. BIS-indeksin tapaaminen mittaus tulos esitettiin skaalalla 0-100, jossa 0 merkitsee koomaa ja 100 täysin hereillä oloa. Optimaalisessa nukutuksessa entropian pitäisi pysytellä välillä 40...60.

Samalla kun entropiaa kehitettiin itse, liittouduttiin varmuuden vuoksi Aspectin kanssa, joka edellytti myymään myös heidän tuotettaan tietyissä maissa, mutta antoi mahdollisuuden saada käyttöön heidän patentoimansa helppo- ja kertakäyttöisen kolmen elektrodin EEG-anturin, johon suurin osa mittausmenetelmän tuottamasta kassavirrasta perustuu.

### Mitä kaikkea tuli opittua

Edellä esitetty valikoidusta ja rajoitetusta näkökulmasta kuvattu suomalaisen teollisuuden menestystarina herättää luonnollisesti monia kysymyksiä. Miksi juuri suomalaiset onnistuivat? Oliko takana ylivertainen osaaminen, visio ja strategia vai satuimmeko vain olemaan oikeaan aikaan oikeassa paikassa eli "serendipity"? Mahtoiko koulutuksemme ja tutkimuksemme olla parempaa kuin Ruotsissa, Saksassa, Hollannissa ja USA:ssa, jotka ovat olleet alan vahvoja maita sekä akateemisella saralla että ura uurtavien yritysten synnyttäjinä ja kotipaikkoina? Voisiko nykyinen Suomi synnyttää vielä uudelleen vastaavia tarinoita lääketieteellisen tekniikan alalla?

Menestyminen alan teknisessä ja kaupallisessa kilpailussa vaatii hyvin moni- ja poikkiteollista osaamista ja asennetta. Useimmat alan pioneerit Suomessa olivat fyysikoita ja elektroniikkainsinöörejä vailla muodollista lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan koulutusta, fysiologiasta puhumattakaan. Tiivis yhteistyö lääkäreiden kanssa on ollut välttämättömyys. Tohtoritason akateeminen pätevyys ei ole välttämätön edellytys, mutta yleensä varsin hyödyllinen, kunhan teollisuuden tohtori muistaa ottaa ohjenuorakseen iskulauseen "patent or perish" eikä "publish or perish". Instrumentariumin oston yhteydessä GE:n haltuun siirtyi osajien ja osaamisen lisäksi n. 400 patenttiperheen salkku, jonka keksijöistä oli huomattava osa tohtorin tutkinnon suorittaneita. Poikkiteollinen lähestymistapa näkyi myös siinä, että Instrumentariumin insinöörit ja tutkijat eivät käyneet esitelmiä pitämässä ja kuuntelemassa juurikaan lääketieteellisen tekniikan, vaan anestesian ja tehohoidon kansainvälisissä kongresseissa. Niissä oppi ymmärtämään asiakkaan ajattelua ja kielenkäyttöä, kuuli heidän uusista tarpeistaan sekä tutustui ja verkottui kansainvälisiin mielipidevaikuttajiin. Vähänkin esiintymiskelpoisia tuotekehittäjiä pantiin myös näyttelyosastoille esittelemään tuotteita, joiden kehityksessä he olivat olleet mukana.

Maailma on luonnollisesti nyt toinen kuin 40 tai 25 vuotta sitten. Kun tarkastellaan, mille tasolle terveydenhuollon huipputekniikka on tällä välin kehittynyt leikkaussaleissa, tehosastoilla ja kuvantamisessa, moni saattaa arvella, että jäljellä on vain pienten parantelujen polkuja. Sairaalatekniikka on todellakin saavuttamassa teknisesti kypsän tason siinä merkityksessä mitä näemme vaikkapa autoissa, matkapuhelimissa ja

kulutuselektroniikassa. Toisaalta tekniikka on aina kehittynyt syklisesti pitkinä aaltoina, jolloin entisen aallon vaimentuessa syntyy uuden alku jonkun läpimurtoinnovaation pohjalta. Seuraavaksi edessämme on todennäköisesti murros, jossa ennaltaehkäisyn ja varhaiseen diagnostiikkaan ja hoitoon liittyvien tekniikoiden avulla ihmisten terveydestä voidaan suurimmaksi osaksi huolehtia ilman sairaalahoitoja. Silloin henkilökohtaisen terveysmonitorin pitäisi kulkea matkapuhelimen kokoisena jokaisen taskussa. Nano- ja bioteknologia muodossa tai toisessa tullevat olemaan uuden aallon keskeinen teknologiapohja.

Riittääkö suomalaisten tutkijoiden innovatiivisuus ja rohkeus lähteä ja päästä eturintamaan tässä seuraavassa aallossa? Edellytykset siihen ovat edelleen kunnossa, vaikkakin tällä hetkellä innovatiivisin valtio lääketieteellisen tekniikan alan patentoinneilla ja kasvuyritysten määrällä mitattuna näyttäisi olevan Israel. Unohtaa ei myöskään sovi kiinalaisten ja intialaisten yritysten vahvaa panosta hinnaltaan edullisen korkealaatuisen sairaalatekniikan tuottamisessa kehittyvien ja tuota pikaa myös kehittyneiden maiden markkinoille. Tätä taustaa vasten meidän olisi panostettava lisää lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan opetukseen ja tutkimukseen, mutta muistettava että tekniikan painopiste on siirtynyt yhä enemmän ”raudan” rakentamisesta signaalinkäsittelyyn ”softan” ja älykkäiden käyttöliittymien kehittämiseen. Vaikka lähes kaikkea tarvittavaa osataan mitata, niin vääriä hälytyksiä tuottavia teknisiä häiriötilanteita ei vielä kukaan täysin hallita. Nykyasiakkaat kaipaavat tuotteisiin tällä hetkellä enemmän älykkäitä hälytyksiä kuin uusia parametreja.

Sairaaloissa käytettävän tekniikan laatu ja turvallisuus ovat kansainvälisen ja kansallisen lainsäädännön tarkasti kontrolloimaa. USA:n Food and Drug Administration (FDA) antaa luvat uusien laitteiden ja konseptien ottamiseen potilaskäyttöön ja tekee tarkastuksia myös maassamme toimivissa yrityksissä. Jos asiat eivät ole kunnossa, FDA sulkee tehtaan siihen saakka, kun ne on saatu kuntoon. Tämä on luonnollisesti sekä potilaiden että yritysten etu, mutta tekee alkavien yritysten hyvienkin ideoiden kansainvälisille markkinoille tunkeutumisesta pitkän, vaativan ja usein kivuliaan urakan.

Suomi on maailman mittakaavassa varsin kompakti yhteisö sekä maantieteelliseltä että henkisiltä puitteiltaan. Meillä on viisi yliopistollista keskussairaala, joiden johtaviin lääketieteen professoreihin tekniikan kehittäjillä on ollut mahdollista rakentaa toimivia ja pitkäjänteisiä yhteistyösuhteita pragmaattiselta pohjalta. Tekniikan ja lääketieteen yhteistyö onnistuu silloin, kun päästään tasavertaisen dialogin tasolle. Silloin insinöörit voivat kertoa avoimesti lääkäreille, että tällaista olemme nyt keksineet ja mahtaisiko sille olla teillä käyttöä sekä lääkärit vastaavasti insinööreille, että meillä olisi tällainen ongelma ja osaisitteko sen meille ratkaista. Viime kädessä molempien osapuolten työn tulee koitua potilaan parhaaksi, mihin rooliin myös useimmat insinöörit ja lääkärit elämänsä aikana joskus joutuvat.

## Viitteet

- Tammisto Tapani (1998). Herätettiin valvomaan, HYKSin ja Datexin kehityspanos anestesia- ja valvontaan vuosina 1965-1994. Instrumentarium Oyj, Helsinki.
- Jalas Aarno ja Laakso Mikko (2000). Instrumentarium, Ensimmäinen vuosisatamme 1900-2000, Instrumentarium Oyj, Jyväskylä.
- Meriläinen Pekka (2005). Huipputekniikka nukutettujen potilaiden elintoimintojen valvonnassa. Teoksessa: Kiehkäänkärkiä, kolmetoista kertomusta suomalaisesta huipputekniikasta, toim. Kurt Nordman, Svenska Tekniska Vetenskapsakademin i Finland, ss. 165-184. Helsinki.

*GE Healthcare (GEHC) on osa maailman suurimpiin yrityksiin kuuluvaa General Electricia, jonka perusti Thomas Alva Edison v. 1878. GEHC:n liikevaihto on n. 17 mrd. USD ja henkilömäärä n. 42000. GE Healthcare Finland jatkaa pitkälti Instrumentariumin Datex-Ohmeda -yksikön toiminta-alueella kehittäen huipputekniikkaa leikkaussaleihin ja teho-osastolle. GEHC:n organisaatiossa suomalaiset osat kuuluvat Clinical Systems -divisioonan Monitoring Solutions- ja Life Support Solutions -yksiköihin, joiden henkilöstöstä osa työskentelee USA:ssa. Suomessa Helsingin Vallilassa työntekijöitä on n. 1000, joista T&K-tehtävissä n. 250. Suomen yksikölle ei lasketa liikevaihtoa erikseen, mutta epävirallisen arvion mukaan se on suuruusluokkaa 300 miljoonaa euroa vuodessa.*

*[www.gehealthcare.fi](http://www.gehealthcare.fi)*

## PLANMECA – INNOVATIIVINEN KAARI KEHITYSTYÖSSÄ

Arto Virta

Tutkimus- ja teknologiajohtaja

Kahdeksankymmentäluvun alkuvuosina Planmeca oli saavuttanut kunnioitettavan kymmenen vuoden iän. Planmecalla oli asiakkailleen, hammaslääkäreille, tarjottavana heidän tärkeimmät työkalunsa hammashoitokone ja potilastuoli. Markkinaosuudet olivat vielä vaatimattomia, mutta alusta asti toiminta oli hyvin kansainvälistä. Tuohon ajanjaksoon liittyneet isot kotimaiset julkiset hankinnat, jotka johtuivat uusien hammaslääketieteen laitosten perustamisesta ja vanhojen uudistamisesta, olivat tärkeässä roolissa mahdollistamassa Planmecan panostusta tuotekehitykseen.



*Planmecan röntgentuotantoa Herttoniemessä.*

Planmecassa nähtiin alalla ensimmäisten joukossa, että tulevaisuus on kehittyneissä sulautettuihin ohjauksiin perustuvissa laitteissa. Vuonna 1982 Planmeca toi markkinoille maailman ensimmäisen mikroprosessoriohjatun potilastuolin.

Miten Planmecasta tuli yritys, jonka liikevaihdosta yli puolet tulee röntgenlaitteista ja niihin liittyvistä ohjelmistoista, ja joka on johtava hammasröntgenlaitteiden valmistaja ja maailman suurin perheomisteinen yritys alallaan. Monta asiaa on pitänyt loksauttaa paikoilleen ennen kuin tämä on ollut mahdollista.

Suomessa on historiallisista syistä ollut hammasröntgenkehitystä ja alan valmistusta jo vuosikymmeniä. Taustalla professori *Yrjö Paateron* urauurtava kehitystyö panoraamaröntgenlaitteen kehittämiseksi yhdessä *DI Timo Niemisen* kanssa. Kumpikaan suuresti kunnioittamistani herroista ei enää ole keskuudessamme. Niemisen tie kulki värikkäiden vaiheiden jälkeen Palomexistä hänen perustamaansa Soredexiin, jonka kanssa Planmecalla oli 70-luvun lopulla yhteistyötä, Soredexin mm. toimiessa hetken Planmecan alivuokralaisena. 80-luvulle tultaessa yhteistyö oli päättynyt ja Nieminen väistyi Soredexin johdosta. Kevättalvella 1984 varsin karismaattinen Nieminen marssi Planmecaan vanhan tuttunsa, toimitusjohtaja *Heikki Kyöstilän*, puheille mukanaan ehdotus Planmecan oman panoraamaröntgenlaitteen kehittämiseksi. Lopputulemana oli, että *Timo Nieminen* konseptoi ja Planmecan tuotekehitys toteuttaisi hänen ohjauksessaan panoraamaröntgenlaitteen, jonka vuosimyynti muutaman vuoden tähtämellä nousisi 300 kappaleeseen.

Olimme Planmecassa katsoneet näitä röntgenlaittevalmistajia ylöspäin pelon sekaisella kunnioituksella. Ionisoitavaan säteilyyn perustuville kuvantamislaitteille oli jo tuolloin tuntuvasti kovemmat viranomaisvaatimukset mm. tuotannon osalta. Myös korkeajännitetekniikka oli meille vierasta, puhumattakaan kaikesta röntgensäteilyyn liittyvästä. Meillä oli tiedossa, että Soredex oli Niemisen johdolla tuonut markkinoille tuolloin kehityksen huippua edustaneen tasavirtageneraattorin ja heidän laitteensa edusti myös muotoilultaan uutta modernia linjaa.

Röntgen generaattorin suunnittelu jäi Planmecan vastuulle. Laitteen peruskonseptiin olennaisesti liittyvä projektiogeometrian määrittäminen sen sijaan oli alue, jossa Niemisellä oli merkittävä panos. Kapeakeilatografian hieman hankalasti aukeavan toimintaperiaatteen vääntäminen niin sanotusti rautalangasta koviin kalloihimme oli jatkon kannalta olennaista.



*Planmeca ProMax 3D-röntgenlaite.*

Vaikka siis lähdimme suorittamaan tehtävää lähes täydellisen tietämättömyyden antamalla varmuudella, aika pian kävi niin, että näkemyksemme ajanmukaisesta toteutuksesta meni ristiin oppi-isämme kanssa. Suurimmat näkemyserot liittyivät kuvantamiseen tarvittavien liikkeiden toteutukseen. Nieminen halusi toteuttaa potilaan kallon ympäri kiertyvän C-varren liikuttelun ja sädekeilan poikki kulkevan filmin välisen synkronoinnin alalla tyyppillisellä tavalla mekaanisesti. Planmecassa taas oli herännyt ajatus yksinkertaistaa mekaniikkaa ja samalla mahdollistaa kuvautuvan kerroksen muodon muuttaminen ohjelmallisesti hyödyntämällä mikroprosessoriohjausta ja askelmoottoreita.

Oli melkoinen luottamuksenosoitus Planmecan omistajalta omia tuote-

kehittäjiään kohtaan, kun yhteistyöstä Niemisen kanssa luovuttiin muutaman kuukauden jälkeen ja koko tehtävä jäi parin nuoren suunnittelijan vastuulle.

Kaupallisen menestyksen syntymiseen vaikutti moni seikka. Märkäkorvina emme tiedäneet, että ei sitä voi näin tehdä. Tarkemmin katsottuna kilpailevat tuotteet osoittautuivat monilta osin ennakkokäsitystämme vanhoillisemmiksi, joten oli mahdollista erottautua uusilla teknisillä ominaisuuksilla nimenomaan niiden mahdollistamien uusien käyttäjälle näkyvien toiminnallisuuden avulla. Samalla valittu teknologia paransi laitteiden luotettavuutta ja alensi valmistuskustannuksia. Meillä kävi myös tuuria, kun San Antonion yliopisto julkisti juuri sopivasti erittäin laajaan aineistoon perustuneen tutkimuksen ihmisen leuan muodosta. Tämän tutkimuksen perusteella saimme optimoiduksi kuvautuvan kerroksen muodon tuotantolaitteisiin ensimmäistä prototyyppiä paremmaksi.

Kehitystyön aikana saimme palautetta mm. professori *Keijo Mattilalta* ja HLT *Jaakko Peltotalta* Helsingin yliopiston hammaslääketieteen laitokselta. Muistelen Mattilan kohteliaan sanankääntein antaneen meidän ymmärtää, että ensimmäiset panoraamakuvamme olivat kammottavia. Peltola muistanee vieläkin, kun hieman myöhemmässä vaiheessa annoimme hänelle selvitettäväksi, mitä kuvan potilaalla on vikana. Kuvauksessa olimme laittaneet ns. fantom-kallon laitteeseen 90 astetta sivulle käännettynä. Seurauksena oli vaikeasti tulkittava anatomia, jonka Jaakko arveli kuuluvan vaikean liikenneonnettomuuden uhrille.

1986 tapahtuneen lanseerauksen jälkeen Planmegan ensimmäinen panoraamalaite on pysynyt perusrakenteeltaan samanlaisena edelleen tuotannossa. Virallisen tunnustuksen valtiovaltalta saimme, kun vuonna 1991 Kauppa- ja teollisuusministeriö myönsi työryhmälle *Arto Virta - Pekka Strömmer* tunnustuspalkinnon uuden sukupolven panoraamaröntgenlaitteen kehittämisestä.

Vaikka tuohon aikaan uuden tuotteen kehittäminen oli mahdollista nykyistä olennaisesti pienemmillä resursseilla, oli edellä mainittujen lisäksi mukana lukuisia menestykseen ratkaisevasti vaikuttaneita henkilöitä, mm. muotoilun, tuotannon ja markkinoinnin ammattilaisia.

Vuosien kuluessa panoraamalaitemme on saanut rinnalleen kaksi muuta panoraamatuotepohjettä. 90-luvulla on läpikäyty merkittävä teknologinen muutos siirryttäessä filmipohjaisesta kuvantamisesta puolijohdeantureiden käyttöön. Kallon alueen kuvantamisessa näyttää panoraamalaite edelleen puolustavan asemaansa, vaikka alan viimeisin kehitys cone beam computed tomography -tekniikkoineen tarjoaa hammaslääkäreille ja radiolo-



*Kolmiulotteisia röntgenkuvia.*

geille kolmiulotteisen näkymän.

Planmeca on laajentunut kuvantamislaitteissa myös intraoraaliröntgeneihin ja tytäryhtiönsä Planmedin puitteissa mammografiaan. Kuvantamissensoreita on kehitetty jo useampia tuotesukupolvia ja digitaalisten kuvien tallennukseen, siirtoon ja käsittelyyn tarkoitetut ohjelmistot ovat nykypäivänä merkittävää liiketoimintaa.

*Planmeca Groupin emoyhtiö Planmeca Oy suunnittelee ja valmistaa korkean teknologian hammashoitolaitteita, kuten hammashoitoyksiköitä, panoraama- ja intraoraaliröntgenlaitteita sekä digitaalikuvantamislaitteita. Planmeca sijoittui 105:nneksi Talouselämän Suomen 500 suurinta yritystä -listauksessa vuonna 2006 ja sai TE-arvosanan 10,0 neljättä kertaa peräkkäin. Vuonna 1971 perustettu yritys on alan suurin perheyhtiö maailmassa ja Euroopan kolmanneksi suurin laitevalmistaja.*

*Planmecan tuotanto ja tuotekehitys toimivat Helsingin Herttoniemessä. Tuotannosta 98% viedään yli 100 maahan. Planmecalla on huomattavat markkinaosuudet useassa Euroopan maassa ja Yhdysvalloissa, ja markkinaosuus Aasiassa on kannattavassa kasvussa. Planmeca Groupin vuoden 2008 liikevaihtoennuste on 550 miljoonaa euroa. Henkilöstöä on yli 2 000, joista Suomessa noin 700.*

[www.planmeca.com](http://www.planmeca.com)



## POLAR ELECTRO – FROM HEART RATE MONITORS TO WRIST COMPUTERS

Paula Virtanen  
Senior Scientist

Raija Laukkanen  
Director of Exercise Science

Accurate heart rate monitoring is essential in fitness training and testing. Polar Electro started making heart rate monitors 31 years ago, in 1977, with battery-operated fingertip pulse meter. Lightweight telemetric heart rate monitors equipped with conventional electrodes have been available since 1983 when Polar Electro introduced the first wireless heart rate monitor. Since then, heart rate monitors and analysis tools have developed in the direction of the interpretation of heart rate information.

### The Firsts by Polar Electro

Through the years, Polar heart rate monitors have been recognized as the most accurate tools for heart rate monitoring and registering in the field. Extensive research and development work has also resulted in high-quality devices for the analysis of heart rate data. The most notable innovations of Polar Electro Oy since 1977 are summarized in the following table.

#### World Firsts by Polar Electro

---

<b>1977</b>	Fingertip pulse meter
<b>1982</b>	Wireless heart rate monitor
<b>1984</b>	Wireless heart rate monitor with computer interface
<b>1987</b>	Target zone feature
<b>1990</b>	Cycle computer with wireless heart rate measurement
<b>1991</b>	Windows-based analysis software
<b>1992</b>	Integrated one-piece transmitter
<b>1995</b>	Coded transmission, R-R recording and analysis, relaxation display
<b>1997</b>	OwnZone - HRV based optimal training feature
<b>1998</b>	Overtraining test
<b>1999</b>	OwnIndex - rest based fitness test
<b>2000</b>	Cycling power output uplink
<b>2002</b>	WearLink soft textile transmitter
<b>2003</b>	Running speed and distance
<b>2004</b>	OwnOptimizer training recovery feature, true multisport product (running/cycling)
<b>2005</b>	Integrated Training System
<b>2006</b>	Leg cadence, stride length measurement and Running Index
<b>2007</b>	GPS speed & distance and Activity Technology

---

Polar Electro Oy introduced its first retail monitor in 1978. It was a heart rate monitor with an optimal cable-connected chest belt. In 1983, the first wireless heart rate monitor using electric field data transfer was introduced for exercisers to be used in the field. It consisted of a transmitter worn on the chest and a watch-like receiver worn on the wrist. In 1984, Polar Electro Oy introduced the world's first heart rate monitor equipped with a computer interface and transmission by magnetic field. In 1989 came out a watch-size, water-resistant monitor which had a contactless computer interface and large memory.

During 1990-93, many new innovations were introduced, e.g. the first cycle-computer with a computer interface measuring speed, time, distance and pedalling rate. Other innovations were Windows®-based analysis software and an integrated, one-piece transmitter. Especially easy-to-use, consumer-friendly heart rate monitors were introduced 1991-93.

In 1995, came out coded transmission, beat-to-beat (R-R) recording and analysis system (Polar Advantage Interface System™ and Precision Performance Software™ for Windows®). In 1997, Polar launched a heart rate monitor and cycle computer in one unit. It measured heart rate, distance, time, speed, cadence and altitude during performance.

At the end of the 90's, Polar Electro started to introduce product families directed to different consumer segments from irregular exercisers to professional athletes to get the most out of their exercise. In 1997-1999 three notable features in Polar Electro's history were developed. An automatic exercise intensity guidance feature (OwnZone) and an energy expenditure estimation (OwnCal) were introduced in 1997. Both features are based on R-R recording and equations derived from extensive physiological research conducted in several research units. Polar Fitness Test™ was launched in 1999. The result of the test, OwnIndex®, predicts  $VO_{2max}$  value using resting heart rate and heart rate variability (HRV), activity level, gender, age, height and weight.

During 2000-2006 several features especially for Polar running and cycling computers were developed. In 2000 came out Polar cycling power; in 2003 running speed and distance measurement in the wrist unit. In 2005, an integrated co-operation training system was launched, and the next year running cadence, stride length and running index measures. Year 2003 brought Polar OwnOptimizer®, a tool to evaluate the training effect from heart rate and HRV during an orthostatic test.

Outdoor computers with compass and altitude measurement came out in 2004. The latest development, in 2007, is the activity technology measuring the quantity and quality of body movement.

## Accuracy of the Heart Rate Monitors

The validity and accuracy of Polar Sport Tester PE2000 and Sport Tester PE3000 were studied by several exercise scientists. Karvonen et al. (1984) found that PE2000 measured heart rate during exercise with comparable accuracy to the Holter apparatus. Seaward et al. (1990) studied PE3000 and found it's precision and accuracy equal to that of ECG at rest and during variable-intensity exercise. In 1989 Thivierge and Leger found heart rate monitors with conventional electrodes to be more valid than monitors with

non-conventional electrodes or photo-electric sensors either on the ear or on the finger. Treiber et al. (1989) reported correlation coefficients of at least 0.93 between PE3000 and ECG-derived heart rates in children.

When studying Polar Sport Tester, or Polar VantageXL, Godsen et al. (1991) found excellent accuracy during treadmill running, rowing, arm-leg cycle ergometry and weight training. Wajciechowski et al. (1991) found correlation coefficients of 0.99 between the monitor and ECG values during walking, jogging and aerobic dance in women.

Kaikkonen et al. (1997) used Polar VantageNV™ and Precision Performance Software™ to study recovery and overtraining in orienteers. They reported that the measurements were easy to perform and analyse by the athletes at home and during training camp.



*Polar Fitness training computer can be used with GPS- sensor to measure speed and distance.*

## Exercise Intensity Guidance

Exercise intensity guidance feature in Polar heart rate monitors, Polar OwnZone®, corresponds to about 65-85% of maximum heart rate. It is based on HRV measurement during exercise. It has been developed in extensive research co-operation between Polar Electro Oy and international research groups. The first study projects showed the HRV "plateau" to be at 50-55% of maximal aerobic power ( $VO_{2max}$ ) or at about 61-65% of the  $HR_{max}$ . A large sample of 110 males was further analyzed and age was shown to explain the HRV at rest and physical fitness during exercise (Tulppo et al. 1998). Another study showed that the HRV plateau is well repeatable, and the changes in the autonomic modulation of heart rate were comparable during arm and leg exercise (Tulppo et al. 1999).

After the basic development studies, the exercise intensity guidance feature, the OwnZone®, has been validated in several studies. The lower and upper heart rate limits were found to be (mean $\pm$ SD) 64 $\pm$ 4% and 82 $\pm$ 5% of  $HR_{max}$  in healthy adults (Laukkanen et al. 1998). In obese adults (mean BMI 37 kg/m<sup>2</sup>) the heart rate limits were 68% and 86% of  $HR_{peak}$  (Byrne et al. 1999) and in middle-aged marathon runners 65% and 83%  $HR_{max}$  on the average (Virtanen et al. 2000). Schweizer et al. (2004) investigated the relationship between blood lactate and OwnZone in healthy adults. The subjects performed graded OwnZone test on the treadmill and on a stationary bike. Blood lactates both at the lower

and at the upper limits of OwnZone indicated aerobic working levels in both genders in both test modes.

## Energy Expenditure Assessment

Polar energy expenditure (EE) feature, the OwnCal<sup>®</sup>, is based on prediction equations developed and evaluated in a series of research projects. The first project was a comparative study about EE assessment methods (Fogelholm et al. 1998). In this study doubly labeled water measurements were compared with Caltrac<sup>®</sup> accelerometer, Fitty3 pedometer, heart rate monitoring (Polar PE3000), physical activity log and food diary. Heart rate, with individual heart rate-EE equations, gave an unbiased estimation of daily EE despite quite remarkable individual errors in some cases. To further study the heart rate-EE relation, 86 women and men were measured on a bicycle ergometer and during walking in a graded exercise protocol. As a result, general gender specific regression equations including age, body weight and heart rate were developed for EE assessment during exercise for adults (Hiilloskorpi et al. 1999). Reference measure for the EE in the laboratory was gas-analysis based on the Weir equation (1949). Mean deviation between the predicted and measured EE during walking was 0.4 kcal/min and the limits of agreement (mean $\pm$ 2SD) were between -4 and 3 kcal/min.

In the 2000 century the OwnCal equations were further developed. Crouter et al. (2004) evaluated the calorie calculation of Polar S410 heart rate monitor. Keytel et al. (2005) reported correlation coefficient ( $r^2$ ) between the measured and estimated EE to be 0.913 during physical activity when age, gender, heart rate, weight and  $VO_{2max}$  were used as predictors in a mixed-model analysis. It was concluded that it is possible to estimate physical activity EE from heart rate with a great deal of accuracy, after adjusting for age, gender, body mass and fitness.

## Cardiovascular Fitness Assessment

The Polar Fitness Test<sup>™</sup>, a feature in most Polar heart rate monitors, predicts maximal aerobic power,  $VO_{2max}$ . The test offers an alternative when maximal test is not an option.

It has been developed using artificial neural network calculation, a widely used method in signal processing.

The development and validation of the fitness test started in 1996 when 305 laboratory fitness measurements were performed to 15-65-year-old men and women (Väinämö et al. 1996). The test was further developed in 2000 by Kinnunen et al. with a sample of 424 men and women, aged 15-64 years, across a wide range of fitness. The test was then validated on trained subjects (Peltola et al. 2000). It was shown that the  $VO_{2max}$  prediction associated reasonably highly with  $VO_{2max}$  measured



*Polar FT80 Fitness training computer is a versatile training tool with strength training feature.*

in the laboratory in both men and women. The results indicate that Polar Fitness Test can be considered a good measure of aerobic fitness.

In 2003 the Polar Fitness Test™ result was compared to laboratory measured gas analysis value by Crumpton et al. In this study, maximal aerobic power was  $47.2 \pm 7.8$  in the laboratory and  $47.4 \pm 12.1$  evaluated by Polar Fitness Test. The test was further validated in 2004 by Borodulin et al. They studied the relationship of the test result to self-reported fitness and leisure-time physical activity in a large sample ( $n=5979$ ) of Finnish men and women aged 25-74 years. The study group participated in the national FINRISK study. The results showed that the Polar Fitness Test™ was a feasible method to predict aerobic fitness in a large population and the test was easy to carry out. Borodulin et al. (2005) also showed that Polar Fitness Test™ is related to cardiovascular health so that those with better health status score higher predicted  $VO_{2max}$  values.

## Optimizing Training

There are a couple of tools Polar has developed for optimizing an athlete's training in the long term. These include a more traditional overtraining test (Polar Overtraining Test since 1998), and a newer training optimizing tool (Polar OwnOptimizer since 2003). The tests are included in selected Polar's running and cycling computers.

Polar Overtraining Test (POT) is a non-invasive self test based on resting and orthostatic heart rate and HRV. It is aimed for athletes' overreaching and overtraining detection. The result of the test is analyzed and evaluated with Polar Precision Performance software.

Rusko et al. (2000) followed Finnish athletes preparing for Sydney Olympics 2000. POT was measured before and for 10 consecutive mornings after 22-hour flight from Finland to Sydney. Air flight and zone shift for 9 hours induced heart rate and HRV changes which lasted for about 10 days. Individual differences in the adaptation to jet lag were remarkable. POT was suggested as a simple mean to control the adaptation to jet lag in athletes.

Polar OwnOptimizer determines whether the training program is optimally developing performance. It helps to optimize the training load so that the exerciser reaches an increase in performance and can avoid undertraining or overtraining over the long-term. OwnOptimizer is a modification of a traditional orthostatic overtraining test. It is based on heart rate and HRV measurements consisting of five heart rate parameters. Two of these values are calculated at rest, one while standing up and two while standing.

The test indicates the training state of the day (recovered, normal training state, training effect, steady training state, stagnant training state, hard training effect, overreaching, sympathetic overtraining, parasympathetic overtraining). The user should follow the trend of the results and make appropriate changes to the training program whether it will be continuing training as programmed, including light or more intense training, recovery or rest.

## Sensors for Running and Cycling Performances

Running and cycling performances are characterized by a combination of physiological and biomechanical variables. In addition to heart rate and HRV derived features, Polar Electro's recent running and cycling computers include sensors (attached either to running shoe or bicycle) that measure speed, distance, cadence, running index and cycling power. These sensors provide feedback in the real time to the user.



*Top cyclists use Polar cycling computers and sensors for their training.*

Polar Running Index (RI) has been developed taking into account personal cardio-respiratory responses and running speed to provide a performance indicator for individual training sessions. Along with maximal performance ( $VO_{2max}$  and  $W_{max}$ ) RI gives information on running economy. It has proven a reliable running performance indicator at wide speed range. Cardinale et al. (2007) evaluated RI in well trained runners and found that it correlates well with Cooper Test predicted  $VO_{2max}$  ( $r^2=0.71$ ,  $p<0.001$ ). This is as expected because both RI and Cooper test measure running performance.

Running speed, running cadence and running stride length are the main biochemical determinants of running performance. Jackson et al. (2007) validated Polar stride sensor by comparing its measurements during an incremental treadmill running test in regularly training club level runners. They found significant relationship between running speed measured by the stride sensor and treadmill speed at speeds from 9 km/h to 19 km/h ( $r^2=0.98$ ,  $p<0.001$ ).

Cycling power measurement indicates the intensity of the cycling performance in watts. Power output provides an objective tool for tracking training progress. In addition to pedaling power, Polar Power Output sensor measures cycling efficiency, pedaling index, left/right power, cadence and cycling economy. The results can be analyzed and compared between cyclists and different exercises.

Where heart rate monitoring provides performance feedback with a short delay, power measurement enables accurate monitoring of performance output instantly. This is especially beneficial during interval training, for instance, when feedback is required immediately.

## Activity Measurement

The effect of physical activity is undeniable in health promotion. In 2007 Polar developed a product, Activity Watch 200 (AW200), for recording and follow-up of physical activity



based on acceleration. The product allows the measurement of energy expenditure (EE), number of steps, active time and various altitude parameters during outdoor activities.

The EE measurement is based on movement detection. It was validated against indirect calorimetric method (IC) during a 9.7 km long hike in 35-55-year-old men and women (Pichon et al. 2007). There was a high correlation between the EE values obtained from the AW200 and the IC calculation ( $r^2=0.987$ ,  $p<0,001$ ). EE calculated from the two methods were identical during the first 90 min of the hike. However, the EE calculated by the AW200 at 120 min and at the end of the hike was lower ( $p<0.05$ ) than EE provided by the IC. The number of steps (12 000 on an average) obtained with the AW200 and pedometer were the same whatever the hike duration. The reproducibility of the parameters of AW200 was good. Less than 5% variations were found for all parameters (altitude changes, time, active time, steps and calories) during eight repeated hikes. The AW200 thus appeared to be a very useful and accurate tool to measure EE during exercise in recreational hikers and provides a useful tool for personal follow up of EE.

## Polar Exercise Programs

In addition to supervised exercise, there has been a need for self-administered exercise that is individually tailored and follows exercise training principles. Polar developed a computer program, the Keeps U Fit™ – Own Workout Program, in 2004 to improve cardiovascular fitness based on the user's personal demographics and long term physical activity level. The program is in accordance with the ACSM physical activity guidelines (3-5 times weekly, 20-60 min per session). It provides weekly information on the amount of exercise sessions, exercise duration and the required energy expenditure on the wrist unit. The workout sessions are reasonably distributed among the training week. Training progress can be followed in an electronic log.

The obesity epidemic coupled with poor success of cost-effective weight management treatments has prompted the call to further determine viable treatment options. Polar developed a weight management program that assists in learning how to self-manage weight loss and long-term weight management. The program in the wrist unit calculates an individual weight loss or maintenance target based on personal demographic information. The user receives recommendations for daily energy intake and weekly exercise energy expenditure (in kilocalories). The program allows the user to follow his/her progress daily in an electronic diary and gives weekly updates.

Byrne et al. (2006) evaluated the effects of a 32-week personalized Polar weight management program (PWMP) compared with standard care (SC), and found PWMP to be more effective in weight loss. Eighty % of participants completed the 32-week intervention. At 32 weeks, PWMP completers had significantly greater losses in body weight ( $6.2\pm3.4$  vs.  $2.6\pm3.6$  kg, mean $\pm$ SD), fat mass ( $5.9\pm3.4$  vs.  $2.2\pm3.6$  kg), and waist circumference ( $4.4\pm4.5$  vs.  $1.0\pm3.6$  cm).

## References

Borodulin K, Lakka T, Laatikainen T, Laukkanen R, Kinnunen H, Jousilahti P (2004). Associations of self-rated fitness and different types of leisure time physical activity with predicted aerobic fitness in 5346 Finnish adults. *Journal of Physical Activity and Health* 1:142-153.



- Borodulin K, Laatikainen T, Lahti-Koski M, Lakka T, Laukkanen R, Sarna S, Jousilahti P (2005). Associations between estimated aerobic fitness and cardiovascular risk factors in adults with different levels of abdominal obesity. *Eur J Cardiovasc Prev Rehab*. 12:126-131.
- Byrne N, Hills A, Ramage A, Laukkanen R (1999). Use of heart rate variability (HRV) in prescribing exercise intensity threshold in the obese. Abstract in *Int J Obes* 23(5):567.
- Byrne NM, Meerkin JD, Laukkanen R, Ross R, Fogelholm M, Hills AP (2006). Weight loss strategies for obese adults: personalized weight management program vs. standard care. *Obesity* 14(10):1777-1788.
- Cardinale M, Jackson A, Nissila J, Niva A, Kinnunen H (2007). Comparisons between a novel running index and running performance measures in well trained runners. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 39(5), Suppl, 1415.
- Crouter SE, Albright C, Bassett DR (2004). Accuracy of Polar S410 heart rate monitor to estimate energy cost of exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36(8):1433-1439.
- Crumptom S, Williford H, O'Mailia S, Olson M, Woolen L (2003). Validity of the Polar M52 heart rate monitor in predicting VO<sub>2</sub>max. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 35(5), Suppl, 1078.
- Fogelholm M, Hiilloskorpi H, Laukkanen R, Oja P, Van Marken Lichtenbelt W, Westerterp K (1998). Assessment of physical activity and energy expenditure in overweight women. *Med Sci Sports Exerc* 30(8): 1191-1197.
- Godsen R, Carroll T and Stone S (1991). How well does Polar Vantage XL Heart Rate Monitor estimate actual heart rate? *Med Sci Sports Exerc*, 23(4), Suppl., S14.
- Hiilloskorpi H, Fogelholm M, Laukkanen R, Pasanen M, Oja P, Mänttari A, Natri A (1999). Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. *Int J Sports Med*, 20: 438-443.
- Jackson A, Cardinale M, Ahola O (2007). Validation of a novel stride sensor capable of measuring running speed. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 39,5 (Suppl), 1421.
- Kaikkonen H, Karppinen T and Laukkanen R (1997). Recovery and overtraining detection in male orienteers before, during and after intensive training period. Abstract in 6th International Scientific Symposium on Orienteering, Oslo, Norway, 18-19 August.
- Kapanen J, Laukkanen R, Hiilloskorpi H, Fogelholm M, Heinonen O (2000). Estimation of EE during exercise by equation based on heart rate. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 32(5), 984.
- Karvonen J, Chwalbinska-Moneta J and Säynäjäkangas S (1984). Comparison of heart rates measured by ECG and Microcomputer. *The Physician and Sportsmedicine*, 12(6): 65-69.
- Keytel LR, Goedecke JH, Noakes TD, Hiilloskorpi H, Laukkanen R, Van Der Merwe L, Lambert EV (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *J Sports Sci* 23(3): 289-297.
- Kinnunen, Hautala, Mäkikallio, Tulppo, Nissilä (2000). Artificial neural network in predicting maximal aerobic power. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 32(5), 1535.
- Laukkanen, Kaikkonen, Karppinen (1998). Heart rate and heart rate variability in male orienteers before, during and after intensive training camp. *Sci J Orienteering*, pp.13-22.
- Peltola, Hannula, Held, Kinnunen, Nissilä, Laukkanen, Marti (2000). Validity of Polar Fitness Test based on heart rate variability in assessing VO<sub>2</sub>max in trained individuals. Abstract in *Proceedings of 5th Annual Congress of ECSS, Jyväskylä, Finland, 19-23 July*, p 565.
- Pichon A, Niva A, Pulkkinen I, Laukkanen RMT, Richalet J-P, Brugniaux J. Validity of a novel activity watch for energy expenditure assessment. Abstract in 12<sup>th</sup> Annual Congress of the ECSS, 11-14 July 2007, Jyväskylä, Finland.
- Rusko, Hynynen, Vasankari (2000). Heart rate and heart rate variability during adaptation to rapid time zone shift. Abstract in 2000 Pre-Olympic Congress, Brisbane, 7.-12.9.
- Schweitzer U, Szepessy C, Laukkanen RMT (2004). Polar OwnZone heart rate limits and blood lactates in healthy adults. Abstract in *Med Sci Sports Exerc* 37(5), S27.
- Seaward B, Sleamaker R, McAuliffe T and Clapp J (1990). The Precision and Accuracy of a portable heart rate monitor. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 24(1): 37-41.
- Thivierge M and Leger L (1989). Critical review of heart rate monitors. *Canadian Association for Health, Physical Education and Recreation Journal*, 55(3): 26-31.
- Treiber F, Musante L, Hartdagan S, Davis H, Levy M and Strong W (1989). Validation of a heart rate monitor with children in laboratory and field settings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(3): 338-342.
- Tulppo M, Mäkikallio T, Seppänen T, Laukkanen R, Huikuri H (1998). Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 274 (Heart Circ. Physiol. 43): H424-H429.

- Virtanen P, Vasankari T, Vuorimaa T, Laukkanen R (2000). Evaluation of the Polar OwnZone feature in physically active men and women. Abstract in Proc 5<sup>th</sup> Annual Congress of ECSS, Jyväskylä, Finland. 19-23 July.
- Väinämö, Nissilä, Mäkikallio, Tulppo, Röning (1996). Artificial neural networks for aerobic fitness approximation. Proceedings of International Conference on Neural Networks (ICNN), Washington DC, June 3-6, pp 1939-1949.
- Wajciechowski J, Gayle R, Andrews R and Dintiman G (1991). The accuracy of radio telemetry heart rate monitor during exercise. *Clinical Kinesiology*, 45: 9-12.
- Weir J (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109: 1-9.

## SUUNTO – SUUNTA KUNNOSSA

Veikko Koivumaa  
Tutkimuspäällikkö

Suunto Oy on nuorekas ja dynaaminen firma. Toimialana on tuottaa urheiluun ja ulkoiluun liittyviä laitteita, urheiluinstrumentteja, niin huippu-urheilijoille, kuin tavallisille käyttäjille. Kantavana ajatuksena on, että laitteet tuottavat lisäarvoa käyttäjälle. Esimerkiksi laite auttaa käyttäjää tietämään itsestään ja suorituksestaan enemmän tai auttaa käyttäjää löytämään perille. Tyypillinen urheiluinstrumentti sijaitsee ranteessa ja niinpä siitä käytetään nimitystä rannetietokone. Kyse on kansanomaisesti sanoen kellosta, jossa on kellotoimintojen lisäksi muutakin älyä, kuten korkeusmittari, sykemittari ja sähköinen kompassi.

Suunto valmistaa urheiluinstrumentteja kestävyysurheiluun, sukellukseen, vuorikiipeilyyn, vaellukseen, juoksuun, pyöriin, purjehdukseen ja golfiin. Vantaalla pääkonttoriaan pitävän Suunnon palveluksessa on yli 500 henkilöä eri puolilla maailmaa ja yrityksen tuotteita viedään yli 80 maahan. Suunto on Amer Sports Oyj:n tytäryhtiö.

Suunto täytti helmikuussa 2008 72 vuotta. Suunnon historia on rakentunut kompassin ympärille. Ensimmäinen tuote, marssikompassi, on ainutlaatuinen teollinen tuote. Kompassi on edelleen Suunnon tuotannossa ja se on pysynyt lähes muuttumattomana 72 vuoden ajan. Runko on alumiinia kuten se oli 1930-luvullakin. Nahkahihna on kuitenkin korvattu nailonilla ja mineraalilasi muovilla. Silti kompassit vuodelta 1936 ja 2008 ovat selvästi sukua toisilleen.

Suunnon ensimmäinen tuote syntyi yhden miehen ajatuksissa. Maanmittausinsinööri ja kilpasuunnistaja *Tuomas Vohlonen* kyllästyi 1930-luvun alussa silloisiin kuivakompasseihin, joiden vaimentamaton neula ei tahtonut asettua paikalleen. Vohlonen ryhtyi pohtimaan, voisiko kompassin neulan liikettä vaimentaa sopivalla nesteellä. Lisäksi hän haaveili kompassista, joka olisi luja, kevyt ja yksinkertainen.

Vuonna 1933 hän sai patentin nestetäytetyn kompassin valmistusmenetelmälle. Vuonna 1936 hän perusti Suunto Oy:n. Sota-aikojen aavistellen Suomen armeija tilasi Suunnolta marssikompassia - luja ja luotettava laite soveltui hyvin armeijan tarpeisiin. Marssikompassia valmistettiin sodan aikana kymmeniä tuhansia. Muita sota-ajan tärkeitä tuotteita olivat suuntimakompassi ja kulmien mittaukseen tarkoitettu klinometri. Niiden valmistuksesta oli tehnyt aloitteen suomalaisen kenttätyökistön kehittäjä, matemaatikko ja työkistökenraali *Vilho Nenonen*.

**Suunnon tärkeitä vuosia**

1916 Suunto Oy perustettiin, tuotanto aloitettiin. Ensimmäinen sukelluskompassi K-12.

1918 Ensimmäinen venekompassi K-12.

1919 Puoluevenomittariin lisäsi veden lämpötilan mittauksen.

1941 Ensimmäinen veden lämpötilan mittaus Suunto K-12:llä.

1948 Wristwatchin kehittäminen kartanlukua varten. Ensimmäinen Suunto Vector.

1950 Suunto julkaisi ensimmäisen sukelluskompassin.

1971 Suunto julkaisi ensimmäisen Suunto Vectorin.

1978 Ensimmäinen Oulussa valmistettu Suunto Vector.

2016 Kymmenen vuosikortin julkaisu Suunto 100 vuotta.

Suunnon perustaja Tuomas Vehkonen.

Ensimmäinen venekompassi K-12 vuodelta 1912.

Suunnon ensimmäinen tuote, alumiininen marssikompassi, tuli markkinoille vuonna 1924.

Suunnon rannelletokone maailman katolta Himatjalla.

Suunto Vector oli ensimmäinen ulkoilijalle suunniteltu rannelletokone.

SME-sukelluslaskokone tuli myyntiin vuonna 1997.

### Tiivistelmä Suunnon historiasta.

Sodan jälkeen toimitukset armeijalle vähenivät, mutta marssikompassia alkoivat ostaa suunnistajat ja retkeilijät. Luotettavan marssikompassin maine kasvoi, ja myös vienti käynnistyi vähin erin. Vuonna 1950 Suunnolla oli Helsingissä kymmenen työntekijää. 1950-luvulla Suunto alkoi panostaa tuotekehitykseen ja uusien markkinoiden etsimiseen. Marssikompassin lisäksi tuotantoon otettiin kilpakompasseja, joissa oli läpinäkyvä taustalevy ja kartanlukua helpottava suurennuslasi. Lisäksi Suunto ryhtyi valmistamaan venekompassseja. Niiden kysyntä oli kääntynyt voimakkaaseen kasvuun, kun veneilyharrastus elpyi sodan jälkeen.

1960-luvulla Suunnon ammattikäyttöön tarkoitettujen tarkkuusinstrumenttien valikoima laajeni. Kaltevuusmittari ja suuntimakompassi saivat vuonna 1967 seurakseen hypsometrin eli puunkorkeusmittarin. Ensimmäinen puunkorkeusmittari luovutettiin juhlallisesti Ruotsin kuningas *Kustaa VI Adolfille* Ruotsin 50. metsäviikon avajaisissa.

Urheilusukelluksen välineet ja tekniikka kehittyivät ja harrastajamäärät lähtivät kasvuun. Suunnolle avautui aivan uusi markkina. Aloite sukelluskompassin suunnittelusta tuli sukeltajilta. Eräs englantilainen urheilusukeltaja kiinnitti Suunnon marssikompassin ranteeseensa ja huomasi, että laitehan toimii myös veden alla.

Ensimmäisen varsinaisen sukelluskompassinsa Suunto rakensi marssikompassin pohjalta. Se sai tyyppimerkinnän SK-4. Se oli luja ja toimintavarma laite, johon jokaisella sukeltajalla oli varaa. Kompassi lisäsi selvästi sukelluksen turvallisuutta. Tärkeää oli sekin, että sukelluskompassien myötä Suunto avasi yhteyksiä aivan uusiin maihin.

LFTY:n perustamisvuonna, vuonna 1968, Suunnon tuotteita vietiin jo 40 maahan. 1970-luvulla Suunnon vienti kasvoi tasaisesti. Samalla Suunnosta kehittyi vähitellen ensimmäinen suomalainen kansainvälisesti tunnettu brändi. Suunnon maineen rakensivat laadukkaat tuotteet. Laajoihin mainoskampanjoihin ei ollut mahdollisuuksia. Suunnon tarina kiersi tehokkaasti käyttäjältä toiselle. Suunnon menestys vientimarkkinoilla huomattiin Suomessa. Tasavallan presidentti *Urho Kekkonen* myönsi Suunnolle vientipalkinnon vuonna 1972.

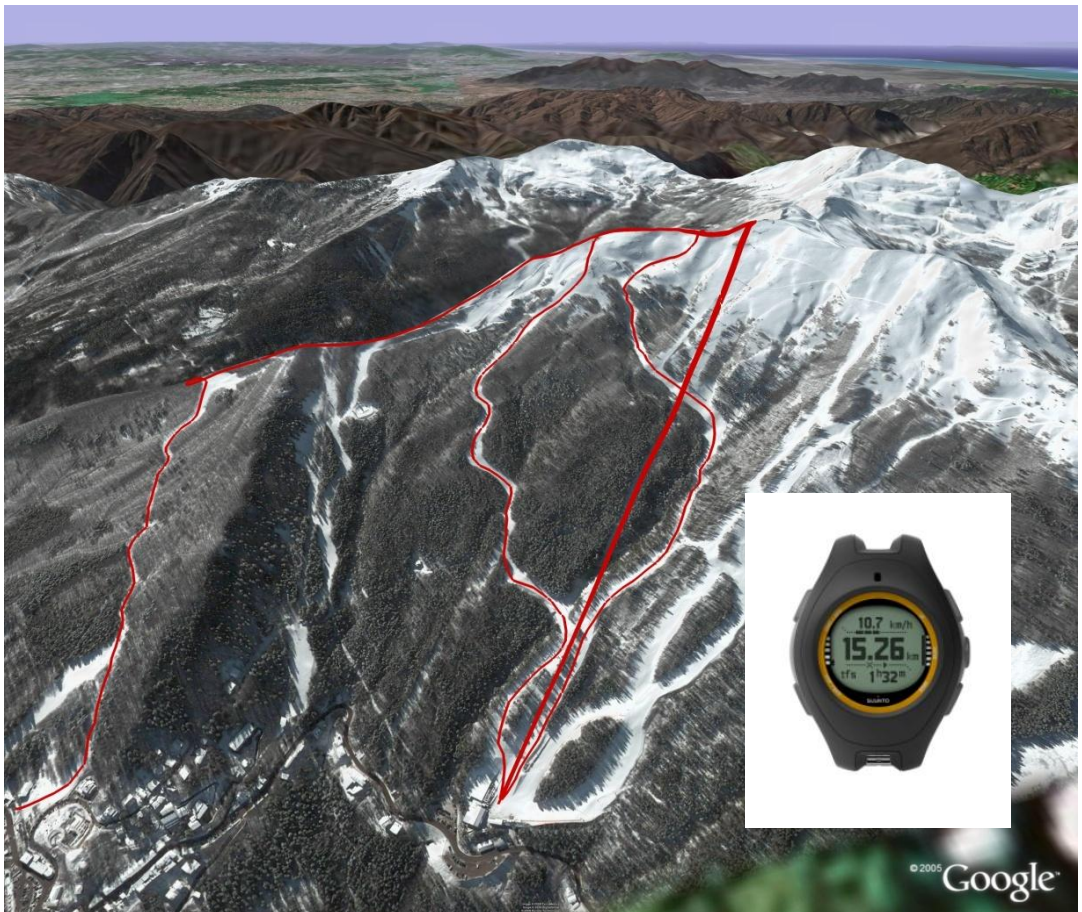
1980-luvulla Suunto nousi maailman johtavaksi sukellusinstrumenttien valmistajaksi. Ensin tehtiin vahva panostus mekaanisiin mittalaitteisiin. Suunto kehitti syvyysmittarin, pullopainemittarin, sarjaan sopivan kompassin sekä laitteiden käyttöä helpottavan mittaripaneelin, joka kiinnitettiin paineilmaletkuun.

Vuosikymmenen tärkein tuoteuutuus oli kuitenkin SME-sukellustietokone, joka mullisti täydellisesti urheilusukelluksen. Aikaisemmin sukeltajan oli tutkittava tarkasti taulukoita ja tehtävä huolellisia laskelmia välttääkseen painenvaihteluiden aiheuttamat vaaratilanteet. Nyt pieni tietokone ja sen algoritmit huolehtivat turvallisuudesta. SME-tietokoneen ansiosta sukelluksesta tuli entistä helpompaa, hauskeempaa ja turvallisempaa harrastusta. Aloituskynnys madaltui, laji sai valtavasti uusia harrastajia. 1980-luvun lopussa maailmalla oli kolmisen miljoonaa sukelluksen harrastajaa, jotka muodostivat varsin tiiviin yhteisön. Sana uutuuksista levisi tehokkaasti sukeltajien keskuudessa. SME-sukellustietokonetta myytiin vuodessa kymmeniä tuhansia kappaletta. Sen päämarkkinat olivat suurissa sukellusmaissa, Yhdysvalloissa, Japanissa ja Australiassa.

Teknologinen ja taloudellinen kehitys 1990-luvulla loi uusia mahdollisuuksia Suunnolle. Sukelluslaitteiden rinnalle haettiin kasvua maan pinnalta. Ulkoilukäyttöön tarkoitettu, vuonna 1998 esitelty Vector mittasi ilmanpainetta ja sen avulla myös korkeutta, ennusti säätilan muutoksia sekä sisälsi kompassin ja kellotoiminnot. Vector oli alusta lähtien suuri menestys varsinkin Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa, jota osaltaan auttoi varmasti laitteen haluttava ulkonäkö ja helppo käytettävyys.

Vuonna 1995 Suunto listautui pörssiin ja 1999 Amer Group osti Suunnon. Vuoden 2000 lopussa Suunto luopui toimitiloistaan Espoon Juvanmalmilta ja siirtyi uusiin tiloihin Vantaan Tammistoon, jossa Suunto toimii nykyisin.

2000-luvulla Suunto on kehittänyt tuotteita sekä aiemman osaamisensa että aivan uuden teknologian pohjalta. Uudentyyppisiä tuotteita ovat olleet gps-vastaanottoon pohjautuvat matkaa, nopeutta ja paikkaa mittaavat laitteet, Training-sarjan harjoitusvaikutetta mittaavat laitteet sekä kiihtyvyyssanturiin perustuvat liikettä mittaavat ja analysoivat laitteet. Tietokoneohjelmien merkitys laitteiden mittaaman tiedon analyysissä ja tulosten havainnollisessa esittämisessä on kokoajan kasvanut. Erityisesti mainittakoon Training-sarjan t6c, jonka fyysistä suoritusta havainnollistavat kuvaajat perustuvat sykevälivaihtelun analysointiin ja gps-laite X10:n Suunto Track Exporter, joka mahdollistaa kuljetun reitin tarkastelun Google Earth -satelliittikuvapalvelussa.



*Suunnon X10-laitteen Suunto Track Exporter mahdollistaa minkä tahansa maastossa kuljetun matkan, kuten kuvassa näkyvien laskettelureittien, tarkastelun Google Earth -satelliittikuvapalvelussa.*

Nykyisin tuotteet jaetaan kolmeen pääkategoriaan: Training, Outdoor ja Diving. Huolimatta Suomen kylmistä vesistä Suunto on Sukellusinstrumenteissa markkinajohtaja maailmassa. Suunnon miljoonas sukellusinstrumentti valmistettiin marraskuussa 2005. Ulkoiluinstrumentit ovat olleet perinteisesti vahvaa aluetta siitä lähtien, kun Vector tuli markkinoille. Training-tuoteperhe luotiin 2004 Suunto t6c:n tullessa markkinoille ja segmentti on vahvassa kasvussa.

Juoksijat kaipaavat tarkkaa tietoa omasta suorituksestaan. Pelkkä syke ei enää riitä, vaan sen tukena tulee olla tietoa harjoituksen kuormituksesta ja tehosta. Tuloksellinen harjoittelu tai kuntoilu koostuu aina levon ja rasituksen oikeasta suhteesta. Toivottu harjoitusvaikutus on saavutettavissa vain, kun tietää, millä tehoalueella kulloinkin liikkuu. Tavoitteellisilla liikkujilla on tarve analysoida perusteellisesti suoritustaan ja kehonsa toimintoja ja pyrkiä saatujen tietojen avulla muuttamaan harjoitteluaan ja pääsemään parempiin tuloksiin. Suunnon rannetietokoneet, erityisesti Suunto t6c, tarjoavat tähän oivalliset työkalut. Niiden avulla on helpompi harjoitella oikein ja viisaasti. Suunto t6c määrittää niin sanotun EPOC-arvon avulla tarkasti, kuinka kuormittava harjoitus tai kilpailu on, ja auttaa juoksijaa suunnittelemaan ja rytmittämään harjoitteluaan ja palautumistaan mahdollisimman kehittäväksi.

Suunto Training -tuotesarjaan kuuluu neljä erilaista sykemittaria sekä lajikohtaisia lisävarusteita. Suunto t1c, t3c ja t4c hyödyntävät t6c:n testattuja ja hyväksi todettuja ominaisuuksia ja tekevät harjoitusvaikutuksen analysoinnin vielä helpommaksi. Mitä kuormittavampi harjoitus on, sitä korkeampi lukema laitteen näytölle ilmestyy.

Suunto t1c näyttää reaaliajassa tiedot sykkeestä ja kulutetusta energiasta. Suunto t3c tallentaa lisäksi kaikki harjoituskerrat muistiinsa, seuraa kunnon kehittymistä ja näyttää harjoitusvaikutuksen reaaliajassa asteikolla yhdestä viiteen. Suunto t4c opastaa Suunto Coach -toiminnon avulla käyttäjäänsä vielä harjoittelun suunnittelussakin. Se antaa ehdotuksia seuraavan viiden päivän optimaaliseksi ohjelmaksi ja mukauttaa neuvojaan toteutuneen harjoittelun perustella. Suunto t3c:een ja t4c:ään on saatavilla monipuoliset lisävarusteet. Kenkään kiinnitettävä Suunto Foot POD mittaa juoksijan vauhtia ja matkaa, Suunto PC POD siirtää harjoitustiedot laitteesta tietokoneelle langattomasti ja Suunto Training Manager -ohjelmisto analysoi harjoittelua pc:llä. Suunto GPS POD mittaa niin matkaa kuin vauhtiakin kaikissa ulkolajeissa.

Suunto esitteli uudet Outdoor-rannetietokoneensa, Suunto Coren ja Suunto Lumin, heinäkuun alussa 2007. Suunto Core on suunnattu adrenaliinipotkua metsästäville käyttäjille, useimmiten nuorehkoille miehille, joiden lajeja ovat esimerkiksi kiipeily, koskimelonta, seikkailu ja alamäkipyöräily. Pääasia on, että suoritus on vaativa, haastava ja mielellään hiukan riskejä tarjoava. Tämä kohderyhmä on pieni, mutta tärkeä. Se näyttää esimerkkiä ja toimii esikuvana muille harrastajille. Suunto Coren ominaisuudet ja muotoilu on kohdistettu tämän joukon koviin vaatimuksiin. Suunto Lumi on tehty erityisesti naisille, jotka ovat nauttivat ulkoilmaelämästä, ja joille sen kautta muodostuu suuri osa heidän sosiaalisesta verkostostaan. Tämän segmentin valikoimaan kuuluvat hieman rauhallisemmat lajit kuten vaellus, melonta, maastajuoksu ja maastopyöräily. Suunto Lumi on markkinoiden ensimmäinen naisille tehty Outdoor -laite. Toistaiseksi Suunnon kilpailijoilla ei ole olemassa vastaavia tuotteita. Suunto Lumissa yhden ja saman kelloyksikön ympärille on rakennettu kolme valmista ulkoasuversiota: yksi urheilullinen ja kaksi hienostuneempaa. Lisävarusteita ovat rannekkeet ja karabiinikuori, joilla laitteen saa vaikka roikkumaan kiipeilyvaljaissa tai tyylikkäästi kaulariipuksena. Suunnon tuotteet ovat voittaneet vuosien varrella lukuisia design-palkintoja. Suunto Core voitti red dot award: product design 2008 -kilpailussa "red dot:best of the best" -palkinnon ja Suunto Lumi red dot award -palkinnon.

Mitä lääketieteelliseen fysiikkaan ja tekniikkaan liittyvää Suunnon laitteissa on? Laitesukelluksessa turvallisuus on erittäin tärkeä tekijä. Suunto-laitteissa käytetään Reduced Gradient Bubble Model (RGBM) -mallia, jota voidaan mukauttaa henkilökohtaisten asetusten avulla. Malli antaa sukeltajalle tietoa jäljellä olevasta turvallisesta sukellusajasta ja ilmoittaa syväpysähdysten tarpeesta. Fysikaalisesti kysymys on siitä, että vedenpaine aiheuttaa typen imeytymistä kudoksiin sitä enemmän, mitä syvemmillä ollaan. Ennen palaamista pintaan sukeltajan on saatava typen määrä kudoksissa sallitulle tasolle pysähtymällä sopivissa syvyyksissä määrääjäksi. Turvallisuutta tukeva tieto on myös korkeusmittareissa oleva nousunopeus. Nousunopeus ja korkeustieto toimivat apuna vuorikiipeilijöille, kun he pyrkivät välttämään vuoristotautia. Ainoa kehoon liittyvä fysikaalinen mittausta on syke- ja sykevälimittaus. Sykevälivaihteluun liittyen tehdään maailmalla paljon tutkimusta. Suunto-laitteet laskevat sykevälivaihtelusta harjoitusvaikutusindeksin.



Suunto on mittaustekniikkaan keskittynyt firma. Mielenkiintoisimpia ja samalla haastavimpia kohteita on mitata ihmiskehoa ja erityisesti yhdistettynä liikuntasuoritukseen. Tavoite on pysytellä mittauksissa, jotka voidaan tehdä ihon pinnalta. Heikkojen signaalien mittauksiin liittyy paljon häiriöitä. Halutun signaalin löytäminen vaatii tehokasta häiriöiden suodattamista ja hyvää algoritmia. Kaikkea hyötytietoa ei voida suoraan mitata vaan se perustuu mitattavan ja mallinnettavan tiedon yhdistämiseen. Ihmiseen liittyvä mittaus vaatii myös laajapohjaista validointia ennen kuin uusi laite voidaan tuoda markkinoille. Ihmisten kiinnostus omasta terveydestään ja hyvinvoinnistaan on voimakkaassa kasvussa, joten sopivilla laitteilla ja palveluilla on kysyntää. Teknologia mahdollistaa antureiden ja johtavien kuitujen integroimisen asusteisiin ja pienivirtaista elektroniikkaa on myös tarjolla. Suuntomainen haaste LFTY:lle onkin edistää tutkimusta ja käytännön osaamista seuraavilla osa-alueilla: Mitä hyödyllisiä parametreja voidaan ihmisen keholta piikittämättä mitata? Miten löytää signaali kohinasta? Miten mallintaa niin kehon toimintoja ja stressiä sekä henkistä vireyttä?

Urheilu ja kuntoilu ovat kiistatta erinomaisia keinoja pitää huolta omasta terveydestään ja kehostaan. Urheilulajilla ei sinänsä ole väliä. Tärkeintä on hyvä fiilis, osallistuminen ja rentoutuminen, rypytysaisuus ei kuulu liikuntaan. Fyysisellä elinvoimaisuudella ja hyvällä yleiskunnolla on positiivinen vaikutus henkiseen vireyteen, motivaatioon ja jaksamiseen.

Urheilua harrastamalla lapset oppivat joukkuehenkeä, rehtiä peliä, luovuutta ja voitontahtoa. Liikunnan avulla työssäkäyvät voivat lisätä omaa työkykyään sekä parantaa terveyttään ja jaksamistaan. Urheilu kasvattaa myös itsekuria, josta on hyötyä niin bisneksessä kuin koulunpenkilläkin. Esimerkkiä näyttämällä ja omista kokemuksistaan kertomalla voimme auttaa myös muita löytämään liikunnan ilon ja kehittämään omia taitojaan ja kykyjään.

Suunnon hyvä maine kiteytyy Suunto -brändiin. Meidät tunnetaan innovatiivisena yrityksenä, joka osaa valmistaa korkealuokkaisia tuotteita. Esimerkiksi sopii hyvin sukellusinstrumenttien lippulaiva Suunto D9. Myös tulevaisuuden tuotteiden on vastattava käyttäjien odotuksia. Innovaatioiden on lähdettävä liikkeelle kuluttajien tarpeista. On erittäin tärkeää, että tuotteemme tuottavat ostajille aitoa arvoa.

Suunnon brändi on vahva, samoin teknologiapohja. Meillä on kyvykäs ja motivoitunut henkilökunta, joka on aidosti ylpeä tuotteistaan. Porukka on sitkeää eikä luovuta helposti. Tähän vaikuttaa se, että joukossamme on monia aktiivi- ja huippu-urheilijoita, eli halu voittaa on vahva. Suunnon rekrytointi-ilmoitus tulee huomatuksi ja saamme päteviä hakijoita. Tällaiselle pohjalle on hyvä rakentaa.

Suunnon tavoite on olla maailman halutuimpien urheiluinstrumenttien suunnittelija ja valmistaja. Visiota ei rakenneta tyhjän päälle, vaan pohjana ovat Suunnon perinteiset vahvuudet, jotka Suunnon toimitusjohtaja *Juha Pinomaa* tiivistää näin: "Hyvä mittaustekniikan tuntemus, toimiva suhde jakelukanaviin ja vaativiin asiakkaisiin, kyky tuotteistaa ja miniatyrisoida laitteita. Lisäksi muotoiluosaamisemme on vahva. Osaamme tehdä hyvännäköisiä ja pienikokoisia laitteita urheilijoille ja ulkoilijoille." Ja Pinomaa jatkaa: "Meillä on hieno mahdollisuus kasvattaa Suuntoa globaalisti suomalaisena brändinä ja nähdä Suunnon menestys."

*Amer Group, nykyisin nimellä Amer Sports omistautuu aktiiviselle elämäntavalle, urheilulle, liikunnalle ja hyvinvoinnille. Amer Sportsin suurimmat brändit ovat Salomon, Wilson, Precor, Atomic, Mavic ja Suunto. Urheilijat ovat Amer Sportsin yhteistyökumppaneita. Sen lisäksi, että menestyvät huippu-urheilijat lisäävät yrityksemme mainetta ja myyntiä, he ovat myös oleellinen osa tuotekehitystyötämme. Pienetkin yksityiskohdat voivat olla ratkaisevan tärkeitä tuotteen suorituskyvyille. Amer Sportsin teknisesti edistyksellisiä, urheilusuoritusta parantavia tuotteita myydään kymmenissä tuhansissa liikkeissä ympäri maailmaa.*

[www.suunto.com](http://www.suunto.com)

## OULU WELLNESS INSTITUUTTI – HYVINVOINTIALAN LIIKETOIMINNAN EDISTÄJÄ

Pasi Sorvisto

Toiminnanjohtaja, Oulu

Katriina Otsamo

Johtaja, rahoituspaketit ja –neuvonta, Oulu

Lääketieteen tekniikan ja hyvinvointitekniikan tutkimus- ja kehittämistoiminta tarvitsee vahvan yhteiskunnan ja rahoittajien tuen. Koska hyvinvointialan markkinamekanismit eroavat merkittävästi muista teknologiamarkkinoista, tarvitaan myös vahvaa tämän alan liiketoimintaosaamista. Näihin tarpeisiin vastaamaan on syntynyt syntynyt Suomessa ainoa laatuaan oleva toimija, Oulu Wellness Instituutissäätö (OWI).

OWI on perustettu vuonna 2005 edistämään hyvinvoinnin tutkimuksen, tuotteistamisen, liiketoiminnan ja palvelujärjestelmän kehittämistä Oulun seudulla. Säätiön perustamisen taustalla on pitkäjänteinen taustatyö hyvinvointialan edistämiseksi, ja sen perustajiksi lähti 26 alan keskeisintä pohjoissuomalaista yritystä ja toimijaa.

### Oulu Wellness Instituutissäätöön perustajatahot

Caritas-säätiö	Onlife Oy
Coronaria Oy	Oulun kaupunki
Elbit Oy	Oulun seudun
Elektrobit Group Oyj	ammattikorkeakoulu
Fortel Invest Oy	Oulun yliopiston tukisäätiö
Gamga Oy	Pedihealth Oy
Head Invest Oy	Polar Electro Oy
Hengityслиitto HELI ry: Merikosken kuntoutus- ja tutkimuslaitos	Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä
Isohätäjä Tarja	ProWellness Oy
Incode Oy	Respecta Oy
Innokas Medical Oy	Rokuan terveys- ja
Mawell Oy	kuntouttamissäätiö
Oulun Diakonissalaitoksen säätiö	Technopolis Oyj
Onesys Oy	Tracker Oy

OWI:n tarkoituksena on ihmisten ja yhteisöjen hyvinvoinnin lisääminen tukemalla yrityksiä ja muita toimijoita hyvinvointialan maailmanluokan osaamisen ja uudistettujen palveluprosessien tuotteistamisessa, konseptoinnissa ja kaupallistamisessa.

OWI:n toiminnan tavoitteeksi on asetettu, että Oulun seudun hyvinvointialan osaaminen on kansainvälistä huipputasoa ja seudun osaajat ja toimintamallit ovat maailmalla tunnustettuja, yritykset harjoittavat kasvavaa ja kannattavaa liiketoimintaa globaaleilla markkinoilla, ja yritys-kantaan on syntynyt uusia markkinajohtajayrityksiä. Lisäksi

tavoitteena on, että seudun toimijat ovat verkostoituneet toimialan parhaiden osaajien kanssa Euroopassa, Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa.

Vuosien 2007-2008 aikana OWI on toiminut aktiivisesti Oulun seudun innovaatiotoiminnan kehittäjänä ja muutosagenttina. Säätiö on ollut partnerina Oulun yliopiston Welltech Oulu -tutkimusyksikön perustamisessa, Oulun yliopiston ja Oulun seudun ammattikorkeakoulun yhteisen Oulu School of Biomedical Engineering -konseptin perustamisessa, Oulun yliopiston kasvuyritystoiminnan koulutus- ja tutkimusyksikön ideoinnissa ja valmistelussa, sekä yrityksille suunnattujen Global Clusters ja LaunchPad/Supercoaching -ohjelmien valmistelussa ja toteutuksessa sekä Oulun kaupungin ja piilaaksolaisen San Josen kaupungin yhteistyöhön avaamisessa. Lisäksi OWI on keskeisellä tavalla ollut mukana alueellisen pääomasijoitusrahaston, Oulun seudun hyvinvointirahaston, perustamisessa.

OWI vastaa kansallisen osaamiskeskusohjelman hyvinvointivoiminnan klusteriohjelman toimeenpanosta Oulun seudulla. Hyvinvointiklusteri on terveys-, sosiaali- ja muiden hyvinvointipalveluiden sekä niihin liittyvien teknologiatuotteiden kehitysalusta, jonka tavoitteena on tukea hyvinvointialan tutkimusta, osaamisen kaupallistamista ja tehokasta hyödyntämistä yritysten tuotteissa, liiketoiminnassa sekä terveyden edistämisessä. Kehittämistoimenpiteiden kohteena ovat hyvinvointialan yritykset, niiden kehittyminen, kasvu ja kansainvälistyminen. Hyvinvoinnin klusteriohjelman strategisina kehittämiskohteina ovat terveystekniikka, liikuntateknologia ja liikunnan konseptit, hyvinvointipalvelut sekä itsenäinen suoriutuminen.

Säätiö sai loppuvuodesta 2007 merkittävän tunnustuksen, kun työ- ja elinkeinoministeriö nimesi OWI:n kansalliseksi kasvuyritystoiminnan ja liiketoimintaosaamisen koordinaattoriksi osaamiskeskusohjelmassa vuodesta 2008 alkaen. Koordinaatiotoiminnan kohteena ovat kaikki 13 keskeistä toimialaa eli klusteria Suomessa.

## **OWI:n asiakkaana hyvinvointi- ja kasvuyrityksiä**

Taustansa vuoksi OWI:n toimialaosaaminen liittyy hyvinvointi- ja terveysalaan, mutta tänä päivänä se palvelee muitakin teollisuudenaloja. Yhteistä kaikille asiakkaille on se, että ne pyrkivät toimimaan asiakas- ja markkinalähtöisesti.

Useimpien terveysteknologiayritysten on tavoiteltava kasvua, koska uuden liiketoiminnan synnyttäminen vaatii merkittäviä investointeja. Jotta sijoitetulle pääomalle saadaan riittävä tuotto, liiketoiminnan kasvattaminen on välttämätöntä. Hyvinvointialan tuote- ja palveluratkaisut ovat tyypillisesti erikoistuneita ja kapealle sektorille kohdentuvia, ja yritysten on siksi jo lähtökohtaisesti tavoiteltava kansainvälisiä markkinoita.

OWI:n toinen osaamisalue onkin kasvuyritystoiminta, joka on geneerinen, toimialariippumaton osaamisen alue. Yritysten nopea kasvu on monilla muillakin aloilla kuin terveysteknologiassa välttämätöntä, ja vaatii hyvin erikoistunutta liikkeenjohdon osaamista. OWI pystyy tukemaan yrityksiä niiden kasvupolulla osaamisensa sekä verkostojensa kautta.

Yksi työkalu, OWI Business Case –kriteeristö, auttaa OWI:n asiakkaita arvioimaan omaa ideoitansa ja rakentamaan sille paremmat onnistumisen edellytykset. Käytännössä kriteeristö on yhteinen kieli, jolla saadaan kaikki menestykseen tarvittavat osapuolet, yrittäjät, rahoittajat ja muut sidosryhmät, ymmärtämään toisiaan ja työskentelemään yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Arviointikriteeristö muodostuu seuraavista elementeistä:

1. Markkinamahdollisuus ja asiakkaalle syntyvä lisäarvo
2. Yrittäjä, tiimi ja partnerit
3. Strategiset kilpailuedut
4. Talous ja rahoitus
5. Irtautumis- ja tulouttamissuunnitelma

Toinen OWI:n työkalu, OWI Business Development Tool, perustuu teollisuudessa havaittuun tosiasiaan, että jäsenetty ja systemaattinen kehittämismalli lisää toiminnan laatua, osuvuutta ja onnistumisen todennäköisyyttä. On tärkeää, että tuote- ja liikeidea sopii yrityksen strategiaan päämääriin. Olennaista on kunnollinen liiketoiminnan valmistelu ennen tuotekehityksen ja pilotoinnin aloittamista.

OWI korostaa asiakas- ja markkinalähtöisyyttä sekä mahdollisimman suurta painotusta prosessin alkuvaiheen asioihin. Jo suunnittelu- vaiheessa ideanomistajan on pystyttävä vastaamaan kysymyksiin asiakkaasta, tuotekonseptista, kilpailuedusta sekä siitä, miksi asiakas välittäisi maksaa uudesta tuotteesta tai palvelusta.

OWI:n ydinosaaminen on rakennettu palveluiksi, jotka joustavat asiakkaiden tarpeiden mukaan. Yleisimmin OWI:n asiakkaiden tarpeet kohdistuvat seuraaviin kokonaisuuksiin: Liikeidean arviointi (OWI Business Case -kriteeristö), tuotekonseptien ja liiketoimintakonseptien kehittäminen (OWI Business Development Tool), rahoitusportfolio ja –roadmap, resurssit ja partneriverkosto (yleensä päämarkkinoilta), kasvustrategiat ja mallit, tieteellinen validointi (Oulun yliopiston WellTech Oulu, OAMK, KIHU, muut tutkimus- tahot), bisnesvalmennus (Supercoach® Entrepreneurial Training, Global Clusters ym.).

## Kansainvälisyys

Hyvinvointialan teknologiamarkkinat ovat kasvavat. Eräiden keskeisten tilastojen mukaan yli 25 % maailman nopeimmin kasvavista yrityksistä kuului vuonna 2005 hyvinvointi- sektorin toimialaan. Teollisuuden liikevaihdon kasvu vaihtelee hieman tuotekategoriasta riippuen ja kasvu on ollut keskimäärin noin 10 % vuodessa. Toimialan työpaikkojen kehityssennusteet ovat globaalisti erittäin myönteisiä. Alan suurimmat markkinat ovat



OWI Business Development Tool.

USA:ssa (yli 40 %) ja Euroopassa (30 %) Japani osuuden ollessa alan maailmanmarkkinoista noin 11 %.

Euroopan markkinoista neljä suurinta maata, Saksa, Ranska, UK ja Italia, muodostavat liki kolme neljäsosaa. Merkittävää on, että palveluiden osuus markkinoiden kokonaisarvosta on noin kolme neljäsosaa. Hyvinvointiteollisuuden merkittävimmät tuotemarkkinat löytyvät lääketieteellisen teknologian, itsenäisen suoriutumisen ja liikuntateknologian tuotteiden alueilta.

Suomalaisilla hyvinvointisektorin teknologiayrityksillä on pitkät perinteet kansainvälisestä toiminnasta. Yritysten yhteenlaskettu vienti on noin 2 Mrd. €, joka on 67 % koko 3 Mrd. € teollisesta volyyymista toimialalla.

OWI:lla on merkittäviä kansainvälisiä kumppanuuksia. Säätiön toiminnan tueksi on ripeää tahtia muodostunut kansainvälisen tason partnerien verkosto. Konkreettisella tasolla tämä näkyy siten, että mm. OWI Business Case -arviointikriteeristö valmisteltiin yhteistyössä pohjoisamerikkalaisten huippuluokan pääomasijoittajien ja yrityskehitysammattilaisten kanssa. Lisäksi akateeminen yhteistyöverkosto on maailmanluokkaa, sillä yhteistyöverkoston kuuluu partnereita mm. Harvardista, MIT:sta ja Stanfordista.

## TERVEYDENHUOLLON TIETOTEKNIIKKAA TAMPEREELTA

Niilo Saranummi

Tutkimusprofessori, VTT -Terveydenhuollon tietotekniikka

Olen kerännyt joukon tarinoita siitä miten terveydenhuollon tietotekniikka aikoinaan lähti Tampereella liikkeelle. Aluksi kuitenkin lyhyt johdatus näihin tarinoihin. Tarinan otsikko ”terveydenhuollon tietotekniikka” on valittu tarkoituksellisesti. Perinteinen jako alallamme kulkee linjalla lääketieteellinen tekniikka ja lääketieteellinen informatiikka (englanniksi medical and biological engineering ja vastaavasti medical informatics). Terveydenhuollon tietotekniikka mielestäni sijoittuu näiden välimaastoon.

Tampereen tarina alkaa 60-luvun loppupuolelta, kun professori *Pekka Ahonen* siirtyi Otaniemestä Tampereen silloiseen sivukorkeakouluun sovelletun elektroniikan professoriksi. Hänen aloitteestaan perustettiin Biotekniikan säätiö. Säätiön tausta-organisaatioina toimivat korkeakoulun lisäksi Tampereen kaupunki, Tampereen kauppakamari ja silloinen Tampereen keskussairaala. Säätiö käynnisti Biotekniikan tutkimuslaitoksen (BTT), jonka toiminta-ajatuksena oli tutkimus ja tuotekehitys. Hankerahoitusta saatiin mm. Sitralta, KTM:stä ja yrityksistä. 70-luvun alkuun sijoittui myös terveydenhuollon tekniikan yritystoiminnan voimakas laajeneminen Suomessa. Mm. Kone Oy:n omistama Ollituote (Espoo) ryhtyi valmistamaan potilasvalvontamonitoreita ja Valmet Instrumenttitehdas (Tampereella) potilasvalvonta- ja röntgenlaitteita. Samaan ajanjaksoon osui myös keskussairaalaverkoston valmiiksi rakentaminen ja kansanterveyslain säätäminen sekä sen pohjalta terveyskeskusverkoston pystytys Suomeen.

*Pekka Ahonen* käynnisti myös lääketieteellisen tekniikan opetuksen Tampereen teknillisellä korkeakoululla (TTKK). Neljännelle vuosikurssille saatiin kaksi erikoisopettajaa Tampereen keskussairaalaista. Yliääkäri, sittemmin klinisen fysiologian professori, *Arto Uusitalo* opetti meille fysiologiaa ja sairaalafysiikka, sittemmin professori, *Erkki Vauramo* opetti meille säteilyfysiikkaa.

Teknologianäkökulmasta iso muutos 70-luvulle tultaessa oli siirtyminen transistoreista integroituihin piireihin, niin analogisiin kuin myös digitaalisiin ja näistä mikroprosessoreihin (aluksi 4-bittisiin). Tätä tuki myös se, että TTKK:n säätötekniikan laitokselle hankittiin samoihin aikoihin ensimmäinen ns. minitietokone Honeywell 516 (aika iso sekin minikoneeksi). Digitaalitekniikka ja tietokoneen ohjelmointi assemblerilla tulivat näin tutuiksi hyvin aikaisessa vaiheessa. Itse jouduin tähän mukaan 60-luvun lopulla aluksi erikoistyön tekijänä, jatkaen diplomityöntekijänä, sen jälkeen väitöskirjan tekijänä, jne.

BTT:n toiminta laajeni varsin nopeasti ja tämä varmaan osaltaan vaikutti siihen, että kun VTT 70-luvun puolivälissä perusti muutamia uusia laboratorioita, niin sairaalatekniikan laboratorio sijoitettiin Tampereelle. *Pekka Ahosesta*, joka välillä ehti olla TTKK:n rehtorinakin, tuli uuden laboratorion johtaja. Biotekniikan säätiö päätti siirtää BTT:n



projektikannan ja henkilöstön VTT:lle, joka näin sai nopean, jopa lentävän lähdön. Myös tämän kirjoittaja siirtyi VTT:lle. Kun professori Ahonen siirtyi eläkkeelle 80-luvun alkupuolella, minut nimitettiin laboratorion johtajaksi. Sairaalatekniikan laboratoriossa toiminta jatkui ja laajeni. BTT:ssa jo solmitut yhteistyösuhteet yrityksiin ja sairaaloihin olivat tässä hyödyllisiä.

Seuraavassa on muutamia esimerkkejä VTT:n tietoteknisistä tutkimushankekokonaisuuksista asianomaisten itse kuvaamina. Näille on yhteistä kaksi seikkaa: pitkäjänteisyys ja soveltamislähtöisyys. Vaikkakin tutkimusta edelleen tehdään hankkeissa, joilla on tavoite, resurssit ja aikataulu, niin osaamisen kehittäminen edellyttää hankkeiden ketjua (tai verkostoa). Vain kansainvälinen huippuosaaminen voi johtaa merkittäviin tuloksiin. Niin silloin kuin nykyisinkin haasteena on edetä pitkäjänteisesti kohden tavoitteita. Alla olevista tarinoista erityisesti *Ilmo Tuohen* kertoma Mylabin syntyhistoria ja *Jari Viitasen* hieman pitempi kertomus VTT:n toimista sädehoidon annossuunnittelun alueella ovat tästä hyviä positiivisia esimerkkejä. Molempien kohdalla liikkeelle lähdettiin ”aika vaatimattomasti”, käyttäjien esittämien tarpeiden ja toiveiden pohjalta. Tekemisen myötä opittiin ja ”ruokahalu” kasvoi. Laboratoriotietojärjestelmien kohdalla se johti uuden yrityksen, Mylab Oy:n perustamiseen, johon VTT:n alan osaajat siirtyivät. Sädehoidon annossuunnittelun kohdalla oppimisen ja kunnianhimon portaita oli useampia. Homma alkoi sairaalafysiikoiden esittämästä tarpeesta saada käyttöön annossuunnittelua tarkentavia työkaluja. Tästä näkökulma laajentui pohjoismaiseen Computer-Aided Radiotherapy (CART) -kehitysohjelmaan ja sen puitteissa VTT:llä kehitetyt ratkaisut siirrettiin sopimuksella Dosestek Oy:lle, joka jalosti niitä edelleen. Tänä päivänä Varian Medical Systems Finland on maailman markkinajohtaja annossuunnittelujärjestelmissä.

Tekoälyn ensi askeleet ovat mukana siksi, että lääkärin päätöksentekijärjestelmät ovat edelleen pikemminkin tavoitteita kuin ratkaisuja. Vuosituhannen vaihteessa Institute of Medicine Yhdysvalloista julkaisi kirjan ”To Err is Human”, jonka mukaan lääkitys- ja muihin hoitovirheisiin kuolee USA:ssa jopa 100 000 potilasta vuodessa. Merkittävä osa näistä kuolemista olisi kirjan mukaan estettävissä, mikäli lääkärin käytettävissä olisi aiempi potilashistoria ja sitä hyödyntäviä päätöksentekijärjestelmiä, kuten Computerized Physician Order Entry (CPOE) -järjestelmä. *Pirkko Nykäsen* kertomus tekoälyn ensi askeleista kuitenkin osoittaa, miten vaikeata lääkärin päätöksenteon tulkkaminen tietokoneelle todellisuudessa on. Edistystä on toki tapahtunut, mutta paljon on vieläkin tekemistä. Tälle käsitykselle saa vahvistuksen, kun seuraa ammattilehdissä julkaistavia artikkeleita mm. CPOE-järjestelmien hyödyistä ja haitoista.

Fysiologisten signaalien ja kuvien käsittely oli alusta lähtien yksi BTT:n ja sen jälkeen VTT:n painoalueista ja on sitä edelleen. Digitaalinen signaalinkäsittely sai merkittävää lisäpotkua, kun professori Yrjö Neuvo tuli nimitetyksi Pekka Ahosen sovelletun elektroniikan virkaan 70-luvun loppupuolella. Aika joukko laboratorion tutkijoista teki vuosien mittaan väitöskirjansa TTKK:lle. Teemaan liittyen *Mark van Gilsin* ja *Ilkka Korhosen* kertomukset ovat myöhemmältä ajalta, 90-luvulta. Ne ovat osin ajallisesti rinnakkaisia ja kertovat signaalinkäsittelymenetelmien soveltamisesta anestesian ja tehohoidon potilasvalvonnassa sekä hyvinvointi- ja terveysseurannassa. Molemmat teemat ovat edelleen Tampereella tapahtuvan VTT:n t&k-toiminnan ydintä. Mm. EU:n puiteohjelmassa henkilökohtaiset terveysjärjestelmät (Personal Health Systems) ovat yksi rahoituksen painopiste. Lisäksi tietotekniikka-alan isot toimijat Intelistä kännykkävalmistajiin ovat yhdessä terveysteknologiayritysten ja terveyspalveluorganisaatioiden

kanssa muodostaneet yhteenliittymän, Continua Health Alliance, joka pyrkii luomaan standardeja henkilökohtaisten terveys- ja hyvinvointisovellusten markkinoille.

*Jukka Perälän* kirjoittama tarina turvakuvapuhelimesta on mukana esimerkkinä aihepiirin pioneerityöstä, jota Suomessa tehtiin EU-hankkeissa jo ennen kuin olimme liittyneet EU:n jäseniksi. EU-toimintaan tässä alueessa pääsimme loistavasti mukaan tutkimusprofessori *Jan Ekbergin* ansiosta. Jan, joka sittemmin siirtyi Stakesin palvelukseen, oli jo 90-luvun taitteessa yksi harvinaisen hyvin kansainvälisesti verkostoituneista VTT:läisistä. Kuten usein on asianlaita, niin EU-hankkeet ovat paljon markkinoita edellä. Turvakuvapuhelin toimi teknisesti ja käyttäjätkin olivat siihen tyytyväisiä. Mutta mitään merkittävää kaupallista menestystä tälle alueelle ei ole vielä syntynyt, vaan vuorovaikutteisia digi-TV-ratkaisuja kehitellään ikääntyville edelleen eri puolilla maailmaa. Jotain on kuitenkin opittu. Ymmärrys toimijakentästä on kehittynyt. Tiedämme nyt, että teknologialla ei voida työntää muutosta. Tarvitaan uusia palvelu- ja liiketoimintamalleja, jotka hyödyntävät teknologiaa. Varmaankin tämän ymmärryksen tuloksena on tänä vuonna (2008) käynnistetty EU:n ja kansallisten rahoittajatahojen yhteistyönä rahoitusohjelma "Ambient Assisted Living", jonka tavoitteena on edistää ikääntyvien teknologiaperusteisten palvelujen markkinoiden syntymistä.

Terveydenhuollon tietotekniikkahankkeiden läpiviennissä korostuu yhteistyö ja yhteisymmärrys käyttäjien kanssa. Käyttäjätahojen vahva panos on tarpeen hankkeiden kaikissa vaiheissa. Yhteistyön onnistumisen haasteena on löytää yhteinen kieli, jonka avulla ongelmasta voidaan keskustella ja hakea siihen ratkaisuja. VTT:n ja sitä ennen BTT:n onni on ollut, että alusta lähtien toiminta oli poikki- ja monitieteistä. Vaikkakin fyysiset toimitilat ovat olleet aina etäällä niin Tampereen yliopistollisesta sairaalasta kuin muistakin terveydenhoito-organisaatioista, niin henkiset yhteydet ovat olleet vahvat. Tämä on luettavissa myös alla olevista tapauskertomuksista. Kaikissa käyttäjätahojen osallistuminen on ollut vahvaa.

Osaamisen kehittäminen, uudistaminen ja uudelleen suuntaaminen on muuttuvassa toimintaympäristössä välttämätöntä. Tähän tarvitaan henkilöitä, joilla on halu oppia ja soveltaa uutta ja toimia yhteistyössä aihepiirin muiden osajien kanssa niin Suomessa kuin kansainvälisesti. Lisäksi tarvitaan tietenkin hankkeita, joille löytyy rahoittaja. Pitkäjänteinen soveltava tutkimus, jota VTT pääsääntöisesti tekee, edellyttää, että olemme tuloksellisia. Aina ei voida onnistua, ikävä kyllä. Mutta kaikesta voidaan ja pitää oppia, ja samojen, muiden tai omien tekemien, virheiden toistaminen olisi jo tyhmyyttä. Seuraavat tarinat toivottavasti avautuvat paitsi onnistumisina myös oppimiskertomuksina.

## POLKU MYLABIN SYNTYYN

Ilmo Tuohi

Toimitusjohtaja 1987-1993, Mylab Oy

Minun osaltani laboratorio-atk alkoi 1970-luvun alussa yhteisprojektilla, jonka osapuolina olivat Päijät-Hämeen keskussairaalan rakentamistoimikunta, Oulun yliopistollinen keskussairaala (OYKS) ja Biotekniikan tutkimuslaitos/VTT Sairaalatekniikan laboratorio. Projektin tehtävänä oli toteuttaa klinisen kemian laboratoriojärjestelmä Oulun ja Päijät-Hämeen keskussairaaloille. Määrittely- ja suunnitteluvaihe tehtiin yhteistyössä, mutta varsinainen koodaustyö jaettiin osapuolten kesken. Projektin avainhenkilöitä olivat PHKS:stä *Pentti Sapanen* ja *Raila Hagström (Koskinen)*, OYKS:stä *Antero Ensio*, *Jaakko Pukkila* ja *Juhani Ruostesuo* sekä VTT:ltä *Pekka Ruotsalainen* ja *Timo Jakobsson*. Projekti päättyi VTT:n osalta 1978, jolloin OYKS:n laitteisto vaihtui Data Generalin Novasta Digitalin PDP-11:lle ja VAX:eille ja samalla ohjelmista otettiin käyttöön uudet versiot. Projektin loppuvaihe on erityisesti jäänyt mieleeni siitä syystä, että OYKS:n käyttöönotossa minulla oli jalka kipsissä ja jouduin liikkumaan viikon verran Oulussa kainalosauvojen varassa.

Palasin VTT:llä laboratorio-atk:n pariin 1980-luvun alussa. Käänteentekevä herätys tapahtui, kun yhdessä *Timo Jakobssonin* kanssa teimme tutustumismatkan Varkauteen, jossa *Seppo Ahokas* esitteli meille Kuopion korkeakoulun laskentakeskuksen Varkauden terveyskeskukselle tekemää Watti-projektia ja Finstar -järjestelmää. Finstarin ohjelmointikielenä oli Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System (MUMPS). Innostuin MUMPS:sta niin, että *Seppo Ahokas* palkattiin VTT:lle pitämään viikon mittaista MUMPS-kurssia. Kurssilla oli oppilaita paitsi VTT:ltä myös VTKK:lta ja Kunnallistieto/PTK:lta.

Ensimmäinen laboratoriojärjestelmä, jonka VTT/SAI teki MUMPSilla oli Helsingin yliopiston virusopin laitoksen (HYVOL) VATKO-järjestelmä. Projekti toteutettiin 1980-luvun alkupuolella. Määrittelytyössä HYVOL:in päävastuullinen toimija oli *Tapani Hovi*. Toteutustyön teki VTT/SAI ja siihen osallistuivat lisäksi *Tapani Heiniö* ja *Juhani Heinilä*. Projektisuunnitelman mukainen omakustannusarvio (OKA) oli 540 000 mk. VTT päätti kuitenkin käyttää projektiin myös omia varojaan ja työstä veloitettiin HYVOL:lta 170 000 mk. Projektin päätyttyä lopulliseksi OKA-hinnaksi muodostui vähän yli miljoona markkaa. Tässä riitti projektipäälliköllä selittämistä.

Vielä 1980-luvulla Suomessa pidettiin vuosittain laboratorio-atk-päiviä. Vuonna 1984 olin näillä päivillä esittelemässä tekemääme VATKO-järjestelmää. Esityksen jälkeen espoolaisen Oy Medix Ab:n kemisti *Liisa Puutula-Räsänen* tuli kysymään minulta mitenkä Medix voisi saada oman laboratoriojärjestelmänsä. Lyhyiden neuvottelujen jälkeen sai VTT tehtäväkseen Medixin laboratoriojärjestelmän tekemisen. Olimme ottaneet opiksemme VATKO-projektista ja nyt projektin aikataulu, sekä työmäärä- ja kustannusarvio pitivät yli 90 %:n tarkkuudella. Medixin ohjelmistolle annettiin nimeksi

MYLAB (Mumpsilla tehty yksityisen laboratorion ohjelmisto). Projektin avainhenkilöt ja päävastuulliset olivat *Liisa Puutula-Räsänen* sekä VTT:ltä *Ilmo Tuohi* ja *Tapani Heiniö*.

Miksi sitten Mylab Oy perustettiin? Eräitä yhtiön perustamiseen vaikuttavia seikkoja olivat:

Tajusin, että VTT:n rooliin ei kuulu varsinainen ohjelmistotyö; ohjelmistojen myynti, kehitys- eikä ylläpitotyö asiakastukineen. Toisaalta tekemämme ohjelmistot olivat tekijöiden mielestä niin hyviä ja rakkaita, että niiden myyminen ulkopuoliselle toimittajalle ei tuntunut hyvältä ajatukselta.

Sairaaloiden ulkopuolinen laboratoriojärjestelmien atk-osaaminen oli Suomessa niin vähäistä, että tämän alan yrittäjälle oli olemassa selvä tilaus.

VTT suhtautui uuden yhtiön perustamiseen erittäin positiivisesti, saimme mm. tekemiemme ohjelmistojen omistusoikeuden lähes nimellistä korvausta vastaan.

1980-luvun puolivälissä tehtiin Suomessa perusteellinen selvitys terveydenhuollon atk:n tulevaisuudesta. Raportissa todettiin, että ohjelmistojen kehitystyö siirtyy lähitulevaisuudessa sairaaloiden omilta atk-osastoilta miltei kokonaan kaupallisille yritysille.

Meillä oli potentiaalisten asiakkaiden, lähinnä keskussairaaloiden, tuntemus ja omasta mielestämme myös tarpeellinen määrä luottamusta.

Uudelle yritykselle löytyi helposti myös ulkopuolisia rahoittajia.

Merkittävä tekijä oli myös henkilökohtainen halu elämänmuutokseen, halusin vielä kokeilla siipiäni yrittäjänä.

Sain *Tapani Heiniön* yhtiökumppaniksi

Mylab Oy aloitti toimintansa aprillipäivänä 1987. Kaksi ensimmäistä työntekijää olivat *Ilmo Tuohi* ja *Tapani Heiniö*. Vielä samana vuonna tuli mukaan kolmaskin vvt/sailainen: *Kari Näriäinen*. Nykytermein ilmaistuna Mylab Oy oli spin-off-yritys, joka perustui VTT:ssa hankittuun osaamiseen ja kontakteihin. Yhtiön kasvu on ollut vakaata ja tasaista. Kahden hengen ohjelmistopajasta on tullut 49.5 työntekijän tietopalveluyritys. Tuo puolikas henkilö olen minä, aamupäivät olen töissä ja iltapäivät eläkkeellä.

## Viite

Petteri Mäkinen (2006): Mylab Oy, Nopeaa ja virheetöntä tietoa laboratorioille, kirjassa Kahdeksantoista metriä: Tarinoita Tampereelta.

## SÄDEHOIDON ANNOSSUUNNITTELU – KANSAINVÄLINEN MENESTYSTARINA

Jari Viitanen

TkT, ylitarkastaja, Ratahallintokeskus

Tässä artikkelissa tarkastellaan kehitystyötä, joka pohjusti erään terveydenhuollon tietoteknisen tuotteen maailmanlaajuisista menestyksiä. Kertomus kattaa pääosin vuodet 1979 -1990. Noina vuosina saavutettiin kliinisten asiantuntijoiden ja asiakkaiden, tutkimuslaitoksen ja yritysmaailman yhteistyöllä merkittäviä tuloksia. Tulokset syntyivät useiden projektien pitkässä ketjussa ja eri tahojen yhteisrahoituksen varassa. Tehty työ ja aikaansaadut tulokset osoittavat, miten tärkeitä ovat yhteistyö ja mahdollisuus keskittyä pitkäaikaisesti yhteen tutkimusaiheeseen. Kehitystyön tuloksena Suomessa kehitetty sädehoidon annossuunnittelujärjestelmä on saavuttanut 2000-luvulla markkinajohtajan aseman.

Syövänhoito on ollut lääketieteelle melkoinen haaste – se on sitä edelleen ja oli myös 1970-luvulla, jolloin menestystarinamme siemenet kylvetään. Tuolloin mm. eräät sairaalafysiokit pohdiskelivat keinoja parantaa syövänhoidon tuloksia ja eritoten sädehoidon tarkkuutta ja vaikutusta. Siihen aikaan sädehoidon suunnittelussa käytettiin useimmissa hoitoyksiköissä manuaalista suunnittelumenetelmää, mutta tietokoneiden rynnäkkö myös sairaalamaailmaan oli jo alkanut ja siinä nähtiin mahdollisuuksia hoitotulosten parantamiseen. Mietintöjen tuloksena ilmestyi 1973 *Lauri Patomäen, Simo Rannikon, Pekka Ruotsalaisen ja Pentti Taskisen* raportti: ”Annossuunnittelun tietokoneryhmän tutkimusselostus ja ehdotus”. Tämän jälkeen pohdiskelut jatkuivat, vaikka asiat eivät kovin nopeasti edenneetkään. Aiheeseen liittyi myös *Pertti Ruotsalaisen, Matti Katajan ja Erkki Vauramon* raportti ”Sädehoidon instrumentointi- ja yhteistyöongelmia” vuodelta 1979.

Joissakin sairaaloissa tietokoneita ryhdyttiin käyttämään 1970-luvun puolivälin jälkeen. Mm. HYKS:ssä otettiin käyttöön hollantilaisen *Jan van de Geijn'n* kehittämä ohjelmisto, jota Johan Köhlerin diplomityön muodossa räätälöitiin HYKS:n tarpeisiin. Valtakunnallisesti tilanne oli kuitenkin hajanainen ja kehittymätön.

1970-luvun loppupuolella saatiin organisoiduksi Sairaalaliiton puitteissa esiselvitystyö, jonka aiheena oli sädehoidon annossuunnittelun atk-projektin aikaansaaminen. Työ organisoitiin kolmeen työryhmään: (1) Lääketieteellis-biologinen ryhmä (vetäjänä *Pertti Ruotsalainen*, jäseninä *Matti Mäntylä, Reijo Salmi ja Erkki Vauramo*), (2) ohjelmistotyöryhmä (vetäjänä *Ahti Rekonen*, jäseninä *Pentti Anttila, Matti Kataja, Lauri Patomäki ja Ari Pääkkönen*) ja (3) laitteistotyöryhmä (vetäjänä *Pekka Ruotsalainen*, jäseninä *Juhani Rätty, Jarmo Toivanen ja Antti Virjo*).

Esiselvityksen loppuraportti valmistui 13.5.1979. Siinä suositeltiin kehitystyön käynnistämistä kansallisen yhteistyön pohjalta. Kehitystyön paikaksi ehdotettiin VTT:n

Sairaalatekniikan laboratoriota. Kehitystyön rahoitusta ehdotettiin järjestettäväksi siten, että mukana olevat sädehoitosairaalat maksaisivat osallistumismaksua Sairaalaliitolle, joka laadittavan sopimuksen pohjalta kanavoisi rahoituksen VTT:lle. Keskustelujen jälkeen näin päätettiin menetellä. Mukaan lähtivät useimmat Suomen kaikkiaan yhdeksästä sädehoitosairaala. Sairaalaliiton ja VTT:n välisen sopimuksen allekirjoittivat VTT:n puolelta *Pekka Ahonen* ja *Niilo Saranummi* sekä Sairaalaliiton puolelta *Heikki Simola* ja *Leif Sonkin* 21.12.1979.

Hetimiten sopimuksen solmimisen jälkeen VTT ryhtyi toimeen. Sairaalatekniikan laboratorioon perustettiin Atk-annossuunnittelu-projekti, jonka projektipäälliköksi nimettiin TkL *Jari Viitanen*, projektiryhmän jäsenenä olivat eri vaiheissa DI *Matti Kukkurainen*, fil.yo. *Pirkko Nykänen*, DI *Martti Ojanen*, FK *Pekka Mäkinen* ja tekn.yo. *Nils Lindqvist*.

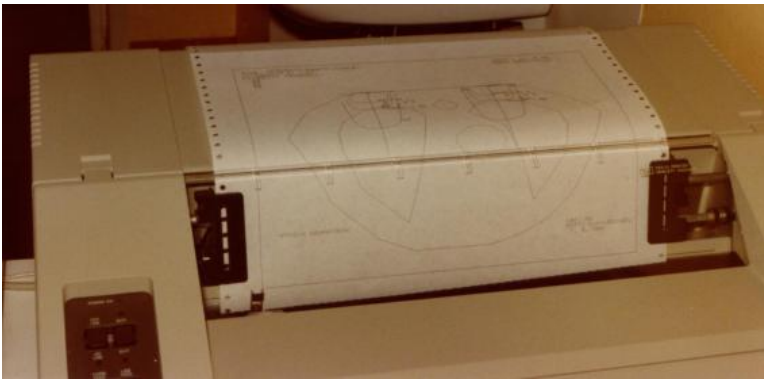
Esiselvityksessä oli sovittu, että työn pohjana olisi HYKS:n käyttämä GEHYKS 1-ohjelmisto (HYKS:n versio van de Geijn'n EXTDOS-ohjelmistosta) ulkoista sädehoitoa varten ja GEHYKS 2-ohjelmisto (FT *Matti Forssin* ideoihin pohjautuva ohjelmisto) sisäisiä sädehoitoja varten. Isolle Honeywell 20/66-keskuskoneelle tehty ohjelmisto saatiinkin työn pohjaksi 15.11.1979. Eräs esiselvityksen myötä sovittu asia oli se, että kehitettävän ohjelmiston piti toimia ns. minitietokoneilla, joihin sairaaloiden varojen arveltiin riittävän. Ison keskuskoneen ja minitietokoneen maailmojen ero oli siihen maailman aikaan huikaiseva ja edessä olikin mittava kehitys- ja räätälöintityö. Ohjelmiston käyttäjäinteraktio päätettiin rakentaa kokonaan uudelleen ja ohjelmiston rakennetta jouduttiin muuttamaan ja pilkkomaan radikaalisti, että se saatiin mahtumaan koneen pieneen muistiin. Mm. potilastiedostot organisoitiin kokonaan uudelleen.

Kehitystyötä tehtiin oheisella Data Generalin Nova 1220-tietokoneella, jossa oli 32 kilosanan keskusmuisti ja vaihdettava 1,25 megasanan levy, nauhanlävistin ja -lukija, Hewlett Packard -piirturi, graafinen Tektronix-päätte sekä Summagraphics digitoija. Käyttöjärjestelmä oli yhden käyttäjän Real Time Disk Operating System (RDOS).

Annossuunnitteluohjelman lähtötiedoiksi tarvittiin potilaan ääriviivat ja säteilytettävien ja suojattavien kohteiden ääriviivat, jotka lääkäri piirsi röntgenkuvien perustella ja ääriviivan mittalaitetta, eräänlaista kampa käyttäen. Ääriviivat syötettiin tietokoneelle digitoijalla. Annossuunnitelma potilaan ääriviivoineen ja annosjakautumineen tulostettiin piirturilla. Laskennassa käytettiin siis van de Geijn'n algoritmia, jossa epähomogeenisuuskorjaus perustui ESSD-menetelmään.



*Kehitystyöympäristönä toiminut Nova 1220-minitietokone.*



Ensimmäinen KYKS:ssa tehty annossuunnitelma tulostumassa.

Ohjelma ulkoisia sädehoitoja varten saatiin toimimaan ahkeran puurtamisen tuloksena vuoden 1980 alku-puolella ja sille annettiin nimeksi SAIDOS. Sen ensimmäinen installaatio tehtiin Kuopioon elosyyskuussa 1980. KYKS:ssa oli käytössä Data Generalin Eclipse

S130 -tietokone, jossa oli kahden käyttäjän MRDOS-käyttäjärjestelmä ja erilainen graafinen pääte ja tulostin, jotka vaativat vielä oman räätälöintinsä.

Saman vuoden lopulla tehtiin asennus Keski-Suomen keskussairaalaan (K-SKS). Vuonna 1981 ohjelmistosta tehtiin myös Digital Equipment Co:n PDP-tietokoneille sopiva versio, joka sitten myöhemmin konvertoitiin vielä DEC:n VAX/VMS-ympäristöön sopivaksi. Ensimmäiset PDP-versiot asennettiin 1981 KoKS:aan ja TYKS:aan. Nämä koneet tarjosivatkin jo aidomman monen käyttäjän ympäristön ja vähitellen myös enemmän laskentatehoa, josta oli ollut selvää puutetta ensimmäisissä installaatioissa. SAIDOS-ohjelmiston käyttäjän opas valmistui 23.4.1980 ja ohjelmiston dokumentaatio 11.11.1981. Ensimmäinen käyttäjäkoulutus pidettiin 22-23.10.1981.

Sisäisten sädehoitojen ohjelmalle annettiin nimeksi SISDOS. Sen konvertointi- ja kehitystyötä tehtiin hieman hitaammalla aikataululla, koskapa sen tarvitsijoita ei ollut jokaisessa sädehoitopaikassa. SISDOS-ohjelmiston dokumentaatio valmistui 1983, jolloin ohjelmisto myös asennettiin TYKS:aan.

Kaikkiaan SAIDOS- ja SISDOS-ohjelmistoja asennettiin kuuteen sairaalaan: KYKS:aan, K-SKS:aan, TYKS:aan, KoKS:aan, E-SKS:aan ja lopuksi vuodenvaihteessa 1985-1986 HYKS:aan. Tuolloin HYKS:kin oli siirtynyt DEC:n laitekantaan ja hankkinut ison VAX 8600-koneen, jonne ohjelmistot asennettiin. Silloin ympyrä tavallaan sulkeutui. HYKS:n käytössä olleista ohjelmista oli lähdetty liikkeelle ja sinne kehitetty versio sitten lopulta päättyi.

Projektin aktiivisin vaihe kesti vuodet 1979-1981, mutta pieniä viilauksia ja korjauksia tehtiin vuosia tuon jälkeenkin. Hankkeen loppuraportti valmistui 6.9.1984. Hankkeen johtoryhmän puheenjohtajana toimi prof. *Ahti Rekonen*, jonka rooli alan mielipidejohtajana, resurssien kokoajana ja hankkeiden käynnistäjänä oli muutoinkin merkittävä. Muita jäseniä olivat *Pertti Ruotsalainen*, *Pekka Ruotsalainen*, *Timo Jakobsson*, *Juhani Rätty*, *Raija Tervo-Pellikka* ja *Jari Viitanen*.

Jo varhain SAIDOS-projektin aikana nähtiin, että tulevaisuus toisi mukanaan suuria muutoksia. Nopeasti yleistyvät tietokonetomografit olivat tulossa laajasti myös sädehoidon käyttöön ja välttämättömänä pidettiin digitaalisten kuvien hyödyntämistä suoraan annosjakautumien laskennassa. VTT ryhtyikin jo 1980-luvun alkuvuosina käynnistämään uutta projektia, jonka tavoitteena oli kehittää seuraavan sukupolven



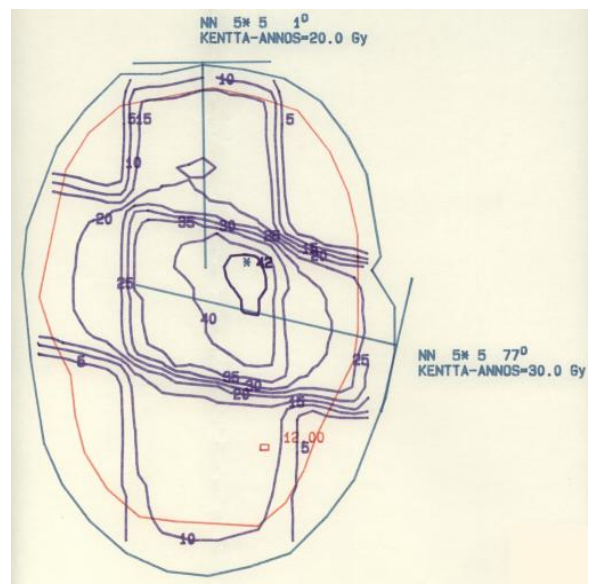
annossuunnittelujärjestelmä. Projektin käynnistys onnistui Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) ja VTT:n rahoituksella 1981. Työtä tehtiin siis osittain rinnakkain aiemman hankkeen kanssa. Uuden TOMO-ANNOS-projektin projektipäällikkönä jatkoi *Jari Viitanen* ja projektiryhmän jäseniä olivat eri vaiheissa *Martti Ojanen*, *FM Veijo Taskinen*, *David Howell*, tekn.yo *Markku Tuhkio* ja *FM Pirkko Nykänen* – osa pitempi- ja osa lyhyempiä aikaisesti.

Myös tämän hankkeen yhteydessä yritettiin saada sairaaloita mukaan rahoittajiksi, mutta riittävää halukkuutta asiaan ei tarpeeksi monissa sairaaloissa löytynyt, joten työtä tehtiin KTM:n ja VTT:n rahoituksella. Hankkeen johtoryhmässä oli pitkälti sama miehitys kuin aiemmassa vaiheessa, puheenjohtajana oli edelleen *Ahti Rekonen*.

CT-kuvien käyttöönoton myötä paljon muitakin asioita muutettiin varsin perusteellisesti, ennen kaikkea absorboituneen annoksen laskenta-algoritmi. Säteilytettävän kohteen tiheys tai oikeammin elektronitiheys laskettiin suoraan CT-informaatiosta, jolloin epähomogeenisuuksien vaikutukset voitiin ottaa tarkemmin huomioon. Fotonisäteen kulkema matka jaettiin ns. pixel-by-pixel-menetelmällä 1 cm paksuisiin vyöhykkeisiin, joilla epähomogeenisuudet, mm. keuhkot mallinnettiin. Käyttöön otettiin TAR-pohjainen Bathon korjausmenetelmä. Myös eri alueiden automaattinen ääriviivan etsintä otettiin käyttöön. CT-kuvien osalta ryhdyttiin käyttämään ns. CART-formaattia, joka aluksi tunnettiin nimellä Uppsala-formaatti.

Järjestelmä saatiin keskeisiltä osiltaan testikuntoon 1983, mutta sen kehitystyötä jatkettiin. Kehitysympäristönä toimi DEC:n PDP-11/44-tietokone ja RSX-käyttöjärjestelmä. Laitepuolella mukaan tuli Salora, jonka kehittämää graafista näyttöä, tyyppiä VPT-64K, käytettiin CT-kuvan harmaasävyesityksessä yhdessä värillisten annosjakautumatietojen kanssa. Sellaisenaan tätä kehitettyä järjestelmää, joka sai nimen SAITOM, ei installoitu kliiniseen käyttöön, mutta se muodosti hyvän perustan jatkokäytöskentelylle, joka tapahtuikin sitten hieman laajemmissa puitteissa.

Jo SAIDOS-projektin aikana viriteltiin annossuunnitteluun liittyen Pohjoismaista yhteistyötä. Nordforskin rahoituksella (76 000 SEK) saatiinkin käyntiin Datordos-projekti 6/1981-7/1982. Mukana hankkeessa oli mm. Uppsalan yliopiston tietojenkäsittelykeskus (UDAC), joka oli ollut merkittävässä roolissa Siemensin annossuunnittelujärjestelmän kehitystyössä. Siellä suurin rooli oli *Hans Dahlinilla*. Muita tahoja olivat Malmön ja Lundin sairaalat, Århusin sairaala Tanskasta ja Oslon sädehoitosairaala. Hankkeessa ryhdyttiin aluksi määrittelemään käyttäjien vaatimuksia annossuunnittelujärjestelmille. Työn pohjalta valmistuikin raportti "User



SAITOM-ohjelmistolla laskettu CT-kuvaan perustuva annosjakautuma vuodelta 1984.

Requirements on CT-based Computed Dose Planning Systems in Radiation Therapy”.

Datordosille yritettiin luonnollisesti järjestää jatkoa. Neuvotteluissa jatkorahoituksesta oli tärkeässä roolissa *Jan Törnqvist*. Yritykset onnistuivat ja 1983 saatiin pieni rahoituspanos (412 000 SEK) Nordisk Industrifondilta ns. CART-esitutkimusta varten. Nimi Computer Aided Radio Therapy (CART) lanseerattiin varsinaisesti siis tässä vaiheessa. Esitutkimus valmistui 1984 ja se suositteli varsin mittavan CART-projektin käynnistämistä ja hahmotteli sen aihepiirejä ja kokonaisuutta. Esitutkimusraportti sai myönteisen vastaanoton ja rahoitusta varsinaista projektia varten ryhdyttiin järjestelemään sekä Pohjoismaisella että kansallisella tasolla. Pohjoismaisesta rahoitusosuudesta vastasi Nordisk Industrifond 7 MNOK:n panoksella. Suomen osalta kansallista rahoitusta saatiin Tekesin Tietojenkäsittelyn kehittämisohjelman kautta. Helposti rahoja ei tietenkään löytynyt, mutta melkoisen väentämisen jälkeen eri tahojen rahoitukset olivat kuitenkin koossa ja itse CART-hankekokonaisuus käynnistyi keväällä 1985. Mukana olivat kaikki Pohjoismaat Islantia myöten. CART-ohjelma päättyi reilut kaksi vuotta kestätyään 31.7.1987. Loppuraportti valmistui 20.4.1988. Suomesta CART:n ohjelmaneuvostoon kuuluivat ainakin prof. *Lars Holsti*, prof. *Niilo Saranummi*, prof. *Ahti Rekonen*, dos. *Heimo Holli*, prof. *Yrjö Neuvo* ja TJ *Pekka Aalto*.

CART:n Suomen koeinstallaation kehityskohteiksi tulivat 3-ulotteinen annossuunnittelu, 3-ulotteinen kuvankäsittely, syövänhoidon asiantuntijajärjestelmän kehittäminen, mould-room-tekniikka, verifiointijärjestelmän kehittäminen, CART-informaatiojärjestelmä ja dosimetria.

Kaiken kaikkiaan CART oli todella suuri ja tuloksekas projekti, johon tehdyt satsaukset kannattivat monessakin mielessä. Pohjoismaisen yhteistyön hedelmällisyyttä ja sujuvuutta tuskin voi liikaa ylistää, asiat hoidettiin todella joustavasti ja tehokkaasti. Hallinnollisella puolella pääjunailija oli edelleen *Jan Törnqvist*. CART oli maailmanlaajuisestikin merkittävä hanke ja herätti paljon huomiota kaikkialla maailmassa. Monet tutkijat kävivät Pohjoismaissa tutustumassa CART:n työhön ja saavutuksiin ja tuloksia esiteltiin ahkerasti alan kongresseissa. Mainittakoon, että CART jopa julkaisi omaa laajalevikkistä uutislehteään, CART News:iä.

Suomessa annossuunnitteluun liittyvät hankkeet jaettiin hallinnollisesti kahteen osaan, kotimaisesti rahoitettuun CART/F:ään ja Pohjoismaisesti rahoitettuun CART/N:ään. Periaatteessa samaa työtä tehtiin molempien osaprojektin puitteissa, toki siten, että Pohjoismainen yhteistyö painottui CART/N:n osuudessa. Projektin työstä vastasivat projektipäällikkönä Jari Viitanen ja projektiryhmän jäsenenä FM *Juhani Heinilä* ja KYS:sta VTT:lle tullut FL *Simo Hyödynmaa*. CART/F-projektin yhteydessä tutkittiin Mould-room-tekniikkahankkeessa eri menetelmiä potilaan fiksoimiseksi hoidon aikana. Tästä osasta vastasi FT *Maunu Pitkänen*, joka oli VTT:ssa lainalla TAYS:sta.

Verifiointijärjestelmää ja samalla sädehoitoklinikan tiedonsiirtoverkon yhtä osaa kehitettiin yhteistyössä Nokian, tanskalaisen Nuson-yrityksen ja TAYS:n sädehoitoklinikan kanssa. Työstä vastasi K-SKS:sta VTT:ssa lainalla ollut fyysikko *Jarmo Toivanen*, mukana oli myös fyysikko *Juha Valve* K-SKS:sta. Hanke toteutettiin ajalla 1.10.1984 - 31.5.1986.

Koska CART-ohjelman rahoittajana oli Nordisk Industrifond, edellytyksenä oli luonnollisesti myös teollisuuden vahva mukana olo hankkeessa. Tämä toteutuikin vallan

mainiosti, kaikkiaan mukana oli 16 pohjoismaista ja laajemminkin kansainvälisen pohjan omaavaa yritystä. Myös yritysten rahoituspanokset olivat mainittavat. Ne eivät olleet pelkästään pienen jäsenmaksun varassa seurailemassa mitä tapahtuisi.

Suomesta mukana olivat Dosetek Oy, DEC, Nokia ja Salora. Nokia osallistui verifiointijärjestelmän kehitystyöhön, muut osallistuivat annossuunnittelujärjestelmän kehitystyöhön, Salora oli mukana kehittämässä näyttölaitetta, DEC tarjosi algoritmikehitystyön alustan edulliseen hintaan ja Dosetek toimi kehitystyön tulosten teollisena hyödyntäjänä.

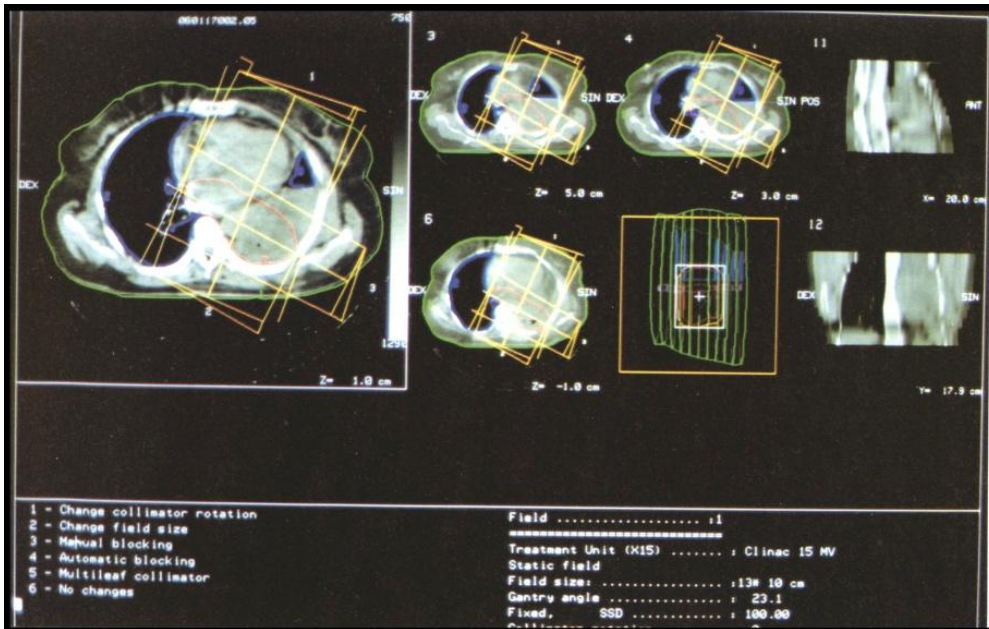
Yhteistyö Dosetekin kanssa lähti liikkeelle 1986. Dosetekin toimitusjohtaja Pekka Aalto toki seurasi kehitystyötä 1980-luvun alusta saakka, ja kun kotimaisen kehitystyön tulokset näyttivät johtavan kelvolliseen lopputulokseen ja pohjoismainen yhteistyö oli käynnistymässä, myös Dosetek teki päätöksen lähteä mukaan hyödyntämään kehitystyön tuloksia. Samalla myös Dosetekin tuotevalikoima tulisi laajenemaan annosmittauslaitteista. Asiakaskuntaanhan Dosetekilla oli kotimaisella tasolla jo kontaktit ennestään, sillä Dosetek oli myynyt omien tuotteidensa lisäksi Varianin sädehoitolaiteita Suomessa. Yritys oli pitkään toiminut *Pekka ja Ritva Aallon* voimin, mutta niihin aikoihin, kun yhteistyö VTT:n ja CART-ohjelman kanssa käynnistyi, mukaan firmaan tuli *Harri Puurunen*. Yhteistyö Dosetekin ja VTT:n kesken oli varsinkin aluksi hyvin tiivistä. Puurunen jopa istui pitkään Tampereella yhteisissä työtiloissa muun CART-projektiryhmän kanssa.

Dosetek oli pian mukaantulonsa jälkeen päättänyt rakentaa annossuunnitteluohjelmiston kaupallisen version Hewlett-Packardin 9000/300-sarjan työasematietokoneiden varaan. Valitussa koneessa oli H-P:n Unix-käyttöjärjestelmä HP-UX ja hyvä graafinen ohjelmisto. VTT:n kehitystyö siirtyi puolestaan 1985 CART:n suosiollisella avustuksella hankitulle VAX-11/750-alustalle ja VMS-käyttöjärjestelmään. Laitteessa oli myös rinnakkaislaskentayksikkö FPS5110. SAITOM-ohjelmiston siirto PDP-ympäristöstä VAX:iin oli ohjelmistojen kannalta kivuton, vain joidenkin oheislaitteiden liitännöiden rakentamisen kanssa kului hieman aikaa.

Harri Puurunen tehtävänä oli aluksi portata VTT:n kehittämä SAITOM-ohjelmisto työasematietokoneelle. Harri keskittyi erityisesti graafiseen puoleen ja käyttöliittymään, VTT:n projektiryhmä eli *Jari Viitanen, Juhani Heinilä* ja *Simo Hyödynmaa* varmistivat puolestaan Fortranilla kirjoitettujen ohjelmien yhteensopivuuden VAX-kehitysympäristön ja H-P-kohdeympäristön välillä. Tässä ei suuria ongelmia ilmennyt, koska ohjelmointityössä oli alun perin pitäydytty varsin pitkälle Fortranin standardiominaisuuksissa. Näin ollen suurin osa energiasta voitiin suunnata uusien ominaisuuksien kehittämiseen. Näitä olivat mm. 3-ulotteiset esitysmuodot, ekvivalentti-TAR-laskentamenetelmä, pencil beam-laskentamenetelmä elektronihoitoja varten, epäsäännöllisten kenttien laskenta ym. Hankkeessa kokeiltiin myös rinnakkaislaskennan vaikutusta laskenta-aikoihin. Monet asiat tehtiin myös tiiviissä Pohjoismaisessa yhteistyössä.

CART oli sekä tutkimuksellinen että kaupallinen menestystarina. Uusia tuotteita syntyi hankkeen tuloksena useitakin. Suomalaisittain tärkein oli luonnollisesti Dosetekin edustukseen siirtynyt annossuunnitteluohjelmisto, joka sai työasemaversiossa nimen

CADPLAN. Dosetekin ja VTT:n yhteistyö käynnistyi täydellä teholla siis 1986 ja jo saman vuoden lopulla tehtiin järjestelmän ensimmäinen kaupallinen asennus Jyväskylään. Dosetekin yhteistyö Varianin kanssa avasi myös vientikanavia ja 1988 tehtiin CADPLANin ensimmäinen ulkomainen asennus Kasseliin.



CADPLANin näyttö 1980-luvun lopulta.

Tieteellisellä puolella tapahtui myös paljon. Projektin myötä julkaistiin noin 30 kansainvälistä lehtiartikkelia tai kongressiabstractia. Väitöskirjan hankkeen puitteissa tekivät *Jari Viitanen* ja *Simo Hyödynmaa*, ensin mainittu 1989 aiheesta "Development and evaluation of a dose planning system for radiation therapy" ja viimeksi mainittu 1991 aiheesta "Implementations of the generalized Gaussian pencil beam algorithm for three-dimensional electron beam dose planning". *Juhani Heinilä* teki 1992 hankkeeseen liittyen lisensiaattityön aiheesta "Monte Carlo –menetelmän soveltaminen rajapinta-ilmioiden tutkimiseen sädehoidossa".

CART:n jälkeisinä vuosina Dosetek Oy:n edustaman CADPLAN-annossuunnittelu-järjestelmän myynti oli aluksi maltillista, mutta kasvavaa (87 lisenssiä vuosina 1986-1993). Huikea nousu tapahtui sen jälkeen, kun Varian osti Dosetekin 1993. Lopputuloksena oli, että CADPLAN oli vuoden 2005 loppupuolella markkinajohtajan asemassa 40 % markkinaosuudella. Ohjelmistolisenssejä oli siihen mennessä myyty noin 3700 kappaletta joka puolelle maailmaa. Samalla yrityksen koko oli kasvanut muutamasta hengestä noin 60 henkeen. Sen jälkeen, kun yhteistyö VTT:n kanssa päättyi syyskuussa 1990, Dosetek teki tieteellistä yhteistyötä monien ulkomaisten klinikoiden, mm. Rotterdamin kanssa ja kehitti järjestelmää monin tavoin. Suuremman uudistuksen yhteydessä 2001 myös tuotteen nimi vaihtui, uusi nimi on Eclipse. Varian Dosetek ja myöhemmin Varian Medical Systems Finland Oy, joka siis jatkaa Dosetekin aloittamaa työtä, on koko ajan toiminut Espoossa ja nykyisin Helsingissä. Ohjelmiston myöhempien kehitysvaiheiden kuvaaminen olisi oman juttunsa väärti, mutta menestyksen tekijöinä

ovat olleet epäilemättä monet seikat, mm. ohjelmiston toimivuus, tarkkuus, käyttäjäystävällisyys, uudet ohjelmistotyökalut ja laitealustat ja niiden mukanaan tuomat hyvät graafiset ominaisuudet, asiakaspalvelu jne.

Kun CART aikanaan päättyi, tutkimuspuolella jatkettiin lähialueella. Jo sädehoidon sovellusten yhteydessä oli varsin monipuolisesti perehdytty digitaalisten lääketieteellisten kuvien käsittelyyn. Tätä tutkimushaaraa jatkettiin useiden vuosien ajan kehittämällä teleradiologiaa ja kuvatyöasemaa sekä tutkimalla laajemminkin PACS:iin liittyviä asioita, mm. kapasiteettikysymyksiä.

CART ja sitä edeltäneet sädehoidon projektit olivat hedelmällistä ja ainakin omalta osaltani työurani (toistaiseksi) parasta aikaa. Haluan vielä tämän lyhyen ja valitettavan kiteytetyn historiakatsauksen myötä kiittää kaikkia mukana olleita hyvästä ja tuloksellisesta yhteistyöstä.

## TEKOÄLYN ENSI ASKELEET VTT SAIRAALATEKNIIKAN LABORATORIOSSA

Pirkko Nykänen  
professori, Tampereen yliopisto

Suomessa kiinnostuttiin 1970-luvulla tekoälytutkimuksesta ja pyrittiin tutkimuksen ja kehittämisen avulla parantamaan tuottavuutta ja tehokkuutta erilaisissa toiminnoissa. Teknologian kehittämiskeskus (Tekes) käynnisti erillisen Tekoäly-tutkimusohjelman ja myös VTT:n sisäisesti käynnistettiin eri toiminta-alueet kattava Tekoäly-ohjelma.

VTT Sairaalatekniikan laboratoriossa tehtiin 1980-luvun taitteessa tutkimusta tilastolliseen tietojenkäsittelyyn perustuvien päätöstukijärjestelmien alueella. Toisessa sovelluksessa kehitettiin sisätautien poliklinikalle vatsavaivojen autoanamneesiohjelmisto, jonka avulla pyrittiin luokittelemaan potilaan oireita ja niiden perusteella päättelemään, mistä sairaudesta oli kysymys. Toinen tilastollinen sovellus oli deDombalin kehittämän akuutti maha-ohjelmiston kokeilu Tampereen yliopistosairaalan ensiavussa akuuttien vatsavaivojen diagnostiikkaan. Tampereella koottiin iso potilasaineisto, ja saatiin hyviä tuloksia tilastollisen päättelyn toimivuudesta. Yhteistyökumppaneina olivat lääkärit *Jorma Ikonen* ja *Olavi Keyriläinen* sekä atk-päällikkö *Matti Kataja* Tampereen yliopistosairaalasta.

Varsinainen tekoälytutkimus käynnistyi Tekesin ja VTT:n tekoälyohjelmien kautta. Sairaalatekniikan laboratoriossa kehitettiin kolme lääketieteen asiantuntijajärjestelmää: Mikrobi-järjestelmä LISP-ympäristössä bakteeri-infektioiden tunnistukseen ja hoidon suunnitteluun, Thyroid-järjestelmä kilpirauhasen toimintahäiriöiden tunnistamiseen ja tehohoitoympäristössä nestetasapainon suunnittelussa avustava NESTE-järjestelmä. MIKROBI-järjestelmä kehitettiin yhteistyössä Tampereen yliopistollisen sairaalan (TAYS) kanssa, THYROID yhteistyössä Turun yliopistollisen keskussairaalan (TYKS) ja NESTE yhteistyössä Kuopion yliopistollisen sairaalan (KYS) kanssa. MIKROBI-järjestelmä jäi prototyyppiksi, sitä ei koskaan saatu käyttöön todelliseen sairaalaympäristöön, johtuen pääasiassa siitä, että kehitystyö oli tehty Symbolics-tietokoneella LISP-ympäristössä ja sen liittäminen sairaalan VAX-klusteriin ei onnistunut. THYROID-järjestelmä toimi TYKS:ssa sairaalan Multilab-laboratoriojärjestelmän yhteydessä ja NESTE-järjestelmä oli liitetty KYS:n teho-osaston potilasvalvontajärjestelmään. Näiden järjestelmien kehittämistä rahoittivat Tekes sekä pohjoismainen tekoälyn tutkimusohjelma Kunsapsbaserade System in Norden (KUSIN, Nordisk Industrifondet). TAYS:n mikrobiologian ylilääkäri *Paul Grönroos* toimi monelle tavalla tekoälytutkimusta vahvistavana voimana ja MIKROBI-järjestelmän kehittämisen primus motorina. Myös infektio­lääkäri *Jukka Lumio* osallistui asiantuntijana kehittämistyöhön. TYKS:n laboratorion Kerttu *Irjala* oli kilpirauhasen toimintahäiriöitä diagnosoivan ohjelman primus motor. Mukana olivat lisäksi *Pirjo Nuutila*, *Jorma Viikari* ja *Jari Forsström*. Kuopion osalta vahva taustavoimamme ja yhteistyökumppanimme oli tehohoidon ylilääkäri *Aarno Kari*.

Tutkimus laajeni 1980-luvun lopussa EU-tasolle, kun Sairaalatekniikan laboratorio osallistui aktiivisesti lääketieteellisten tietämysjärjestelmien tutkimukseen ja kehittämi-

seen EU-tutkimushankkeissa. Erityisen merkittäviä hankkeita olivat KAVAS, KAVAS-2 ja OpenLabs. KAVAS-hankkeissa kehitettiin lääketieteen asiantuntijalle työkaluympäristöä, jonka avulla asiantuntija itse voisi mallintaa omaa asiantuntijatietämystään ja kehittää siihen perustuvia asiantuntijajärjestelmiä. Työkaluun, KAVIAR-järjestelmään, sisältyi välineet sekä mallipohjaisen tietämyksen mallittamiseen että tietämyksen louhintaan potilastietokannoista. OpenLabs-hankkeen tuloksena oli standardin luonteinen laboratorion sisäisen tiedonkulun ja tietojenvälityksen määrittely ja lisäksi OpenLabs-hankkeessa toteutettiin useita asiantuntijajärjestelmiä, joiden avulla pyrittiin parantamaan laboratorion tutkimustulosten hyödynnettävyyttä kliinisessä päätöksenteossa.

Tekoälytutkimus oli kiinnostavaa, se herätti hyödyntäjissä innostusta ja toivottiin, että käytännön ongelmiin saadaan toimivia ratkaisuja älykkäiden ohjelmien avulla. Lääkärit olivat innokkaasti mukana hankkeissa. Asiantuntijajärjestelmien kehittäminen osoittautui kuitenkin vaikeaksi. Vaikka oli menetelmiä tietämyksen mallittamiseen ja esittämiseen, oli asiantuntemuksen eksplikointi, julkilausuminen, kuitenkin vaikeaa. Asiantuntijat eivät aina osanneet pukea asiantuntemustaan sanoiksi, eikä tekoälytutkija aina ymmärtänyt lääketieteen asiantuntijaa. Edustettiin erilaisia syvällistä asiantuntemusta vaativia alueita ja yhteisen kielen kehittyminen vei aikaa.

Yhteistyö lääketieteen asiantuntijoiden kanssa oli varmasti tekoälytutkimuksen mielenkiintoisin ja innostavin asia. Me tekoälytutkijat opimme ymmärtämään, miten monimutkaisia tehtäviä ja prosesseja lääketieteen päätöksentekoon liittyy. Vähitellen opimme myös ymmärtämään, että tavoittelimme liian suuria tuloksia. Todellisen asiantuntijan asiantuntemuksen tasolle yltävää tietokoneohjelmaa emme pystyneet rakentamaan. Parhaiten onnistuivat ne ohjelmat, joiden perustana oli selkeä ja melko yksinkertainen päätelymalli.

Vuosituhaten vaihteen tienoilla tekoälytutkimus muutti suuntaa, ja siirryttiin integroitujen asiantuntijajärjestelmäkomponenttien kehittämisestä läsnä-älykontekstiin, josta käytetään mm. termejä *ambient intelligence*, *pervasive computing* ja *ubiquitous computing*. Ideana on kehittää proaktiivista tietotekniikkaa, erilaisia ympäristöjä, joissa on upotettuna älykkäitä komponentteja, sekä teknologian että ohjelmistojen avulla kehitettävää älykkyyttä. Tässä vaiheessa Sairaalatekniikan laboratorion pioneerivaiheen tekoälytutkijat olivat siirtyneet muihin tehtäviin tai jatkoivat tutkimusta kohdennetuilla alueilla, esimerkiksi allekirjoittanut terveydenhuollon tietotekniikan ja tietojärjestelmien arvioinnin ja arvioinnin menetelmäkehityksen alueella.

Pioneerivaiheen tutkimuksen tuloksena syntyi asiantuntijajärjestelmiä, joista osa hyödylliseksi koetuista ja osoittautuneista otettiin käyttöön sairaalaympäristössä. Jokunen kehitystä ohjelmista jäi prototyyppiasteelle ja niitä ei saatu todelliseen käyttöön. Kaikki kehittäminen oli kuitenkin hyödyllistä oppimisen ja tieteen näkökulmasta: opimme ymmärtämään tilannetta terveydenhuollossa, erityisesti lääkärin päätöksentekoprosessin näkökulmasta, ja opimme myös sen, mihin asti käytössämme olevat tietotekniikan menetelmät ja välineet pystyvät tutkimuksen kohteena olevia ongelmia ratkaisemaan.

VTT Sairaalatekniikan laboratoriossa tekoälytutkimukseen osallistui vuosien mittaan monia tutkijoita, erityisesti *Matti Aaltonen*, *Matti Koskinen*, *Kimmo Saarinen*, *Harri Tikka*, *Pekka Kaatjala*, *Pentti Kolari*, *Jussi Yliaho*, *Laurent Valluy*. Allekirjoittanut toimi useissa tekoälyprojekteissa projektipäällikkönä. VTT Tietotekniikan laboratorion Helsingistä osallistui hankkeisiimme monen vuoden ajan tietämyksen hankinnan asiantuntijana *Jukka Rantanen*.



## FROM CRITICAL CARE DATA LIBRARY COLLECTION TO CO-OPERATION WITH GE

Mark van Gils

Senior Research Scientist, VTT Technical Research Centre of Finland

Finland joined the EU in 1995 and the Improve project was one of the first EU-projects with a Finnish partner (VTT) as co-ordinator. The concerted action project, joined forces from Finland, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Italy, the Netherlands, Spain and United Kingdom to "Improve control of patient status in critical care", as it was written in the first sentence of the project proposal. The idea was to develop new biosignal interpretation algorithms using a data-library containing data recorded in intensive care unit during common patient disorders. Starting in a rather turbulent time, with Finland just joining the EU and Nokia at the start of its big growth period, getting the administrative side of project up and running properly was somewhat of a challenge. Eventually, *Niilo Saranummi* with the daily help of *Ilkka Korhonen* managed to get the project going full-forward. The collection of the data library was one of the central tasks of the project, and it proved to be a very challenging but also rewarding task. Its uniqueness (and challenge in collecting it) mainly lies in the fact that it contains 24h vital signs recordings with extremely careful annotations of all the things that happened to and around the patient. These were made by a nurse remaining at the patient bedside during the recording.

The data library has been used by several external institutions and international companies for R&D purposes after the project ended. The recordings were made at Kuopio University Hospital, with *Aarno Kari* and *Jukka Takala* being the main driving forces behind the clinical aspects of the recordings. Another Finnish partner involved was Clinisoft (represented by *Arno Heikelä*) that took care of the patient information management system in the hospital. Intelligent signal processing methods that use the

data were developed by the academic partners of the project. These included among others the Polytechnic University of Milan (*Sergio Cerutti, Luca Mainardi*), University of Rennes I (*Jean-Louis Coatrieux, Lotfi Senhadji, Guy Carrault*), Eindhoven University of Technology (*Pierre Cluitmans, Maarten van de Velde*), Aalborg University (*Annelise Rosenfalck, John Gade,*



Collecting a data library in the intensive care unit of Kuopio University Hospital.

*Carsten Thomsen*), and City University (*Ewart Carson, Ron Summers, Peter Weller*).

As Improve was a concerted action project, a substantial part of the EU funding was provided for organizing workshops and meetings. Workshops in beautiful settings such as Portovenere (Italy), Isle de Berder (Brittany, France), and Rebild Bakker (Denmark) helped to tighten the bonds between the participants, both professionally as well as personally. Examples of



*An IBIS working meeting at Kuopio University Hospital (May 1998). Ilkka Korhonen, Juha Pärkkä (hidden behind Ilkka), Peter Weller, Luca Mainardi, Kari Nieminen, Jukka Takala, Jaana Hiltunen, Mark van Gils.*

results of common research in this project can be found in IEEE EMB Magazine (1997).

During the project it was suggested that, in addition to the traditional vital signs that are being recorded in an ICU, like ECG, hemodynamics and breathing parameters, it would be interesting to also record neurophysiological signals in the form of ongoing EEG. Main drivers behind this initiative were the Danish partners bringing to the consortium their London contacts *Pamela Prior, Richard Langford, Jollyon Smith* and *Bob Ghosh*. A pilot study with seven EEG cases collected as part of the data collection proved to be very successful, showing that good quality and interesting EEG signals could be obtained at the ICU.

This then, partly contributed to the team putting forward a bid for a succeeding EU project, Improved Monitoring for Brain Dysfunction during Intensive care and Surgery (IBIS) having many of the participants that were present in Improve. The project concentrated especially on neurophysiologic signals with the higher level aim to provide a development and evaluation framework to speed-up the uptake of new biosignal interpretation methods in critical care. In the meanwhile, Clinisoft had been bought over by Datex. After some hesitations Datex agreed to join the project as Finnish partner in a minor role. Two London hospitals, represented by Richard Langford and Cliff Morgan respectively, and Kuopio University Hospital (represented by Stephan Jakob and Jukka Takala) functioned as sites for data collection. The data collection proved to be, once again, a challenging but very rewarding task.

During the project duration Datex (later on Datex-Ohmeda) represented by *Leena Pesu* gained more interest in the possibility of adding neurophysiologic signals to the intra-operative monitors. This resulted for example in a symposium on neurophysiologic monitoring at ESA in Amsterdam 1999. Datex-Ohmeda's interest was especially in the area of depth of anesthesia measurement, something that was already a subject of research for many decades but never got a commercially wide-spread usage. The success of Aspect Medical's BIS monitor prompted further R&D efforts for Datex-Ohmeda in this direction, and small-scale R&D projects in which VTT did research for Datex-Ohmeda were set up to further explore the issue. Eventually, the break-through came with the

concept of Spectral Entropy of the EEG as introduced by *Hanna Viertiö-Oja* and many validation studies for this followed. Following these smaller scale projects a steady stream of co-operation projects between VTT and Datex-Ohmeda, later GE Healthcare, followed that concentrated for example on the assessment of nociception during surgery and monitoring of brain activity during intensive care.

### **Reference**

IEEE EMB Magazine (1997). Special issue "The Improve Project". vol 16, nr 6.

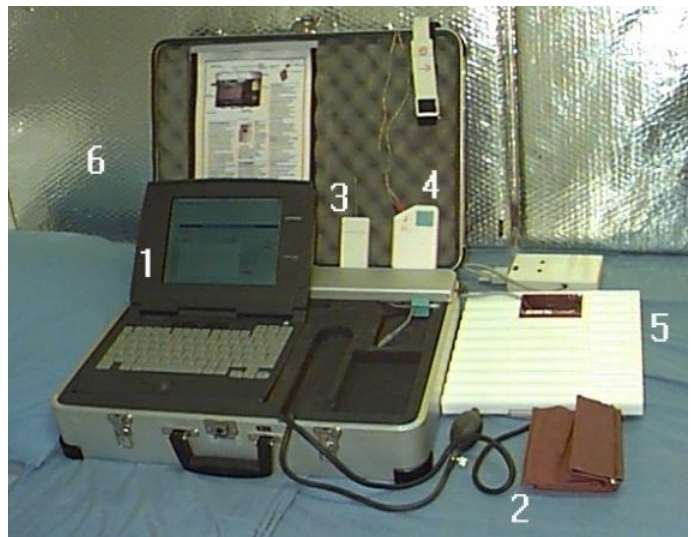
## TERVEYDEN EDISTÄMINEN – TERVASTA NYKYPÄIVÄÄN

Ilkka Korhonen

Johtava tutkija, VTT - Hyvinvointisovellukset

Kun 90-luvun alussa puhuttiin terveydentilan seuraamisesta kotioiloissa, ei tavoitteena ollut niinkään terveyden edistäminen ja näkökulmana kansalaisen omien toimintamahdollisuuksien kasvattaminen kuin terveydenhuollon näkökulma – miten saataisiin entistä aikaisempaa ja parempaa tietoa varhaiseen diagnostiikkaan ja mahdollisen hoidon seurantaan. Taustalla olivat 80-luvulla *Arto Uusitalon* ja *Väinö Turjanmaan* (TAYS), sekä *Seppo Kallin* ja kumppaneiden (VTT) käynnistämät verenpaineen pitkäaikaisseurannan projektit (Tampereen verenpaineitutkimus, TAMVPT). Näissä projekteissa oli poistuttu sairaalasta ja ulotettu potilasseuranta kotioiloihin. 90-luvun alussa elektroniikka jatkoi kehitystään ja halpenemistaan, kauppoihin ilmestyivät ensimmäiset kuluttajille tarkoitetut kotiverenpaine- ja sykemittarit. Aika alkoi olla kypsä entistä edullisempaan ja helpompaan kotimonitorointiin.

Aihetta sivunneitten EU-projektien jälkeen virisi yhteistyö muutamien suomalaisten alan pioneerien kanssa. Vuonna 1994 *Hannu Nieminen* (VTT) viritteli pystyyn TERVA-nimistä projektia, jossa oli tavoitteena kehittää kodin terveysasema (siitä nimi TERVeysAsema). Nimi sopi hyvin erityisesti oululaiselle Polar Electrolle, joka oli silloin voimakkaassa kasvussa ja markkinoi sykemittareitaan urheilijoiden lisäksi tavallisille liikkujille. Polarin toimitusjohtajana oli silloin Tapio Tammi, jonka visiona oli Polarin repertuaarin laajentaminen syke seurannasta kaikenlaiseen terveysseurantaan. Sittenmin noista suunnitelmista on luovuttu, ainakin toistaiseksi. Polar Elektron lisäksi hankkeeseen tuli mukaan toinen suomalainen pioneeri, Sondi Oy, joka oli vastikään ostanut turkulaisen Biorec Oy:n. Biorec oli myös iskelmä-sanoittajana ja radiojuontajana

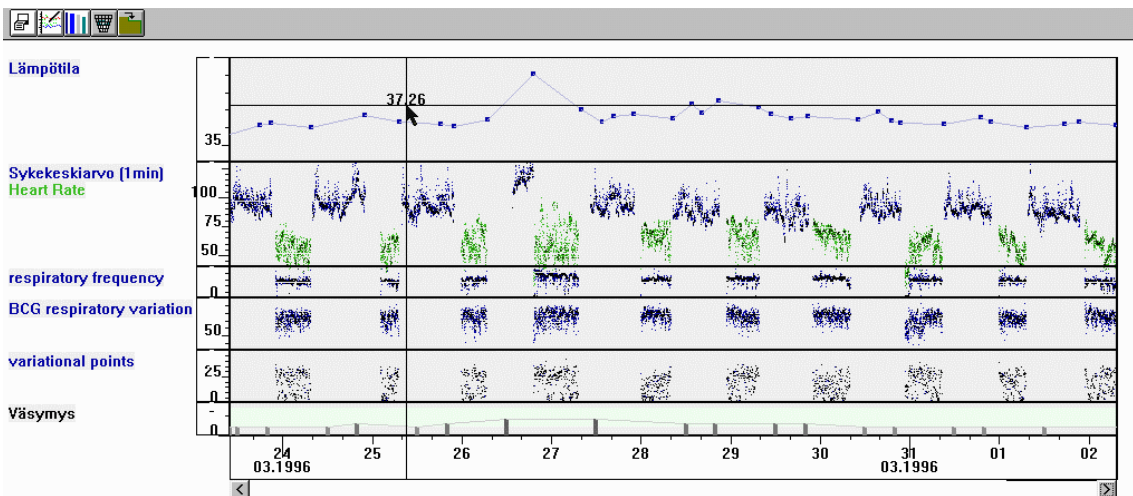


tunnetun Jukka Alihangan luomus, jonka keksintö oli ns. unipatja; sänkyyn patjan alle sijoitettava kapasitiivinen anturielementti, jonka herkkyys riitti unenaikaiseen hengityksen, sykkeen ja liikkeiden

*TERVA mittausjärjestelmä. 1) Kannettava tietokone, jossa pyöri ajastettu mittausohjelmisto potilasohjeineen ja palautteineen ja johon mittarit oli kytketty sarjaportin kautta; 2) verenpainemittari; automaattinen elektroninen lämpömittari; 4) Polar Electron valmistama sykeväli- ja aktiivisuusmittari (prototyypä), joka mittasi ja tallensi jokaisen sykkeen sekä kiihtyvyyden perusteella mitatun aktiivisuuden päivän ajalta; 5) vaaka; 6) unipatja (SCSB – static charge sensitive bed).*

seurantaan. Toisin kuin Polarin sykemittareista ei biopatjasta tullut koskaan kaupallista menestystä, luultavasti sen kalliista hinnasta johtuen. Itse TERVA-hanke muuttui osin Tekesin aloitteesta tutkimushankkeesta yritysryhmähankkeeksi ja mukaan tuli myös TAYS (Väinö Turjanmaa). Hannu Nieminen lähti ennen hankkeen alkua Nokialle, joten minusta tuli hankkeen tutkimusosuuden projektipäällikkö – koko hankkeen projektipäällikkönä toimi Polar Elektron Vesa Pentikäinen. VTT:lla projektin työjuhtana toimi Timo Tuomisto, jonka kädenjälki näkyy tuloksissa vahvasti. Hankkeessa kehitettiin 1994-1996 aikana salkkuun mahtuva kotimonitorointijärjestelmä, josta tehtiin 15 kopiota. Laitteistoilla tehtiin useiden viikkojen (max. 2kk) mittauksia todellisilla koehenkilöillä, sekä terveillä että mm. sydänkohtauksesta toipuvilla. Hyvällä syyllä voidaan sanoa, että kyseessä oli kotimonitoroinnin pioneerihanke, sillä vastaavia tutkimuksia alettiin laajemmin tehdä maailmalla vasta tällä vuosituhanella. Samalla osoittautui myös, että laajempaan käyttöön senaikainen teknologia oli kovin kömpelöä ja vaikeakäyttöistä – langattomille ja helppokäyttöisille ratkaisuille oli selkeä tarve.

TERVAN päätyttyä oli jatkohankkeen työnimenä VIINA (Hannu Niemisen perintönä – Hannun haaveena oli projektikolminaisuus TERVA, VIINA ja SAUNA kotimonitorointiin liittyen), mutta nimi ei jostain syystä sopinut Polar Electrolle, ja niin hankkeen nimeksi tuli OVH – Omatoiminen Verenpaineen Hallinta (1997-99). Hanke oli edelleen Polar Elctron vetämä TEKES-rahoitteinen yrityshanke, jossa VTT teki merkittävää tutkimusali-hankintatyötä. TERVasta oltiin tuossa vaiheessa edetty monitoroinnista terveydenhallintaan – OVH:n tavoitteena oli kehittää Internet-pohjainen sairaudenhallintakonsepti verenpaineen lääkkeettömän hoidon tueksi potilaan omaksi työkaluksi. Voitanee puhua terveyden edistämisen toisesta aallosta, merkittävästä näkökulman muutoksesta: hoitohenkilökunnan näkökulmasta siirryttiin kohti potilaan omaa näkökulmaa ja tarpeita, motivaatiota ja osaamista. Kenttätutkimuksissa saadut tulokset olivatkin lupaavia, mutta lopulta tuote jäi kaupallistamatta. OVH:n jälkeen Polar Electro keskittyi omassa liiketoiminnassaan sykkeeseen.



TERVA-järjestelmällä mitattua todellista dataa. 27.3.1996 henkilölle on noussut kuume, joka näkyy mm. kohonneena sykkeenä päivällä. Sykearvot päivällä (sinisellä) on mitattu Polarin syketalentimella ja yöllä biopatjalla. Järjestelmä antoi tällaista palautetta myös käyttäjälle itselleen.

Seuranneissa projekteissa VTT keskittyi TERVAssa esiin tulleiden haasteiden ratkaisemiseen: miten saadaan tieto liikkumaan langattomasti ja mahdollisimman automaattisesti mittalaitteista tietokoneelle, ja miten tietoa käytetään henkilön itsensä motivointiin. Mukaan astui jo TERVAssa loppumetreillä mukana ollut psykologi Raimo Lappalainen, jonka kanssa pohdittiin käyttäytymispsykologian hyödyntämistä omahoitosovelluksissa. Sovellusalueeksi valittiin painonhallinta ongelman laajuuden vuoksi. Vuosina 1999-2003 hankkeissa (mm. Wireless Wellness Monitor ja MIMOSA/EU) ”eksytettiin” teknologiaympäristönä älykodin ja älykkään ympäristön kehikkoon – oli ilmeistä, ettei kommunikaatio- ja automaattioratkaisuja ole mielekästä kehittää yksinomaan terveyden hallintaan vaan on käytettävä yleisempiä ratkaisuja. Mukaan astuivat käyttäjäkontekstin automaattinen tunnistaminen (Palantir-hanke) ja jokapaikan tietotekniikan sovellukset, ubiquitous computing, pervasive healthcare.

Tämä kypsyttelyvaihe alkoi tuottaa hedelmiä vuoden 2003 jälkeen. Tuohon mennessä oli opittu jo paljon käyttäjänäkökulmasta, terveyden mittaamisesta oli tullut terveystalmentamista ja käyttäytymismuutoksen motivointia. Lukuisten tutkimushankkeiden lisäksi yhteistyö yritysten kanssa alkoi tuottaa myös uusia tuotteita markkinoille. Tämän yhteistyön hedelmiä ovat mm. Nokian Wellness Diary, IST Oy:n Vivago Personal Wellness Manager, ja Firstbeat Technologies:n Firstbeat HEALTH -sykeanalyysiohjelmisto, muutamia esimerkkejä mainitakseni. Sekundääriprevention lisäksi nyt tutkitaan myös primääripreventiota, ja fyysisen terveyden lisäksi myös psyykkisen terveyden edistämistä. Näyttäisi siltä, että aika alkaa olla kypsä SAUNALLE – terveyden edistämisen kolmannelle aallolle.



## IKÄÄNTYVIEN TURVAPUHELIN

Jukka Perälä

Teknologiapäällikkö, VTT - Jokapaikan tietotekniikka

VTT:n sairaalatekniikan laboratorioissa toimi 1980-luvulla apuvälinetekniikan tutkimusryhmä, jota veti DI *Ilkka Saarnio*. Aluksi tutkimuksen fokus oli selkeästi vammaisten apuvälineissä ja apuvälineiden laadunvalvonnassa, jonka ilmentymänä olivat mm. kynnär- ja kainalosauvojen testaukset sekä pohjoismainen yhteistyö apuvälineiden laadunvalvonnassa yhdessä Ruotsin Handikappinstitutin ja muiden pohjoismaiden apuvälineinstituuttien kanssa.

VTT:llä apuvälinetutkimuksen painopiste siirtyi kohden tietokonepohjaisia apuvälineitä ja 80-luvun loppupuolella kohderyhmä laajeni kattamaan vammaisten ohella myös ikääntyneet. Vuonna 1988 alettiin VTT:lläkin innolla valmistella EU:n toisen puiteohjelman (1987-1991) tutkimushankkeita myös vammaisten ja ikääntyvien tueksi. Hankevalmistelun primus motorina toimi tutkimusprofessori *Jan Ekberg* VTT:ltä (sittemmin STAKESissa). Hänen visionsa ja kontaktinsa olivat ratkaisevan tärkeitä menestykselliselle hankevalmistelulle ja ensimmäisten hankkeiden käynnistämiseksi.

Suomalaiset olivat tuolloin haluttuja kumppaneita EU-hankkeissa, sillä Suomi EFTA-maana (myöhemmin ETA-maana) ei saanut lainkaan rahoitusta EU:lta. Hankkeiden kustannuksista VTT maksoi 50%, ja loppu 50%, ns. EU-rahoitusosuus, tuli TEKESistä. Suomalaiset olivat siten EU-rahoituksen kannalta ”ilmaisia” tekijöitä hankkeissa, ja lähes poikkeuksetta myös hyvin aikaansaavia ja korkean työmoraalin omaavia.

Vuonna 1989 käynnistyi EU:n tietoliikennetekniikan tutkimusohjelmassa Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe (RACE I) kolmivuotinen hanke Application Pilot for People with Special Needs (R1054 APPSN, 1989-91), joka Suomessa tunnettiin paremmin nimellä ”Turvakuvapuhelin”. Hankkeen tavoitteena oli selvittää, millaisia palveluja yksin kotona asuville vanhuksille voidaan tarjota kuvapuhelimen välityksellä. Hankkeessa toteutettiin analogiatekniikkaan pohjautuva järjestelmä, jonka runkona toimi Sondi Oy:n valmistama turvapuhelinjärjestelmä. Videokuvan muodostamiseen käytettiin Saloran VHSc-videokameran ja Saloran standardi-TV:n muodostamaa pakettia. Videokuva siirtyi vanhuksen ja palvelukeskuksen välillä kaapeli-TV-verkon ja/tai talokohtaisen TV-antenniverkon välityksellä. Yhteys oli luonnollisesti kaksisuuntainen; kaapeli-TV-verkossa vanhukselta palvelukeskukseen näkyvä videokuva kulkeutui kaapeli-TV-verkon paluusuuntakanavaa myöten.

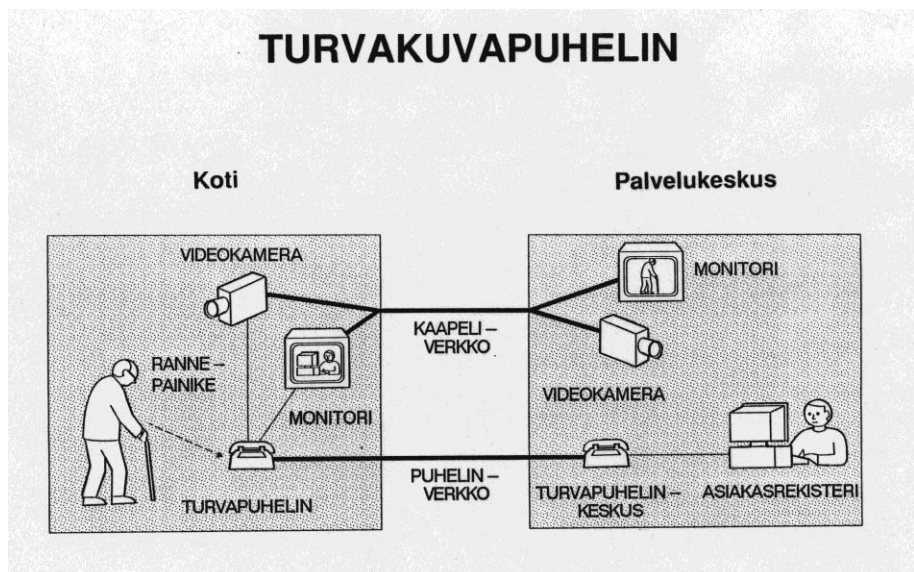
Kehitetty ratkaisu oli huomattavan edullinen verrattuna tuolloin jo markkinoilla oleviin digitaalisissa puhelinverkossa toimiviin kaupallisiin kuvapuhelimiin. Esimerkiksi suomalaisen kuvapuhelinalan pioneerin Vistacomin kehittämälle kuvapuhelimelle kertyi alkuvaiheessa hintaa lähes 20 000 euroa kappaleelta. Sittemmin hinta toki alkoi laskea ja liikkuvan kuvan koodaamiseen televerkossa lähetettävään muotoon tarkoitettu koodekki



oli mahdollisuus saada myös erilliskomponenttina, toki sekin aluksi n. 10 000 euron hintaan. Analogisessa järjestelmässä oli lyömätön kuvanlaatu, mutta haittapuolena oli sidonnaisuus kaapeli-TV-verkkoon tai talokohtaiseen koaksiaaliverkkoon. Tästä aiheutuneista kapasiteettiongelmista johtuen käytännössä vain muutama yhtäaikainen kuvapuhelu oli mahdollista toteuttaa. Palvelukonseptin kokeilussa nämä rajoitteet eivät kuitenkaan olleet merkittäviä.

Järjestelmän ja palveluiden testaamiseksi Suomessa toteutettiin kolme erillistä kenttäkokeilua, Kuusamossa, Tampereella ja Helsingissä. Kuusamon kokeilu aloitettiin talvella 1990. Samalla se oli ensimmäinen application pilot, joka käynnistyi koko RACE I -ohjelmassa. Tapaus uutisoitiin näyttävästi RACE-ohjelman uutisjulkaisussa otsikolla "EFTA beats EU in RACE". Brysselissä tuntui käsittämättömältä, että ensimmäinen pilotti käynnistyy lähes napapiirin korkeudella keskellä talvea, vieläpä harvaan asutulla seudulla jossa kaamos on pitkä, pakkanen paukkuu nurkissa ja sudet ulvovat ulkosalla. Suomen maine todellisena high-tech -maana etenkin telekommunikaation saralla sai jälleen lisäpotkua.

Kuusamon kokeilu saatiin käyntiin etuajassa siksi, että Kuusamon suunnalla asiat etenivät nopeasti. Kuusamo on pieni paikka, jossa kaikki tuntevat toisensa. Turhanaikainen byrokratia on vähäistä ja asiat etenevät liukkaasti. Hankkeen nopeaan etenemiseen oli vaikuttamassa useitakin henkilöitä, mutta erityisesti Kuusamon kunnan elinkeinoasiamies *Tauno Korpelan* ja Kuusamon palolaitoksen hälytystimestari *Timo Törmäsen* innostus ja aktiivisuus olivat ratkaisevia.



*Turvakuva puhelimen periaatekaavio.*

Tampereen ja Helsingin kokeilut käynnistyivät myöhemmin samana vuonna. Tampereella kokeilu toteutettiin Tampereen kaupunkilähetys ry:n vanhainkoti-palvelutaloyksikössä. Tampereella hankkeen avainhenkilönä oli Kaupunkilähetystyksen toiminnanjohtaja, pastori *Juhani Ojutkangas*. Helsingissä asiat etenivät hitaammin, eikä kaupungin massiivisesta organisaatiosta tahtonut löytyä asiaa omakseen ottavaa vastuuhenkilöä. Mutkien kautta Helsingissäkin lopulta päästiin kokeilemaan Itä-Pasilan alueella.



*Leppoisa rupatteluhetki kuvapuhelimen avulla Tampereen Kaupunkilähetyksen palvelutalossa.*

APPSN:n jälkeen kuvapuhelinpalvelujen kehitystyötä jatkettiin RACE II -ohjelman kolmivuotisessa hankkeessa TeleCommunity (R2033 TeleCommunity, 1992-1994). Myös tässä hankkeessa toteutettiin kenttäkokeiluja Suomessa, nyt Tampereella ja Vantaalla. Tampereen kokeilut toteutettiin taas Tampereen Kaupunkilähetyksen ry:n kohteissa Tampereen keskusta-alueella, ja Vantaan kokeilut Myyrmäessä.

VTT:n osalta kuvapuhelinkokeilujen avainhenkilöitä olivat *Jukka Perälä* ja *Lea Lounela* (nyk. Stenberg) Tampereelta sekä *Veikko Lappalainen* ja *Juha Törönen* Espoosta.

Kuvapuhelinkokeiluissa testattiin pääasiassa turvapalvelua ja erilaisia neuvontapalveluja. Laitteisto oli suunniteltu mahdollisimman helppokäyttöiseksi, sillä vain yksi napin painallus riitti käynnistämään kuvapuhelun. Kokeiluihin osallistuneet käyttäjät olivat aluksi varauksellisia uutta ja ennen kokemattonta teknologiaa kohtaan. Huomattuaan laitteen helppokäyttöisyyden varauksellisuus karisi ja kuvapuhelimesta muodostui yllättävänkin nopeasti luonnollinen kommunikaatiokanava

päivittäiseen käyttöön. Helppokäyttöisyyteen panostettiin, vaikka käytettävyyden näkökulmat eivät 1980-luvun lopulla vielä olleetkaan niin pinnalla kuin nykypäivänä. Tuolloin termiä ”käytettävyys” näki harvoin käytettävän, vaan usein käytetty termi oli juhlalliselta kalskahtava ”human factors in telecommunication”.

Kuvapuhelinkokeilut osoittivat, että teknologia ei kuitenkaan ollut vielä kypsää ja kilpailukykyistä, jotta kuvapuhelinpalveluista olisi tullut pysyvämpiä palvelumuotoja. Vielä tätäkin nykyä uutisoidaan vähintään kerran vuodessa kokeiluista jossakin kolkassa Suomea, jotka perusasetelmaltaan muistuttavat hyvin paljon edellä kuvattuja APPSN- ja TeleCommunity -hankkeita. Käytetty teknologia on toki kehittyneempää ja se mahdollistaa monipuolisemmat palvelut. On kuitenkin hienoinen yllätys, että kuvapuhelinpohjaisten palvelujen vakiintuminen on kestänyt näinkin kauan. 1980-luvun lopulla olimme huomattavasti optimistisempia.

## **LIITTEET**

## LÄÄKETIETEELLISEN FYSIIKAN JA TEKNIIKAN PÄIVÄT

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen toimintaan on vuodesta 2002 alkaen kuulunut lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan päivän järjestäminen. LFT-päivän tarkoituksena on aktivoida uusia nuoria jäseniä yhdistyksen toimintaan, sekä parantaa tutkimuksen ja opetuksen yhteistyömahdollisuuksia tuomalla eri paikkakuntien tutkimusta ja opiskelijoita yhteen. LFT-päivän yhteydessä järjestetään edellisenä vuonna valmistuneiden, yhdistyksen alueeseen kuuluvien diplomi- ja pro gradu -töiden posterinäyttely. Posterinäyttelyyn osallistuneista lopputyöntekijöistä parhaat palkitaan vuosittain valmistumisvuotta vastaavalla eurosummalla. Opiskelijoiden lopputöiden lisäksi LFT-päivään sisältyy perinteisesti esityksiä, joissa kerrotaan järjestävän yliopiston lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan osaamisalueista ja esitellään alalla toimivia yrityksiä.

### Järjestetyt LFT-päivät

#### 11.1.2002, Tampereen teknillinen korkeakoulu

Osallistujia: 135

Posterikisaajia: 13

Palkitut lopputyöt:

1. *Soile Nymark*, TTK (1001€): "Menetelmä mallilääkeaineen vapaan pitoisuuden mittaamiseksi nisäkkään verkkokalvossa"
2. *Tommi Noponen*, TTK (500€): "Diffuusi optinen kuvantaminen: taajuusalueen mittauslaitteen laajennus"
2. *Marko Tirri*, TTKK (500€): "Molekyylien laskenta kaksoisfotoniviritteistä fluoresenssia käyttäen"

Lisäksi Instrumentarium Imaging myönsi erillispalkinnon *Matti Malisen* (KY) abstraktille "Nonlinear Ultrasound Propagation in Biological Tissues".

**Tukijat:** Datex-Ohmeda (2001€), Arctic Diagnostics Oy, Instrumentarium Imaging, Planmeca Oy, VTT - Terveystieteiden tutkimuskeskus

#### 9.1.2003, Biomedicum Helsinki

Osallistujia: 110

Posterikisaajia: 26

Palkitut lopputyöt:

1. *Mikko Laasanen*, KY (1102€): "Ultraääni-indentatiomenetelmä ja -instrumentti nivelruston laadun arviointiin"
2. *Jussi Aarnio*, KY (300€): "A New Method for Determining Acoustic Phase Shift Caused by The Skull Bone With Pulsed Ultrasound"
2. *Marco Casagrande*, TTK (300€): "Optisten pinsettien käyttö valkosolujen adheesiomittauksissa"
2. *Antti Happonen*, TTKK (300€): "Sinogrammin suodatus pinogrammimuunnoksen avulla"

**Tukijat:** Instrumentarium Imaging (2002€), Datex-Ohmeda, Philips Medical Systems, General Electrics Medical Systems

**15.1.2004, Oulun yliopisto**

Osallistujia: 105

Posterikisaajia: 15

Palkitut lopputyöt:

1. *Mikko Vähäsöyrinki*, OY (1003€): "The contribution of Ion Channels to the Information Capacity of Photoreceptors"
2. *Teppo Stenholm*, TY (500€): "Bioaffiniteettimäärityksissä käytettävien mikrokidelasereiden karakterisointi optisella autokorrelaattorilla"
3. *Kalle Koho*, OY (250€): "Paineherkän lattian hyödyntäminen kävelijän paikantamisessa"
3. *Eero Väyrynen*, OY (250€): "Automatic Emotional Content Classification by Prosodic Features of Speech"

Lisäksi Instrumentarium Imagingin myönsi erillispalkinnon *Olli-Pekka Tossavaiselle*, KY, "Shape Estimation in electrical impedance tomography".

**Tukijat:** Polar Electro Oy (2003€), Instrumentarium Imaging, Innokas Medical Oy.

**15.1.2005, Kuopion yliopisto**

Osallistujia: 105

Posterikisaajia: 16

Palkitut lopputyöt:

1. *Sanna Malinen*, TTK (804€): "Cardiac-Triggered fMRI: Application to Study Somatotopic Organization in the Human Brain"
2. *Julia Mednichihina*, OY (400€): "Uusien bio-optisten materiaalien fysikaalinen karakterisointi"
2. *Antti Nikkanen*, TTY (400€): "Fluoresenssin eliniän mittaus bioaffiniteettimäärityksissä ohjelmoitavan logiikan avulla"
3. *Mikko Hakulinen*, KY (200€): "Ultraäänen kyky ennustaa luun mekaanisia ja rakenteellisia ominaisuuksia"
3. *Mikko Lukkari*, TTY (200€): "Electrical Detection of a Contact between a Microinjection Pipette and Living Adherent Cells"

**Tukijat:** Varian Medical Systems Finland (2004€), Instrumentarium Imaging / GE, Philips Medical Systems MR Technologies Finland, Elekta NeuroMag Oy, Medikro Oy, Mega Elektroniikka Oy, Comsol, Teknia Oy.

**9.2.2006, Tampereen teknillinen yliopisto**

Osallistujia: 160

Posterikisaajia: 19

Palkitut lopputyöt:

1. *Ossi Riekkinen*, KY (1005€): "Pehmytkudoksen ja taajuuden vaikutus luun ultraäänimittaukseen"
2. *Jukka Kortelainen*, OY (250€): "Visualization and Removal of ECG Motion Artifacts"
2. *Petteri Lapinlampi*, TTK (250€): "A Novel Measure for EEG/EMG Responsiveness May Indicate the Level of Sedation in ICU Patients"
2. *Virva Lepomäki*, TY (250€): "Optinen Solulukija"

2. *Iina Tarnanen*, TTK (250€): "Electroencephalography in a 3-T Magnetic Resonance Imaging Scanner"

**Tukijat:** GE Healthcare Finland (2005€), PaloDEx Group Oy, Planmeca Oy, Planmed Oy, Finn-Medi Tutkimus Oy.

### 7.2.2007, Teknillinen korkeakoulu

Osallistujia: 120

Posterikisaajia: 16

Palkitut lopputyöt:

1. *Heikki J. Nieminen*, KY (606€): "Ultraäänen vaimeneminen nivelrustossa"
2. *Mari Marjamäki*, TTY (350€): "The Changes in EEG During Cognitive Multitask Performance"
2. *Hannu Pohjanpää*, TTY/TY (350€): "Konfokaalimikroskoopin integrointi nykyelektroniikkaan ja optiikan uusiminen"
2. *Henry Rimminen*, TTK (350€): "Kapasitiivinen turvalattia"
2. *Katrina Wendel*, TTY (350€): "The Effects of Cerebrospinal Fluid on Electrode Placement for Emergency"

**Tukijat:** Terveysteknologian liitto FIHTA (2006€), GE Healthcare Finland, Planmeca Oy, PlanMed Oy.

### 7.2.2008, Oulun yliopisto

Osallistujia: 136

Posterikisaajia: 23

Palkitut lopputyöt:

1. *Janne Karjalainen*, KY (569€): "Methodology for Use in Ultrasound Backscatter-based Osteoporosis Diagnostics"
1. *Mikko Nissi*, KY (569€): "Nivelruston kollageenisäikeistön vaikutus T2-relaksaatioaikaan"
1. *Niina Nöjd*, TTY (569€): "Optimaaliset elektrodipaikat kasvojen EMG- ja EOG-mittauksiin"
2. *Maarit Kangas*, OY (150€): "Kaatumisen tunnistaminen kiihtyvyyssignaalista"
2. *Matti Varanka*, OY (150€): "Estimating Running Performance from Physiological Data"

**Tukijat:** Polar Electro Oy (2007€), GE Healthcare Finland, Mylab Oy, Oulu Wellness Instituuttisäätiö, Planmeca Oy, Planmed Oy, Terra Cognita Oy.

Raportit neljästä ensimmäisen LFT-päivän tapahtumista ovat ilmestyneet kansainvälisessä IFMBE News –julkaisussa, <http://ifmbe-news.iee.org/> (No. 57, November, No. 61, July 2003, No. 66, May 2004 ja No. 72, May 2005).

## RAPORTTI 30-VUOTISJUHLASYMPOSIUMISTA

The Finnish Society for Medical Physics and Medical Engineering (FS-MPME) held their 30-year celebratory symposium in Helsinki on the 2nd of October, 1998. The symposium was held at the House of Sciences. The event attracted head speakers and a distinguished panel of experts from academia, industry, the Academy of Finland and TEKES Technology Development Centre.

The main topic of the symposium was the strategic guidelines of medical physics and engineering in the 21'st century in Finland. Some points raised during the day were:

- On the topic of distribution of research grants and funds by the Academy of Finland: the academy does not have specific fund quotas for "medical physics and engineering". Because medical physics and engineering is such a multidisciplinary field, funds are awarded under different grant programmes. For example, computer sciences or biotechnology research programmes.
- TEKES Technology Development Centre (the main source of state funding for commercial R&D in technology) grants funds for the development of demonstration and prototype-stage technology. However, insufficient funding is available for the final phase required to bring products to the market. A greater willingness for risk taking was also voiced.
- The share of exports from Finland of medical physics and medical engineering-based products and services is over twice that of pharmaceutical exports.
- Greater co-operation between industry and academia was called for. This would benefit both parties, because R&D in Finland is very cost-effective as compared to for instance the US. (as quoted by industrial representatives involved in R&D both in Finland and abroad).
- The Research School projects raised a lot of discussion. The Schools will most likely continue in their present form, but there is room for growth and greater number of participants.
- The multidisciplinary nature of medical physics and engineering is an essential asset in developing commercial products, because the development covers several fields of science and expertise: idea > theory > product development > clinical validation > finished product.

The symposium concluded with an official gala dinner at the restaurant Amadeus (menu: Horn Chanterelle Soup, Roast Deer Chops with Calvados Sauce, Home-made Ice Cream in Almond Basket. Wine: 1991 Ch.Haut-Canteloup, Cru Bourgeois, Medoc.). As can be gathered from the menu, the evening was also a success. The governing body of FS-MPME awarded in a small ceremony the official standard of the society to Professor *Jaakko Malmivuo* and Professor *Lauri Patomäki*, and in absentia to Dr *Pekka Karp* and Dr *Niilo Saranummi* for their long-standing efforts for the benefit of Medical Physics and Medical Engineering in Finland. The evening continued late into the night (morning?) at numerous additional sites around Helsinki.



## YHDISTYKSEN LUOTTAMUSHENKILÖT JA KUNNIAJÄSENET

### Puheenjohtajat

2007 -	Prof. Pasi Karjalainen
2004 - 2006	Prof. Timo Jämsä
2001 - 2003	Prof. Jari Hyttinen
1999 - 2000	Prof. Erkki Soini
1996 - 1998	Ylifyys. Tapani Lahtinen
1993 - 1995	Dos. Pekka Karp
1990 - 1992	Prof. Lauri Patomäki
1987 - 1989	Prof. Jaakko Malmivuo
1984 - 1986	Dos. Tapani Jauhiainen
1981 - 1983	Prof. Ahti Rekonen
1978 - 1980	Dos. Arto Uusitalo
1975 - 1977	Prof. Pekka Ahonen
1973 - 1974	Prof. Antti Niemi
1968 - 1972	Prof. Matti Bergström

### Varapuheenjohtajat

2007 -	Prof. Risto Ilmoniemi
2004 - 2006	Prof. Raimo Sepponen
2002 - 2003	Prof. Timo Jämsä
1999 - 2001	Prof. Hannu Eskola
1996 - 1998	Prof. Erkki Soini
1990 - 1995	Apul.prof. Ilkka Välimäki
1987 - 1989	Prof. Lauri Patomäki
1981 - 1986	Prof. Niilo Saranummi
1978 - 1980	Dos. Tapani Jauhiainen
1972 - 1977	Prof. Erik Spring
1968 - 1971	Prof. Pekka Ahonen

### Taloudenhoitajat

2005 -	Prof. Pekka Hänninen
1999 - 2004	TkT Veikko Suihko
1998	TkT Jari Hyttinen
1993 - 1997	LL Juha Aittomäki
1989 - 1992	Dos. Hannu Eskola
1982 - 1987	TkT Seppo Kalli
1978 - 1981	DI Hannu Seitsonen
1972 - 1977	DI Pertti Tarkka
1968 - 1971	Prof. Erik Spring

### Sihteerit

2007 -	Dos. Mika Tarvainen
2001 - 2006	TkT Jari Viik
1999 - 2000	TkL Kari Kattilakoski
1998	FT Kari Mäkelä

1992 - 1997	TkT Jari Hyttinen
1990 - 1991	DI Harri Ojansuu
1984 - 1989	TkL Juha Nousiainen
1981 - 1983	TkL Jari Viitanen
1975 - 1980	TkT Niilo Saranummi
1972 - 1974	DI Hannu Seitsonen
1968 - 1971	LL Tapani Jauhiainen

**Hallituksen muut jäsenet**

Jari Viik	2007 -	Anssi Sovijärvi	1987 - 1992
Tapio Seppänen	2006 -	Niilo Saranummi	1987 - 1989
Kirsi Willa	2006 -	Anna-Liisa Kairento	1985 - 1986
Risto Ilmoniemi	2006	Jaakko Malmivuo	1984 - 1986
Jukka Jurvelin	2005 - 2006		1990 - 1996
Pasi Karjalainen	2004 - 2005	Lauri Patomäki	1984 - 1987
Pekka Meriläinen	2004 - 2005	Veikko Häkkinen	1981 - 1986
Pekka Hänninen	2003 - 2004	Aaro Kiuru	1980 - 1985
Hannu Eskola	2002 - 2005	Ahti Rekonen	1979 - 1980
Jari Kaipio	2001 - 2003		1984 - 1986
Erkki Soini	2001 - 2002	Martti Mela	1978 - 1981
Timo Jämsä	2000 - 2001	Tapani Jauhiainen	1975 - 1977
	2007 -		1987 - 1988
Jukka Nenonen	1999 - 2003	Matti Mattila	1975 - 1977
Raimo Sepponen	1999 - 2003	Ilkka Välimäki	1974 - 1979
Jari Hyttinen	1999 - 2000		1989 - 1990
	2004 -		1996 - 1998
Väinö Turjanmaa	1996 - 1998	Juhani Hyvärinen	1972 - 1973
Tapani Lahtinen	1994 - 2000	Heikki Lang	1971 - 1972
Erkki Kärkkäinen	1994 - 1999	Sakari Piha	1971 - 1972
Esko Alasaarela	1993 - 1998	Tapani Tammisto	1971 - 1974
Ari Pääkkönen	1993 - 1998	Karl Lagerspetz	1968 - 1970
Matti Koskinen	1989 - 1992	Antti Niemi	1968 - 1971
Pasi Markkanen	1989 - 1992	Carl-Eric Räihä	1968 - 1970
Pekka Karp	1987 - 1992		

## YHDISTYKSEN KUNNIAJÄSENET

1972	Prof. Jaarli Jauhiainen
1972	Prof. Carl-Eric Räihä
1973	DI Roger Blåfield
1978	Prof. Pekka Ahonen
1978	Prof. Matti Bergström
1978	Prof. Pentti Rautaharju
1978	Prof. Erik Spring
1988	Dos. Tapani Jauhiainen
1988	Prof. Teuvo Kohonen
1988	Prof. Ahti Rekonen
1988	Prof. Åke Öberg
2008	Prof. Toivo Katila
2008	Prof. Jaakko Malmivuo
2008	Prof. Niilo Saranummi
2008	Prof. Erkki Soini

Professori *Pekka Ahonen* (s. 2.5. 1919, k. 21.2.2002)

Prof. Pekka Ahonen on tullut ylioppilaaksi 1938, suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon 1949 ja tekniikan lisensiaatin tutkinnon 1955 Teknillisessä korkeakoulussa. Hän on toiminut puolustusvoimain eri tehtävissä 1947-1952, Oy Helvarin tehtävissä 1952-1959 mm. teknillisenä johtajana, Helsingin teknillisen oppilaitoksen radiotekniikan yliopettajana 1960-1963, TKK:n teletekniikan vt. apulaisprofessorina 1961-1963 ja apulaisprofessorina 1963-1967, sovelletun elektroniikan vt. professorina 1965-1967, Tampereen teknillisen korkeakoulun sovelletun elektroniikan professorina 1967-1975, korkeakoulun esimiehenä 1969-1972 ja rehtorina 1972-1975 sekä vuodesta 1975 Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Sairaalatekniikan laboratorion johtajana.

Prof. Ahonen on julkaissut useita oppikirjoja televisiotekniikan, elektroniikan ja sovelletun elektroniikan alalta ja toiminut alan aikakauslehtien päätoimittajana. Hän on toiminut useissa luottamustehtävissä mm. valtion teknistieteellisen toimikunnan puheenjohtajana 1971-1973 ja Tampereen Tietoverkko Oy:n hallituksen puheenjohtajana.

Prof. Ahonen on ottanut erittäin aktiivisesti osaa yhdistystoimintaan toimien mm. Radioinsinööriseuran, Biotekniikan säätiön ja Tekniikan Säätiön hallituksen sekä Tampereen Teknillisen Seuran puheenjohtajana.

Prof. Ahonen on toiminut erittäin aktiivisesti lääketieteellisen tekniikan alalla. Yhdistyksen hallituksen jäsen hän on ollut vuosina 1968-1977, varapuheenjohtajana 1968-1971 ja puheenjohtajana 1972-1977. Yhdistyksen edustajana hän on toiminut useissa kansainvälisissä ja kotimaisissa yhteyksissä. Tunnustuksena ansioistaan

toiminnastaan lääketieteellisen tekniikan parissa ja yhdistyksen toiminnan hyväksi kutsuttiin prof. Ahonen vuonna 1978 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Matti Bergström* (s. 1.3.1922)

Prof. Matti Bergström on tullut ylioppilaaksi 1941, suorittanut lääketieteen kandidaatin tutkinnon 1948, lääketieteen lisensiaatin tutkinnon 1952 ja lääketieteen ja kirurgian tohtorin tutkinnon 1957 Helsingin yliopistossa. Hän on toiminut lääkärimäisenä eri sairaaloissa 1948-1959, HY:n fysiologian assistenttina 1953-1963, dosenttina 1960-, professorina vuodesta 1963 lähtien sekä Teknillisen korkeakoulun bioelektroniikan dosenttina 1968-.

Prof. Bergström on tieteellisessä toiminnassaan kehittänyt merkittävällä tavalla erityisesti hermoston fysiologian tutkimusta ja kehitystä maassamme tutkimalla mm. aistinfysiologiaa, hermoston kehitystä ja informaation siirtoa hermossa. Hän on osallistunut lukuisiin kansainvälisiin tieteellisiin kokouksiin ja on ollut suosittu luennoitsija ja esitelmöitsijä eri yhteyksissä.

Prof. Bergström on toiminut useissa luottamustehtävissä eri yhdistyksissä mm. Suomen Fysiologiyhdistyksen ja Societas Gerontologica Fennica -yhdistyksen puheenjohtajana sekä tieteellisten julkaisujen toimitustehtävissä.

Hän on toiminut erittäin aktiivisesti yhdistyksemme perustamiseksi ollen yhdistyksen ensimmäinen puheenjohtajana 1968-1972. Tunnustuksena ansioistaan tekniikan ja lääketieteen eri alojen edustajien yhteistyön uranuurtajana sekä merkittävästä toiminnastaan yhdistyksen hyväksi prof. Bergström kutsuttiin vuonna 1978 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Diplomi-insinööri *Roger Blåfield* (s. 9.3.1913, k. 23.2.1985)

Dipl.ins. Roger Blåfield on tullut ylioppilaaksi 1933 ja suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon Teknillisessä korkeakoulussa 1947. Tämän jälkeen hän toimi Philips Oy:n palveluksessa 1947-1957, Helsingin yliopiston fysiologian laitoksen assistenttina 1960-1967 ja laboraattorina 1967-1977.

Maamme ehkä ensimmäisenä lääketieteellisen ja biologisen tutkimustyön parissa kokopäiväisesti toimineena insinöörinä hän avusti fysiologian laitoksen ja eri klinikoiden lääkäreitä laitteiden suunnittelussa ja osallistui itse aktiivisesti bioelektroniikan ongelmien selvittelyyn.

Tunnustuksena ansioistaan ammatillisessa toiminnassaan lääketieteellisen tekniikan parissa dipl.ins. Blåfield kutsuttiin yhdistyksen kunniajäseneksi vuonna 1973.

Professori *Jaarli Jauhiainen* (s. 6.7.1904, k. 1.1.1980)

Prof. Jaarli Jauhiainen on tullut ylioppilaaksi 1922 ja suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon Teknillisessä korkeakoulussa 1927. Hän toimi Etelä-Suomen Kaukopuhelinyhtiössä 1927-1937, Posti- ja Lennätinhallituksessa 1935-1936 ja Oy L.M. Ericsson Ab:ssa 1935-1945. 1945 hänet nimitettiin TKK:n heikkovirtatekniikan professoriksi.

Prof. Jauhiainen kiinnitti erikoista huomiota tietoliikennetekniikkaan liittyviin inhimillisiin tekijöihin painottaen opetus- ja tutkimustyössään ihmisen merkitystä tietojen siirtotapahtumassa. Hän toimi aloitteellisesti sekä TKK:n eri osastojen välisen että muiden korkeakoulu-jen välisen yhteistyön kehittämiseksi. Hän kehitti aktiivisesti TKK:n akustiikan laboratorion toimintaa ja johti akustisen alan standardisoimistyötä Suomessa sekä toimi aktiivisesti alan kansainvälisissä yhteyksissä.

Prof. Jauhiainen otti aktiivisesti osaa yhdistystoimintaan toimien useana vuonna Suomen Akustisen Seuran puheenjohtajana, TES-TV:n neuvottelukunnan puheenjohtajana sekä viimeisinä vuosinaan Tekniikan Museon hallituksen sihteerinä.

Prof. Jauhiainen toimi erittäin aktiivisesti Suomen biolääketieteellis-teknillisen yhdistyksen perustamisen puolesta ja otti aktiivisesti osaa yhdistyksen alkuvuosien toimintaan. Tunnustuksena ansioistaan tekniikan ja lääketieteen eri alojen edustajien välisen yhteistyön uranuurtajana sekä ansiokkaasta toiminnastaan yhdistyksen hyväksi kutsuttiin prof. Jauhiainen vuonna 1972 yhdistyksen kunniajäseneksi.

#### Dosentti *Tapani Jauhiainen* (s. 21.8.1938)

Dos. Tapani Jauhiainen on valmistunut lääketieteen lisensiaatiksi vuonna 1964 ja väitellyt lääketieteen ja kirurgian tohtoriksi vuonna 1974. Hänet nimitettiin samana vuonna audiologian dosentiksi Linköpingin yliopistoon ja seuraavana vuonna Helsingin yliopistoon. Foniatrian erikoislääkäriksi hän valmistui vuonna 1975 ja audiologian erikoislääkäriksi vuonna 1979.

Dos. Jauhiainen on toiminut Helsingin yliopiston Fysiologian laitoksen assistenttina 1964-1965, University of Erlangenissa SLT 1965-1966, HYKS korvatautien klinikan audiologian erikoislääkäri 1966-1969, foniatrian apulaislääkäri 1969-1971, Linköping Regionsjukhuset audiologian ylilääkäri 1972-1974, HYKS Korvatautien klinikan audiologian erikoislääkäri 1974-1980, Helsingin yliopiston fonetiikan laitoksen vt apulaisprofessori vuonna 1980. Tällä hetkellä hän toimii Helsingin yliopiston korvatautien klinikan ylilääkärinä.

Dos. Jauhiainen on Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen perustajajäsen. Hän on toiminut yhdistyksen ensimmäisenä sihteerinä vuosina 1968-1971, hallituksen jäsenenä 1975-1977, varapuheenjohtajana 1978-1980, puheenjohtajana 1984-1986 ja hallituksen jäsenenä 1987-1988.

Erityisenä ansiona voidaan pitää sitä, että dosentti Jauhiainen toimi Suomessa vuonna 1985 pidettyjen kokousten XIV International Conference on Medical and Biological Engineering sekä VII International Conference on Medical Physics järjestelytoimikunnan puheenjohtajana ja kokousten presidenttinä.

Tunnustuksena ansioistaan yhdistyksen toiminnan hyväksi prof. Jauhiainen kutsuttiin yhdistyksen kunniajäseneksi vuonna 1988.

#### Emeritusprofessori *Toivo Katila* (s. 1.8.1941)

Prof. Toivo Katila valmistui ylioppilaaksi vuonna 1960 ja suoritti diplomi-insinöörin tutkinnon 1966 ja tohtorin tutkinnon vuonna 1970 Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan osastolla. Katila on toiminut Suomen Akatemian vanhempana tutkijana vuosina 1970-1973, Teknillisen korkeakoulun apulaisprofessorina 1973-1989 ja Lääketieteellisen

tekniikan professorina vuosina 1990–2005. Hän oli Teknillisen korkeakoulun vararehtori vuosina 1988–1997 ja sivuvirkainen professori Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa 1991–2005.

Prof. Katilan tutkimustyö on ollut laaja-alaista. Mössbauer-ilmiötä käyttäen tehtiin erittäin tarkkoja mittauksia, joilla tutkittiin paitsi materiaaleja ja metodisia kysymyksiä, myös mm. Einsteinin punasiirtymäteoriaa. Hänen tutkimusryhmänsä suoritti ensimmäisenä Euroopassa suprajohtavalla SQUID-laitteistolla magnetoenkefalo- (MEG) ja magnetokardiografisia (MKG) mittauksia. Muita Katilan johtamia tutkimustöitä ovat olleet lääketieteellisen hengitysäänianalyysin monitahoinen pioneerityö, lääketieteellinen kuvankäsittely, lähi-infrapunakuvantaminen ja matemaattisen käänteisen ongelman soveltaminen lähdelokalisointiin. Katila on kirjoittajana yli 250 tieteellisessä julkaisussa.

Katilan kotimaisista luottamustehtävistä mainittakoon Suomen korkeakoulujen arviointineuvoston jäsenyys vuosina 1996–2003. Hän on Suomalaisen Tiedekatemian, Teknillisten Tieteiden Akatemian ja useiden kansainvälisten tieteellisten yhteisöjen jäsen. Hän on ollut monen kansainvälisen konferenssin puheenjohtaja tai varapuheenjohtaja. Katilan johtama Lääketieteellisen tekniikan laboratorio on tehnyt yhteistyötä useiden ulkomaisten laboratorioden kanssa ja osallistunut kansainvälisiin yhteistyöprojekteihin, osassa niistä koordinaattorina. Toivo Katila on palkittu Suomen leijonan ritarikunnan komentajamerkillä. Hän on saanut INSA–Lyon yliopiston kunniaatohtorin arvon.

Tunnukseksena merkittävistä ansioistaan lääketieteellisen tekniikan tutkimuksessa ja koulutuksessa prof. Katila kutsuttiin yhdistyksen kunniajäseneksi vuonna 2008.

#### Professori *Teuvo Kohonen* (s. 11.7.1934)

Prof. Kohonen on valmistunut diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1957 ja väitellyt tohtoriksi vuonna 1962. Hän on toiminut Teknillisen korkeakoulun assistenttina 1957–1959, KTM Atomienergieneuvottelukunnan tutkijana 1959–1962, Teknillisen korkeakoulun apulaisprofessorina 1963–1965 ja professorina vuodesta 1965. Suomen Akatemian tutkijaprofessorina hän on toiminut vuosina 1975–1978, vuodesta 1980 edelleen ja on nimitetty tutkijaprofessoriksi myös seuraavaksi 5-vuotiskaudeksi.

Prof. Kohonen on tutkinut assosiativisia muisteja, puheen tunnistusta sekä neuroniverkkoja. Hän on julkaissut tutkimusalueeltaan oppikirjoja, mm. *Digital Circuits and Devices*, Prentice Hall 1972, *Associative Memory - A System Theoretical Approach*, Springer Verlag 1977 sekä *Content-Addressable Memories*, Springer Verlag 1980. Tämän lisäksi hänellä on erittäin mittava tieteellinen julkaisutoiminta.

Tunnustuksena kansainvälisistä ansioistaan prof. Kohonen kutsuttiin yhdistyksen kunniajäseneksi vuonna 1988.

#### Professori *Jaakko Malmivuo* (s. 27.03.1944)

Prof. Jaakko Malmivuo on tullut ylioppilaaksi 1963 Helsingissä, suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon 1971, tekniikan lisensiaatin tutkinnon 1973 ja tekniikan tohtorin tutkinnon 1976 Teknillisessä korkeakoulussa. Hän on toiminut Helsingin yliopistossa ja

Teknillisellä korkeakoululla eri tehtävissä 1969-1975, klinikkainsinöörinä Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa 1972-1975, SITRA:n tehtävissä 1973-1974, tutkijana Stanfordin yliopistossa

USA:ssa 1974-1976 ja vuodesta 1976 lähtien Tampereen teknillisellä korkeakoululla (myöhemmin Tampereen teknillisellä yliopistolla) bioelektronikan professuurissa aluksi apulaisprofessorina 1976-85 ja professorina 1986-. Vuosina 1992-2007 hän toimi Tampereen teknillisellä yliopistolla Ragnar Granit instituutin johtajana ja vuodesta 1994 Ragnar Granit Säätiön hallituksen puheenjohtajana. Hän on myös toiminut useissa ulkomaisissa yliopistoissa vierailevana professorina.

Prof. Malmivuo on julkaissut huomattavan määrän tieteellisiä julkaisuja ja useita oppikirjoja lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan, erityisesti bioelektromagnetismin alalta ja toiminut alan tieteellisten lehtien toimittajana ja päätoimittajana. Hän on toiminut useissa luottamustehtävissä monissa kansainvälisissä tieteellisissä yhdistyksissä mm. Kansainvälisessä bioelektromagnetismiseurassa (International Society for Bioelectromagnetism), jonka perustajajäsen ja ensimmäinen puheenjohtaja hän oli. Vuonna 2003 hänet nimitettiin International Academy of Medical and Biological Engineering Fellow -jäseneksi. Hän on myös toiminut IEEE:n biolääketieteellisen tekniikan (Engineering in Medicine and Biology) seuran toiminnassa eri komiteoiden jäsenenä. Vuonna 2007 hän sai IEEE Fellow -arvon "for contributions to theoretical and experimental aspects of bioelectromagnetic phenomena".

Prof. Malmivuo on toiminut erittäin aktiivisesti lääketieteellisen tekniikan alalla ja LFTY:ssä. Hän on yksi LFTY perustajajäsenistä. Yhdistyksen hallituksen jäsen hän on ollut vuosina 1984-1986, 1990-1996 ja puheenjohtajana 1987-1989. Yhdistyksen edustajana hän on toiminut useissa kansainvälisissä ja kotimaisissa yhteyksissä. Tunnustuksena ansioistaan lääketieteellisen tekniikan parissa ja yhdistyksen toiminnan hyväksi kutsuttiin prof. Malmivuo vuonna 2008 yhdistyksen kunniajäseneksi.

#### Professori *Pentti Rautaharju* ( s. 23.12.1932 )

Prof. Pentti Rautaharju on tullut ylioppilaaksi 1951, suorittanut lääketieteen kandidaatin tutkinnon 1955 ja lääketieteen ja kirurgian tohtorin tutkinnon 1959 Helsingin yliopistossa ja filosofian tohtorin (Ph.D.) tutkinnon Minnesotan yliopistossa 1963. Hän on toiminut tutkijana Työterveyslaitoksen fysiologisessa osastossa 1956-1958 ja elektrokardiologian tutkijana Minnesotan yliopistossa 1958-1962, Dalhousien yliopiston (Halifax, Kanada) biofysiikan ja biotekniikan tutkimuslaboratorion johtajana 1963-1966, ja Dalhousien yliopiston fysiologian ja biofysiikan professorina vuodesta 1966 lähtien. Hän on toiminut lisäksi vierailevana professorina useissa yliopistoissa.

Prof. Rautaharju on toiminut puheenjohtajana, perustajajäsenenä ja jäsenenä lukuisissa Kanadan ja Yhdysvaltojen lääketieteelliseen biofysiikkaan ja tietojenkäsittelyyn liittyvissä sekä elektrokardiologian alaan kuuluvissa yhdistyksissä ja asiantuntijaryhmissä sekä kongresseissa. Hän on osallistunut moniin kansainvälisiin sydän- ja verisuonisairauksia koskeviin tutkimusprojekteihin sekä osallistunut alan standardisoimistyöhön. Laajassa tutkimustyössään hän on osallistunut EKG-laitteiden, tietokoneohjelmien ja tietojärjestelmien sekä elintoimintojen säätelyn matemaattisten mallien kehittämiseen.



Tunnustuksena erittäin ansiokkaasta kansainvälisestä tieteellisestä toiminnastaan biofysiikan ja lääketieteellisen tekniikan eri osa-alueilla prof. Rautaharju kutsuttiin vuonna 1978 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Ahti Rekonen* (s. 21.12.1930)

Prof. Rekonen valmistui filosofian kandidaatiksi vuonna 1955 ja väitellyt filosofian tohtoriksi vuonna 1972. Hän on toiminut konsultoivana fyysikkona Helsingin Naistenklinikalla ja Kuopion keskussairaalassa vuosina 1961-1962. Hänet on nimitetty Jyväskylän yliopiston fysiikan dosentiksi vuonna 1972, Tampereen teknillisen korkeakoulun biofysiikan (sairaalafysiikka) dosentiksi vuonna 1973 ja Oulun yliopiston biofysiikan dosentiksi vuonna 1977. Kuopion korkeakoulun lääketieteellisen fysiikan professorin viran edellyttämä tieteellinen pätevyys hän osoitti vuonna 1974. Professorin nimi ja arvo hänelle myönnettiin vuonna 1983.

Prof. Rekonen on ollut säteilysuojasasiain neuvottelukunnan potilasturvallisuusjaoston pysyvä asiantuntija vuodesta 1976. Hänet on kutsuttu lääkintöhallituksen asiantuntijaksi viisivuotiskaudeksi lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan alalla 1977. Hän on toiminut Lääkintöhallituksen asettaman sairaalafysiikkojen pätevyyslautakunnan jäsenenä 1960-luvulta lähtien, varapuheenjohtaja vuodesta 1975 ja puheenjohtaja vuodesta 1987. Hän on myös tieteellisellä puolella ollut aktiivinen ja ollut mukana noin 200 julkaisussa.

Prof. Rekonen on toiminut Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen hallituksen jäsenenä vuosina 1979-1980 sekä 1984-1986. Yhdistyksen puheenjohtajana hän toimi vuosina 1981-1983. Tämän lisäksi hän on toiminut Keski-Suomen Syöpäyhdistyksen varapuheenjohtajana vuodesta 1975 ja puheenjohtajana vuodesta 1982, Jyväskylän fyysikkokerhon puheenjohtajana 1973-1974, Lääketieteellisen radioisotooppiyhdistyksen varapuheenjohtajana 1977-1982 sekä hallituksen jäsenenä Terveydenhuollon tietojenkäsittely-yhdistyksessä ja Suomen Radiologiyhdistyksessä.

Tunnustuksena erittäin ansiokkaasta toiminnastaan säteilyfysiikan eri osa-alueilla ja ansioistaan yhdistyksen toiminnan hyväksi prof. Rekonen kutsuttiin vuonna 1988 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Carl-Eric Rähä* (s. 16.4.1904, k. 14.5.1982)

Prof. Carl-Eric Rähä on tullut ylioppilaaksi 1921, suorittanut lääketieteen kandidaatin tutkinnon 1924, lisensiaatin tutkinnon 1930 sekä lääketieteen ja kirurgian tohtorin tutkinnon 1930 Helsingin yliopistossa. Hän on toiminut HY:n fysiologian assistenttina 1929-1933 ja fysiologian dosenttina, sekä apulaislääkärinä ja apulaisylilääkärinä HYKS:n lastentautien klinikalla. 1950 hänet nimitettiin HY:n lastentautiopin professoriksi.

Prof. Rähä tunnettiin maamme lääkärikunnan vanhemman polven keskuudessa tutkijana, joka koko toimintansa ajan oivalsi yhteistyön tarpeen ja merkityksen teknillisen henkilökunnan kanssa ja toimi sen aikaansaamiseksi ja parantamiseksi. Toiminnassaan tutkijana ja lääkärinä hän oli vahvasti mukana teknillisten metodien kehittämisessä ja laite-suunnittelussa aistin- ja neurofysiologiaa sekä vastasyntyneiden fysiologiaa mittauksia varten.

Prof. Rähä otti erittäin aktiivisesti osaa yhdistystoimintaan, mistä tunnustuksena hänet kutsuttiin useiden kotimaisten ja ulkomaisten tieteellisten yhdistysten kunniajäseneksi. Prof. Rähä toimi aktiivisesti Suomen biolääketieteellis-teknillisen yhdistyksen perustamisen puolesta ja oli sen ensimmäisen hallituksen jäsenenä vuosina 1968-1970. Tunnustuksena ansioistaan yhdistyksen toiminnan hyväksi prof. Rähä kutsuttiin vuonna 1972 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Tutkimusprofessori *Niilo Saranummi* (s. 5.5.1946)

Prof. Niilo Saranummi on tullut ylioppilaaksi 1965 Tampereella, suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon 1971 ja tekniikan tohtorin tutkinnon 1976 Tampereen teknillisessä korkeakoulussa. Hän on työskennellyt VTT:n palveluksessa vuodesta 1975 aloittaen tutkijana ja edeten Sairaalatetekniikan laboratorion johtajaksi. Nykyisin hän toimii tutkijaprofessorina VTT - Terveydenhuollon tietotekniikka -yksikössä.

Prof. Saranummi on julkaissut yli 150 tieteellistä artikkelia kansainvälisissä tieteellisissä lehdissä ja kirjoissa. Hän toim kuusi vuotta pääeditorina IEEE Transactions of Information Technology in Biomedicine -lehdessä. Hänen viimeaikainen tieteellinen toimintansa on painottunut ICT-sovellusten hyödyntämiseen terveydenhuollon täsmähoidossa sekä sähköisten potilastietojärjestelmien kehittämiseen. Saranummi on toiminut aktiivisesti terveydenhuoltoon liittyvien ohjelmien käynnistämässä ja ohjaamisessa Suomessa ja Euroopan unionissa. Hän on ollut perustamassa Suomen HL7 -yhdistystä 1996.

Prof. Saranummi on erittäin aktiivisesti toiminut sekä LFTY:ssä että yleisesti lääketieteellisen tekniikan alalla. LFTY:n rahastonhoitajana hän on ollut vuosina 1975-1980, varapuheenjohtajana 1981-1986 ja hallituksen jäsenenä 1987-1989. Saranummi on suomalaisista alamme asiantuntijoista toiminut aktiivisimmin kansainvälisissä järjestöissä. IFMBE:n hallituksen jäsen hän oli vuosina 1982-1988, varapresidenttinä 1988-1991 ja presidenttinä 1991-1994. IUPESM:n presidenttinä hän on toiminut vuosina 1994-1997. Saranummi on ollut perustamassa alamme Euroopan kattojärjestöä, EAMBES, ja toiminut sen väliaikaisena presidenttinä 2003-2004. Niilo Saranummi nimitettiin IAMBE Fellow'ksi vuonna 2000 ja IFMBE:n kunniajäseneksi 2003. Vuonna 2006 IFMBE myönsi Saranummelle Otto Schmitt -palkinnon, joka jaetaan lääketieteellisen tekniikan edistämässä erityisen ansioituneelle henkilölle.

Tunnustuksena ansioistaan lääketieteellisen tekniikan parissa ja yhdistyksen toiminnan hyväksi kutsuttiin prof. Saranummi vuonna 2008 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Erkki Soini* (s. 17.4.1939)

Prof. Erkki Juhani Soini on tullut ylioppilaaksi Tampereen klassisesta lyseosta vuonna 1958. Filosofian kandidaatiksi hän valmistui Turun yliopistosta 1966, filosofian lisensiaatiksi 1976 ja filosofian tohtoriksi 1978 Åbo Akademista. Hän on toiminut Wallac Oy:ssä eri tehtävissä (mm. pääsuunnittelija, tutkimusjohtaja) vuosina 1963- 1989. Turun yliopiston instrumenttianalytiikan dosenttina hän toimi vuosina 1979-1993. Turun Biotekniikan keskuksen johtajana ja tutkimusjohtajana hän toimi vuosina 1989 - 1992. Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan va. professorina vuosina 1992-1993 ja virkaan nimitettyä 1993-2002. Hän on toiminut useissa luottamustehtävissä ja mm. Wallac Oy:n, Alnor Oy:n, Bio-Orbit Oy:n ja Uuden teknologian säätiön hallituksissa.

Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen varapuheenjohtajana hän toimi vuosina 1996-1998, puheenjohtajana 1999-2000 sekä hallituksen jäsenenä 2001-2002. Hänellä on useita kymmeniä patenteja ja patenttihakemuksia sekä huomattava määrä kansainvälisiä julkaisuja. Hänen toimintansa alan innovaattorina on tunnustettu mm. "Turun kehittäjä" -palkinnolla vuonna 1989 sekä valtion keksintöpalkinnolla 1991.

Nykyisin hän johtaa yhdessä poikiensa Juhanin (s. 1965) ja Aleksin (s. 1966) kanssa perustamansa yrityksen ArcDia Oy:n toimintaa uuden fluoresenssin kaksoisfotoni-viritykseen perustuvan diagnostiikkamenetelmän kaupallistamisvaiheessa. Tunnusteuksena merkittävästä työstä lääketieteellisen fysiikan alalla ja toiminnasta yhdistyksen hyväksi kutsuttiin prof. Soini vuonna 2008 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Erik Spring* (s. 23.7.1928, k. 12.12.2004)

Prof. Erik Spring on tullut ylioppilaaksi 1947, suorittanut filosofian kandidaatin tutkinnon 1959, liseniaatin tutkinnon 1962 ja filosofian tohtorin tutkinnon 1963 Helsingin yliopistossa. Hän on toiminut eri tehtävissä Wärtsilä-yhtymässä vuosina 1947–1960, HY:n Fysiikan laitoksen assistenttina 1960-1961, Atomienergia-neuvottelukunnan assistenttina 1961-1963, Suomen Akatemian tutkijana 1963-1966, HYKS:n sädehoitoklinikan ylifysiikkona 1966-1971, HY:n fysiikan dosenttina 1964-1970, TKK:n lääketieteellisen elektroniikan dosenttina 1967-1976, HY:n lääketieteellisen tiedekunnan lääketieteellisen fysiikan dosenttina 1970-1972, Suomen Akatemian tutkijaprofessorina 1971-1974 sekä HY:n sovelletun fysiikan professorina vuodesta 1974.

Prof. Springin tieteellinen tutkimustoiminta on liittynyt mm. sädehoidon vaikutusten tutkimukseen ja röntgenkuvauksen laadun tutkimukseen. Prof. Spring on ottanut osaa yhdistystoimintaan erittäin aktiivisesti toimien mm. Suomen Fysiikkoseuran sekä Nordisk föreningen för klinisk fysik -yhdistyksen puheenjohtajana ja varapuheenjohtajana.

Hän on toiminut erittäin aktiivisesti Suomen biolääketieteellis-teknillisen yhdistyksen perustamiseksi toimien yhdistyksen hallituksen jäsenenä vuosina 1968-1978 ja yhdistyksen varapuheenjohtajana 1972-1978. Tunnustuksena ansiostaan kliinisen fysiikan ja lääketieteellisen tekniikan kehittäjänä maassamme sekä ansiokkaasta toiminnastaan yhdistyksen hyväksi kutsuttiin prof. Spring vuonna 1978 yhdistyksen kunniajäseneksi.

Professori *Åke Öberg*

Prof. Åke Öberg on valmistunut diplomi-insinööriksi Chalmersin teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1944 ja väitellyt tohtoriksi Uppsalan yliopistossa vuonna 1971. Hän on työskennellyt Uppsalan yliopiston Fysiikan ja biofysiikan osastolla vuosina 1963-1972 ja vuodesta 1972 lähtien Linköpingin teknillisen korkeakoulun, sittemmin yliopiston lääketieteellisen tekniikan professorina. Lääketieteellisen tekniikan laitoksen johtajana hän toimi 1972-2000.

Hän on ollut Ruotsin Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen puheenjohtajana vuonna 1980. Hän on osallistunut aktiivisesti lääketieteellisen tekniikan edistämiseen sekä kansallisella, pohjoismaisella ja kansainvälisellä kentällä. Hän on mm. Medicinsk Teknik-lehden toimituskunnan jäsen sekä International Federation of Medical and

Biological Engineering'in Clinical Divisionin jäsen. IFMBE kunniajäseneksi hänet kutsuttiin vuonna 2000. Hän osallistui Ruotsin sosiaali- ja terveysministeriön asettaman lääketieteellisen tekniikan turvallisuutta käsittelevään toimikuntaan asiantuntijajäsenenä. Hänen tutkimuksensa kiinnostuksen kohteena on lääketieteellisen tekniikan instrumentointi, anturit ja biomagnetismi. Tunnuksena aktiivisesta kansainvälisestä toiminnasta hänet kutsuttiin yhdistyksen kunniajäseneksi vuonna 1988.