SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN LABORATORIO

50 VUOTTA TOIMINTAA

VTT

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN LABORATORIO

50 VUOTTA TOIMINTAA

Toimittaneet:

Björn Wahlström
Pentti Haapanen
Hannu Hossi
Tapio Huovinen

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
ESPOO 1992

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT 4

I. ESIHISTORIAA JA ENSIMMÄISET VUODET 6

II. TAISTELUA RAHASTA JA HENKILÖKUNNASTA 13

III. TYÖTÄ, PUUTETTA JA BYROKRATIAA 16

IV. RADIOTEKNIIKKAA JA AKUSTISIA MITTAUKSIA 19

V. DISKUSSION HANS BLOMBERG OCH BJÖRN WAHLSTRÖM 22

VI. ALBERTINKADULTA OTANIEMEEN JA SÄHKÖTALOON 29

VII. HENKILÖKUNTA MUISTELEE 33

VIII. MUUTOSTEN VUODET 1960-LUVULTA LÄHTIEN 39

IX. ENERGIATEKNIIKAN TUTKIMUSOSASTO MUOTOUTUU 42

X. SÄHKÖISTEN SUUREIDEN TARKKUUSMITTAUS 46

XI. ATOMIVOIMAN ALKUTAIVAL 52

XII. YDINVOIMASTA ALKUPOTKU LUOTETTAVUUSTEKNIIKALLE 59

XIII. ENERGIA- JA SÄHKÖVOIMATEKNIIKKA TOIMINNAN PERUSTANA 64

XIV. VALOTEKNIIKAN TESTAUSTOIMINTA 75

XV. OMAPERÄISIÄ IDEOITA JA IKILIIKKUJIA 78

XVI. SIMULOINTIA JA AUTOMAATIOTUTKIMUSTA 81

XVII. DAMATIC-JÄRJESTELMÄ - HAASTE TUOTEKEHITYKSELLE 91

XVIII. VTT:N ROOLIT SUOMEN ELINKEINOELÄMÄSSÄ 94

XIX. STRATEGIES AND MANAGEMENT OF APPLIED RESEARCH 105

XX. NEUVOTTELUKUNNAT 120

XXI. LABORATORIONJOHTAJAT 123

XXII. HENKILÖSTÖ 1.4.1992 124

XXIII. HENKILÖSTÖ 1942 - 31.3.1992 127

XXIV. TAPAHTUMIA VUOSI VUODELTA 135

XXV. VIITTEET 144

ALKUSANAT

Tässä historiikin omaisessa julkaisussa kuvataan Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorion viisikymmenvuotista tutkimustoimintaa. Työt laboratoriossa aloitettiin varsin vaatimattomasti helmikuussa 1942 samaan aikaan kun yhdeksän muuta VTT:n laboratoriota aloitti toimintansa. Ensimmäisten vuosien aikana laboratoriossa ei ollut yhtään kokopäiväistä henkilöä. Tällä hetkellä laboratorio on henkilömäärältään VTT:n kolmanneksi suurin laboratorio. Ensimmäisen toimintavuoden aikana laskutettiin suoritetuista testaustehtävistä 4045 markkaa, tänään laboratorion liikevaihto on noin 40 miljoonaa markkaa.

Laboratorion toiminnan alkuaikana sähkö oli verraten uusi asia, mutta tänä päivänä tuskin voidaan ajatella yhteiskunnan toimivan ilman sitä. Teknillinen kehitys on näinä vuosina ollut huimaava. Nykyään sovelletaan rutiininomaisesti monia teknologioita, joita laboratorion perustamisen aikoihin ei vielä oltu keksitty. Laboratorio aloitti toimintansa keskellä sotaa, vakiinnutti asemansa sodanjälkeisenä pula-aikana, laajensi toimintaansa Suomen teollistuessa ja kasvoi nykyiseen kokoonsa sen rakennemuutoksen aikana, jolloin Suomesta tuli korkean teknologian maa. Laboratorion kasvun perustana on ollut aktiivinen vastaaminen tilaustutkimuksen kysynnän lisääntymiseen 70-luvulla, jolloin korkeakoulujen tilaustutkimus vaikeutui olennaisesti. Laboratorio on vuosien varrella läpikäynyt ne

hallinnolliset muutosprosessit, jotka ovat olleet tarpeen siirryttäessä perinteisistä koestustehtävistä dynaamiseen tuloshakuiseen tutkimustoimintaan. Vastaaminen Suomen elinkeinoelämän kansainvälistymiseen on parhaillaan käynnissä.

Laboratorio on toimintansa aikana käynyt läpi monta värikästä vaihetta ja samalla omalla tavallaan vaikuttanut maamme elinkeinoelämän tehokkuuteen ja kilpailukykyyn. Laboratorion ideoista on syntynyt uusia testausmenetelmiä, menestystuotteita, yrityksiä, korkeatasoisia tieteellisiä julkaisuja, jne. Laboratorion palveluksessa on vuosien mittaan ollut suuri määrä ainutlaatuisia henkilöitä, joiden sitoutumisella tutkimus- ja kehitystyön eri vaiheisiin on pystytty myötävaikuttamaan Suomen teolliseen kehitykseen. Tätä olisi tuskin lähdetty kirjoittamaan, ellei laboratorion henkilökunta koko tänä aikana olisi tehnyt luovaa ja uraauurtavaa työtä. Tästä työstä kiitän edeltäjiäni ja erityisesti niitä henkilöitä, jotka ovat olleet mukana luomassa sitä, mitä näillä sivuilla yritetään palauttaa mieleen.

Tämän julkaisun syntymisestä olen kiitollisuuden velassa laboratorion pitkäaikaiselle tutkimusinsinöörille Esko Saukkoselle. Hän keräsi ja ideoi ennen varhaista kuolemaansa 1987 suuren osan tämän raportin materiaalista. Kiitän myös niitä laboratorion nykyisiä ja entisiä työntekijöitä, jotka ovat antaneet panoksensa tähän julkaisuun.

Kerättäessä materiaalia viidenkymmenen vuoden ajalta olen tullut vakuuttuneeksi soveltavan teknillisen tutkimuksen hyödyllisyydestä ja mahdollisuudesta vaikuttaa positiivisesti yhteiskuntamme kehitykseen. Yhdistämällä tähän uudempaa pohdintaa soveltavan tutkimuksen olemuksesta ja VTT:n rooleista Suomen elinkeinoelämässä, toivon, että voisimme valaista sitä kehitysprosessia, jota kutsumme soveltavaksi tutkimukseksi. Ymmärtämällä tätä prosessia voimme myös tulevaisuudessa vastata uusiin haasteisiin ja näin varmistaa käytössä olevien resurssien tehokkaan hyödyntämisen. Toivon kaikille lukijoille mielenkiintoisia lukuhetkiä sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorion historiaa muistellessa.

Björn Wahlström

I. ESIHISTORIAA JA ENSIMMÄISET VUODET

Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos ja Sähköteknillinen laboratorio eivät suinkaan syntyneet hallituksen mahtikäskyllä "tyhjästä", vaan alku juontaa juurensa aina vuoteen 1849. Tällöin perustettiin Helsingin teknillinen reaalikoulu, josta muodostui vuonna 1879 Polyteknillinen opisto. Nykyinen Teknillinen korkeakoulu-nimi on peräisin vuodelta 1908.

Tutkimuksen ja aineenkoetuksen tarpeellisuus oli tiedostettu jo Polyteknillisen opiston aikoihin. Keisarillinen Senaatti asettikin erilliset määräykset aineenkoetustoiminnasta 27.3.1893 (Redogörelse för Polytekniska Institutets i Finland verksamhet under läseåret 1892 - 1893, afgiven vid det offentliga årsförhöret den 31 maj 1893 af institutets direktor).

Reglemente för materialprofningsanstalten vid Polytekniska institutet i Finland.

§ 1.

Materialprofningsanstalten vid Polytekniska institutet i Helsingfors har till ändamål ej mindre att stå allmänheten till tjenst med anställande af prof och undersökning af byggnadsmaterialier, såsom järn, cement, naturlig och konstgjord sten m.m., i afseende å dessas hållfästhet, sammansättning och öfriga egenskaper, än ock att tjena undervisningens vid institutet intressen.

Anstalten hålles för allmänheten under hela året tillgänglig, på tider, som anstaltens föreståndare eger bestämma och allmänheten tillkännagifva. Taxan för anstalten och öfriga vilkor, som anstaltens kunder vid dess anlitande hafva att iakttaga, böra jämväl bringas till allmänhetens kännedom.

§ 2.

Anstalten står under öfveriseende af Industristyrelsen, som eger öfvervaka dess verksamhet och ekonomi, samt, i fall af behof och efter det lärarekollegium vid Polytekniska institutet sig i frågan utlåtit, vidtaga åtgärd till ändring i dess organisation och taxa.

Aineenkoetuslaitoksessa oli aluksi kolme osastoa. Niiden toiminta-alueina olivat metallien lujuuskoestukset sekä rakennusaineiden, öljyjen, paperien ja kuitumateriaalien tutkimukset. Vuonna 1920 ehdotettiin perustettavaksi neljäs osasto, jonka toimialana olisi sähköteknillinen tutkimus. Neljäs osasto aloitti toimintansa vuonna 1921 ja virallistettiin vuonna 1922, jolloin Kauppa- ja teollisuusministeriö antoi määräyksiä aineenkoetuslaitoksen toiminnasta ja maksuista. Johtajaksi tuli korkeakoulun professori Hermann Kolster.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Suomen Teknillisen korkeakoulun aineenkoetuslaitoksen käyttämistä ja siinä suoritettavia tutkimuksia koskevista määräyksistä

Kauppa- ja teollisuusministeriö on nojautuen 61 §:ään asetuksessa huhtikuun 2 päivältä 1908, sisältävä Suomen Teknillisen korkeakoulun säännöt, tänään vahvistanut seuraavat määräykset mainitun korkeakoulun aineenkoetuslaitoksen käyttämisestä ja siinä suoritettavista tutkimuksista.

. . . . . .

IV:s osasto, sähkökojeiden ja -ainesten tutkimista varten.

39 §.

Neljännessä osastossa tutkitaan ja koetellaan eristettyjä johtoja, eristäjiä, muuntajaöljyä ja primäärielementtejä y.m. sekä tarkistetaan virta-, jännitys- ja sähkömittareja tasa- ja vaihtovirralle.

40 §.

Osoitinmittarien koetuksessa tarkastetaan 3 arvoa mitta-asteikolla.

41 §.

Tutkittavat eristetyt johdot on jätettävä vähintään 5 m kappaleissa; öljyjen sähköisen kestävyyden tutkimista varten tarvitaan 2 litraa; eristäjien koeteukseen vaaditaan 5 ja primäärielementtien tutkimiseen vähintään 3 kappaletta.

Tätä kaikki asianomaiset noudattakoot.

Helsingissä, elokuun 11 päivänä 1922.

Kauppa- ja teollisuusministeri A. Aho.

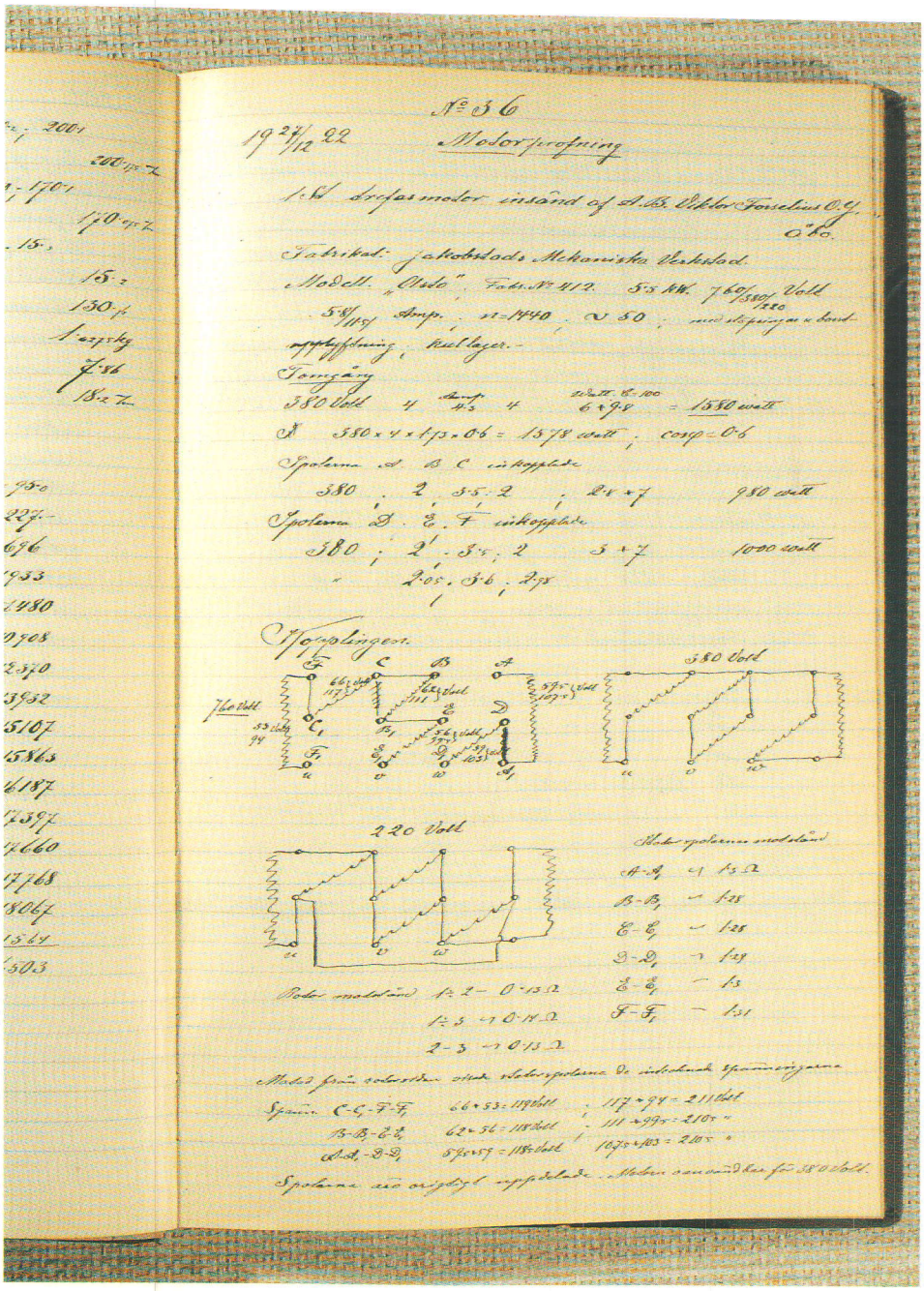
Vanhempi hallitussihteeri *Väinö Kahilainen.*

Jo samana vuonna tehtiin yhteensä 33 tutkimusta tai koestusta sähkötekniikan alueella.

IV osasto:

	Tehtäviä
Eristäjäin tutkimuksia	1
Öljyjen tutkimuksia	9
Sähköelementtien tutkimuksia	2
Johtokyvyn tutkimuksia	10
Raudan magneettisia tutkimuksia	9
Mittakojeiden tarkistuksia	2
Summa	33

Ensimmäinen toimeksianto tehtiin Etelä-Suomen Voima Oy:lle, ja se käsitteli muuntajaöljyn sähköisiä ominaisuuksia. Silloin luotiin myös käytäntö kirjoittaa selostukset numerojärjestyksessä käsin mustaan kirjaan. Kirja on edelleen tallella. Poimintana selostuksista esitetään kuvassa esimerkkinä, 27 joulukuuta 1922 kirjoitettu työselostus No. 36.



Aineenkoetuslaitoksen IV osasto sai uudet tilat vuonna 1925 valmistuneesta Teknillisen korkeakoulun (TKK) sähkölaboratorion rakennuksesta Albertinkadun varrelta. Siellä toiminta jatkui entisen kaltaisena aina välirauhaan saakka.

Aloite Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen perustamisesta tuli TKK:n taholta. Syitä oli useita:

- korkeakoulu halusi jäntevöittää omaa toimintaansa,
- tutkimustyön tarve kasvoi alati ja
- tutkijavoimien ja resurssien hajaantuminen oli näkyvissä.

Tutkimuslaitosta koskeva laki ei toteutunut aivan ehdotuksen mukaisesti. Tutkimuslaitos sai kuitenkin itsenäisen aseman niin, että "luonnollinen" sidos korkeakouluun mainittiin jopa asetuksessa. Valtion teknillinen tutkimuslaitos aloitti toimintansa helmikuun alussa vuonna 1942. Sähköteknillinen laboratorio oli jo perustamishetkellä vuonna 1942 ensimmäisten kymmenen laboratorion joukossa. Se sijaitsi korkeakoulun sähkölaboratorion rakennuksessa Albertinkadun varrella. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen ja samalla myös sähköteknillisen laboratorion tehtävänä oli asetuksen (Suomen asetuskokoelma n:o 44 - 52, Laki Valtion teknillisestä tutkimuslaitoksesta. Annettu Helsingissä 16. päivänä tammikuuta 1942) mukaan:

- harjoittaa teknillistä tutkimustoimintaa tieteellisessä ja yleishyödyllisessä tarkoituksessa
- suorittaa aineenkoetustehtäviä toimittamalla viranomaisten tai yksityisten pyynnöstä aineiden ja rakenteiden virallista tarkastusta ja koestusta
- suorittaa erikoistehtävänään muitakin teknillisiä tutkimuksia viranomaisten tai yksityisten toimeksiannosta sekä olla Teknillisen korkeakoulun apuna opetuksessa ja tutkimustyössä.

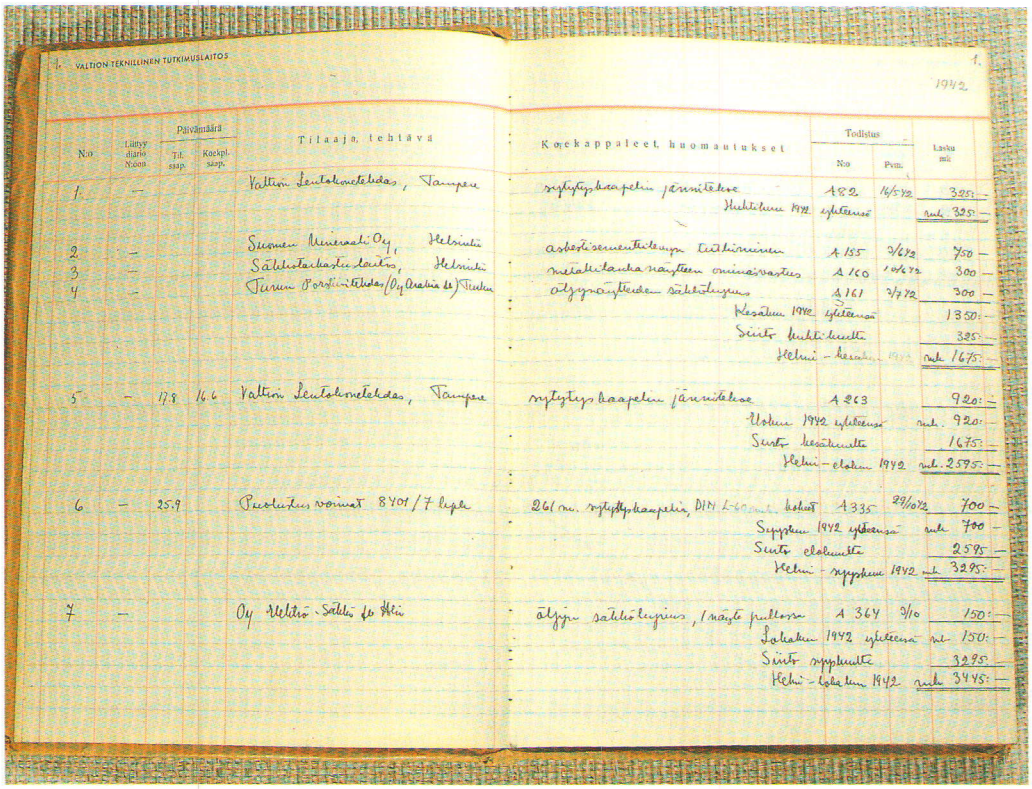
Sähköteknillisen laboratorion johtajaksi nimitettiin vuonna 1942 professori Martti Johannes Paavola. Hän toimi tässä virassa vuoden 1961 loppuun saakka.

Laboratorion alku oli varsin vaatimatonta. Sodan aiheuttama epätietoisuus sekä henkilökunnan, tarvikkeiden ja rahan puute sävyttivät ensimmäisten vuosien toimintaa.

> "Kertomus toiminnasta v. 1942
>
> Sähkölaboratorio oli vuoden 1942 lopussa samassa kunnossa kuin sen siirtyessä Tutkimuslaitoksen haltuun Teknillisen korkeakoulun aineenkoetuslaitokselta tutkimuslaitoksen aloittaessa toimintansa. Uutishankintoja ei sähkölaboratoriota varten vielä ole suoritettu, koska tutkimuslaitokseen kuuluvien vastaperustettujen laboratorioitten varustaminen välttämättömillä kojeilla on asetettu ensi sijalle. Laboratoriossa käytössä olleilla välineillä voitiin suorittaa kaikki esiintyneet aineenkoetustehtävät. Talousarvion mukaan sähkölaboratorion henkilökunnan muodostavat laboratorion johtaja (palkkiotoimi), tutkimusinsinööri ja mekaanikko. Vain johtajan virka on ollut täytettynä, kun puolestaan tutkimusinsinöörin virka ja mekaanikon toimi ovat

sota-ajan tähden ja sopivien henkilöitten puutteessa olleet täyttämättä. Tästä syystä työt tehtiin tilapäistyövoimalla. Aineenkoetustehtävät ovat koskeneet sähkötekniikassa käytettyjen tarveaineitten, kuten eristysöljyjen, kiinteiden eristeiden, johdinmetallien ja valmiitten johtimien koestusta. Varsinaista tutkimustoimintaa ei laboratoriossa ole voitu harjoittaa, koska henkilökuntaa sitä varten ei ole ollut."

Laboratorion toimeksiannot kirjattiin laboratoriossa käytössä olleeseen "mustaan kirjaan" toimintansa alusta lähtien. Kuvassa on valokuvattuna kirjan ensimmäinen aukeama.



1. VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS

1.

1942

N:o	Liittyy diario N:oon	Päivämäärä Til. saap.	Päivämäärä Koekpl. saap.	Tilaaja, tehtävä	Koekappaleet, huomautukset	Todistus N:o	Todistus Pvm.	Lasku mk
1	—			Valtion Lentokonetehdas, Tampere	sytytyskaapelin jännitekoe	A 82	16/5 42	325:—
					Huhtikuun 1942 yhteensä			mk 325:—
2	—			Suomen Mineraali Oy, Helsinki	asbestisementtilevyn tutkiminen	A 155	3/6 42	750 —
3	—			Sähkötarkastuslaitos, Helsinki	metallilankanäytteen ominaisvastus	A 160	10/6 42	300 —
4	—			Turun Porsliinitehdas (Oy Arabia Ab) Turku	öljynäytteiden sähköluvuus	A 161	3/7 42	300 —
					Kesäkuun 1942 yhteensä			1350:—
					Siirto huhtikuulta			325:—
					Helmi-kesäkuun 1942			mk 1675:—
5	—	17.8	16.6	Valtion Lentokonetehdas, Tampere	sytytyskaapelin jännitekoe	A 263		920:—
					Uokun 1942 yhteensä			mk. 920:—
					Siirto kesäkuulta			1675:—
					Helmi-elokuun 1942			mk. 2595:—
6	—	25.9		Puolustusvoimat 8401/7 lipk	261 m. sytytyskaapelin, DIN L-60 mm kokeet	A 335	29/10 42	700 —
					Syyskuun 1942 yhteensä			mk 700 —
					Siirto elokuulta			2595 —
					Helmi-syyskuun 1942			mk 3295:—
7	—			Oy Uektro-Sähkö Ab Helsinki	öljyn sähköluvuus, 1 näyte puollossa	A 364	3/10	150:—
					Lokakuun 1942 yhteensä			mk 150:—
					Siirto syyskuulta			3295 —
					Helmi-lokakuun 1942			mk 3445:—

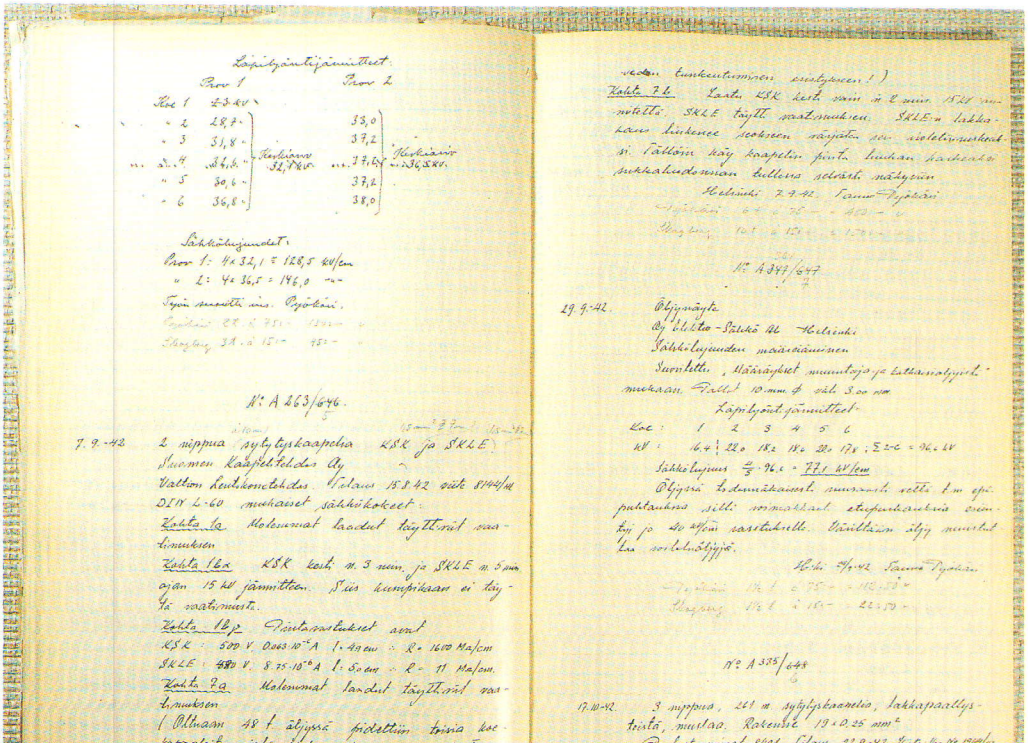
Olojen epävarmuus jatkui. Se kuvastui selvästi esimerkiksi alla olevassa toimintasuunnitelmassa.

" Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen sähköteknillisen laboratorion toimintasuunnitelma vuodeksi 1944

Varmaa toimintasuunnitelmaa ei voida laatia, koska toimintamahdollisuudet riippuvat olojen kehityksestä. Sikäli kuin toimintamahdollisuudet pysyvät nykyisillään, tulee toiminta kohdistumaan ensi sijassa aineenkoetustehtävien suorittamiseen ja laboratorion kehittämiseen. Myös varsinaista tutkimustoimintaa voitaneen kuluvana vuonna panna alulle, koska laboratorion tutkimusinsinöörin virka saadaan huhtikuun alusta väliaikaisesti täytetyksi."

Ensimmäisten vuosien tilaustehtävät olivat lähinnä erilaisten sähkötekniikassa käytettyjen materiaalien sähköisten ominaisuuksien määrityksiä. Etenkin muuntajaöljyjen ja muiden sähköisten eristeiden läpilyöntikestoisuudet, vastuslankojen ja johtimien lämpenemiset ja muut ominaisuudet sekä mittareiden tarkistukset työllistivät laboratoriota eniten. On kuitenkin muistettava, että välinepulan takia oli tuolloin osa mittalaitteista tehtävä itse.

Laboratorion ensimmäinen toimeksianto valmistui 15.5.1942. Se käsitteli 5 m:n sytytyskaapelinäytettä. Kaapelille tehtiin DIN L-60 mukaiset sähkökokeet. Kokeet kuitenkin epäonnistuivat, sillä kaapelinäyte ei täyttänyt normin vaatimuksia. Ensimmäisen vuoden aikana tehtiin yhteensä 9 toimeksiantoa, joista laskutettiin silloista rahaa 4045 markkaa. Ensimmäisenä vuotena mitattiin paitsi sytytyskaapelien sähköisiä ominaisuuksia myös asbestisementtilevyjen sähköistä eristyskykyä, metallilangan ominaisvastusta ja öljyjen sähkölujuutta. Poimintana suoritetuista mittauksista voidaan esimerkiksi ottaa laboratorion viides toimeksianto. Tilaaja oli Valtion Lentokonetehdas, joka halusi mittauttaa Suomen Kaapelitehtaan toimittamaa sytytyskaapelia. Toimeksiannon hinnaksi tuli silloisessa rahassa 920 markkaa, ja selostus, joka on päivätty 7.9.1942, on oheisessa valokuvassa.



Läpilyöntijännitteet:

Koe	Puoli 1	Puoli 2
1	29,8 kV	33,0
2	28,7	37,2
3	31,8	37,2
4	34,8	37,6
5	30,6	37,2
6	36,8	38,0

Keskiarvo 32,7 kV — Keskiarvo 36,5 kV

Sähkölujuudet:
Puoli 1: 4 × 32,1 = 128,5 kV/cm
" 2: 4 × 36,5 = 146,0 "

Työn suorittivat ins. Pyötsiä.

N:o A 263/646

7.9.-42 2 nippua sytytyskaapelia KSK ja SKLE Suomen Kaapelitehdas Oy Valtion Lentokonetehdas. Tilaus 15.8.42 viite 8144/41 DIN L-60 mukaiset sähkökokeet:

Kohta 1a Molemmat laadut täyttävät vaatimuksen

Kohta 16a KSK koet. n. 3 mm ja SKLE n. 5 mm ajan 15 kV jännitteen. Siis kumpikaan ei täytä vaatimusta.

Kohta 18 f Paulavastukset ovat
KSK: 500 V, 0,003·10⁻⁶ A, l: 4,9 cm, R = 1600 Ma/cm
SKLE: 480 V, 8,75·10⁻⁶ A, l: 5,0 cm, R = 11 Ma/cm.

Kohta 2a Molemmat laadut täyttävät vaatimuksen

(Öljyssä 48 t öljyssä pidettiin toisia koekappaleita vielä 24 t uudessa ja kootellun tämän jälkeen 15 kV jännitteellä. Tulos: KSK eivät n. 3 mm, SKEK vaaditun 4 t. Öljy oli toista

vedon tunkeutumisen vuoksi.)

Kohta 7 b Koet. KSK koet. vain n. 2 mm. SKL mm. mitattu. SKLE täyttä vaatimuksen. SKLE:n lakkapaan liukenee reaktion vaikutuksesta sen alkoholiuutokset. Valtion käy kaapelin pinta. Lakan vaikeaksi pakkausdosimaan tullessa selvästi näkyvien

Helsinki 7.9.42 Tauno Pyötsiä

N:o A 377/647

29.9.-42 Öljynäyte
Oy Elektra-Sähkö Ab Helsinki
Sähkölujuuden määrääminen
Suoritettu, Määräykset muuntajia ja kattiaisolyyrit-mukaan. Tällöin 10 mm ϕ väli 3,00 mm

Läpilyönti jännitteet:

Koe:	1	2	3	4	5	6
kV:	16,4	22,0	18,2	18,2	22,0	17,8

Σ 116,8 : 6 = 19,4 kV
Sähkölujuus 4/3 · 19,4 = 77,1 kV/cm

Öljyssä todennäköisesti muovautuneita tm epäpuhtauksia sillä voimakkaat eteenpäinkaukoja esiintyy jo 40 kV/cm vaaditulle. Öläillään öljy muutkat tm sovelluksiin.

Helsinki 4/9-42 Tauno Pyötsiä

N:o A 335/648

17.10-42. 3 nippua, 261 m sytytyskaapelia, lakkapaallystettä, mustaa. Rakenne 19 × 0,25 mm²
Puolustusvoimat 8401 Tilaus 22.9.42 Tuote Nro 1944/42
DIN L-60 mukaiset sähkökokeet

Bruttopalkkaerot olivat tuolloin melkoiset; vuonna 1942 maksettiin tilapäiselle tutkimusinsinöörille 75 mk/h ja mekaanikkona toimineelle vahtimestarille 15 mk/h. Tuon ajan verotus tuskin tasasi tuloeroja niin tehokkaasti kuin nyt.

Ote vuoden 1943 toimintakertomuksesta:

" ... Mitä tulee osaston vastaisen toiminnan suunnitteluun, on sen ensimmäisenä päämääränä ollut osaston kehittäminen sellaiseen kuntoon, että se täyttäisi viralliselle tutkimus- ja aineenkoetuslaitokselle kohtuudella asetettavat vaatimukset. Tässä mielessä on osastolle vuoden kuluessa tilattu noin 630 000 mk:n arvosta perustavaa laatua olevia mittausvälineitä. Koska toimitusajaksi on ilmoitettu noin 2 vuotta, saanee osasto nämä laitteet käytettävikseen aikaisintaan mainitun ajan kuluttua.

Helsingissä maaliskuun 18 päivänä 1944

Martti Paavola "

Esimerkiksi vuonna 1949 tehtiin kaikkiaan 46 tilaustyötä, joista laskutettiin liki 17 000 mk. Koska vakituista henkilökuntaa ei ollut riittävästi, jouduttiin työt järjestämään tarpeen mukaan otetulla työvoimalla osaksi iltaisin.

Laboratorion toimitilat Albertinkadulla ennen lisäkerroksen rakentamista.

II. TAISTELUA RAHASTA JA HENKILÖKUNNASTA

VTT:n sähköteknillisen laboratorion perustamisen aikaan tehdyn talousarvion mukaan laboratorion henkilökunnan muodostivat laboratorionjohtaja, tutkimusinsinööri ja mekaanikko. Laboratorion toiminnan alkuaikoina oli ainoastaan johtajan virka täytettynä. Virkaa hoiti Teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan professori Martti Paavola sivutoimisesti laboratorion perustamisesta 1.2.1942 alkaen aina 31.12.1961 asti. Hän kertoo omasta taustastaan seuraavasti:

Martti Paavola

"Koska nuoruudessani oli tapana sanoa sähkötekniikkaa tulevaisuuden alaksi, oli uran valinta minulle helppoa. Valmistuin Tampereen teknillisen opiston sähkötekniliseltä osastolta vuonna 1919, tulin ylioppilaaksi Tampereen lyseosta vuonna 1922 ja diplomi-insinööriksi Karlsruhen teknillisestä korkeakoulusta Saksassa kaksi vuotta myöhemmin. Seuraavana vuonna minut nimitettiin Tampereen teknillisen oppilaitoksen sähkötekniikan lehtoriksi. Virkani ohella jatkoin opintojani Aachenin teknillisessä korkeakoulussa Saksassa tavoitteenani tohtori-insinöörin (tekniikan tohtorin) tutkinto. Laboratoriotutkimukset väitöskirjaani varten tein Aachenin korkeakoulussa vuosina 1928 ja 1929 kesä- ja virkalomillani. Tohtori-insinöörin arvon sain sieltä vuonna 1931. Koin elävästi sähkötekniikan opetuksen ja tutkimuksen olevan Saksassa pitemmällä kuin meillä. Suomessa oli siihen aikaan valtion toimesta järjestetty tutkimusta käsittäen pääasiassa tarveaineiden ja valmiiden sähkölaitteiden tarkastusta ja koestusta vuonna 1922 perustetussa TKK:n aineenkoetuslaitoksen neljännessä osastossa".

Paavola nimitettiin TKK:n sähkötekniikan professoriksi vuonna 1939 opetusalana sähkölaitostekniikka ja sähkövoiman siirto. Laboratorion perustamisen aikoja Paavola muistelee seuraavasti:

"Professoriksi nimittämisen yhteydessä minusta tuli virkaani läheisesti liittyvän aineenkoetuslaitoksen sähköteknillisen osastonjohtaja. Osaston tehtävät siirrettiin juuri perustetulle VTT:lle 1.2.1942 ja minut nimitettiin VTT:n sähköteknillisen laboratorion v.t. johtajaksi päävirkani ohella. Toimin ensimmäiset pari vuotta laboratoriossa oikeastaan täysin yksin. Virkani oli "palkkiotoimi", ts. palkkani ei tullut budjetin kautta. Sota-aika oli laboratorionjohtajan töiden kannalta varsin rauhallista. Tein aineenkoetuksia ja suunnittelin laboratorion kehittämistä. Kovin pitkäjänteisiä tulevaisuuden kaavailuja ei voitu tehdä, sillä olot olivat epävarmat. Laboratorio aloitti toimintansa varsinaisesti sodan jälkeen. Noihin aikoihin tulivat laboratorion palvelukseen diplomi-insinööri Hans Blomberg, insinööri Ensio Wikström ja mekaanikko Olavi Ahti, joten henkilöstön runko oli saatu kokoon. Tehtävät jakautuivat luontevasti;

Blomberg ryhtyi hoitamaan tutkimus- ja kehitystehtäviä, Wikström mittasi ja koesti ja Ahti teki mekaanikon työt. Minun tarvitsi puuttua laboratorion toimintaan enää vain johtamistasolla. Laadin ja allekirjoitin joitakin tärkeimpiä lausuntoja, tein toiminta-suunnitelmat ja vuosikertomukset sekä torjuin ainaista henkilökunnan ja mittauslaitteiden pulaa niin hyvin kuin osasin. Valtiovalta tuli avokätisemmäksi vasta Otaniemen laitosten suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä".

Muut tehtävät hoidettiin tilapäisellä työvoimalla iltatöinä. 1.9.1943 alkaen saatiin Imatran Voimasta insinööri Martti Laurila kiinnitetyksi laboratorioon määrätunneiksi viikoittain. Huhtikuussa 1944 saatiin tutkimusinsinöörin virka vihdoin väliaikaisesti täytetyksi, kun Hans Blomberg tuli v.t. tutkimusinsinööriksi. Blomberg oli laboratorion palveluksessa vuoteen 1956 saakka ja laboratorionjohtajana vuosina 1962 - 1972.

Laboratoriossa suoritettavat aineenkoestustehtävät lisääntyivät vähitellen ja työvoimaa oli lisättävä vuonna 1945. Laboratorion palvelukseen tuli assistentiksi 7.9.1945 Wikström. Wikströmin siirtyessä eläkkeelle 29.2.1980 hän oli tällöin laboratoriota pisimpään palvellut työntekijä. Muuna tilapäisenä työvoimana vuonna 1945 olivat ns. virastovaratyöntekijä ja mekaanikko.

Martti Paavola teki vuosina 1946 - 1949 useita anomuksia sähköteknillisen laboratorion henkilökunnan määrän lisäämiseksi, koska sähköteknillisen laboratorion työt jatkuvasti lisääntyivät vuosien varrella. Lisääntyneet työt olivat lähinnä aineenkoetustehtäviä, joiden runsas määrä teki melkein mahdottomaksi suorittaa varsinaista tutkimustyötä. Lisäksi sähkötekniikka oli 40-luvun lopussa saavuttanut Suomessa jo erittäin suuren merkityksen. Jakaantuneena vahvavirtatekniikkaan, heikkovirtatekniikkaan ja radiotekniikkaan se käsitti niin valtavan tiedonalan, että yhden ainoan tutkimusinsinöörin voimat ja kyvyt riittivät vain kapean kaistan hallitsemiseen. Anomukset henkilömäärän lisäämiseksi eivät kuitenkaan tuottaneet tulosta.

Koska valtiovalta näytti suhtautuvan varsin nuivasti uusien virkojen perustamiseen, yritti Paavola saada varoja teollisuudelta ja kaupalta. Seuraavassa lyhennelty puhe soveltuisi numero- ja henkilötietoja lukuunottamatta tähänkin päivään ja se on osoitus siitä sinnikkyydestä, tunnollisuudesta ja huolenpidosta, jota Paavola tunsi Suomen sähköalan kehitystä kohtaan.

Otteita Martti Paavolan esitelmästä Suomen Sähköinsinööriliiton kokouksessa 30.9.1949, /1/.

"... Tutkimuskeskuksen sähköteknillinen laboratorio käsittää kaksi osastoa, **vahvavirta-teknillisen** ja **radioteknillisen** osaston. Laboratorion johtajana toimii päävirkansa ohella tämän selostuksen antaja, vahvavirtateknillisen osaston päällikkönä tutkimusinsinööri, dipl.ins. Hans Blomberg ja radioteknillisen osaston päällikkönä tutkimusinsinööri, tekn.toht. Jouko Pohjanpalo. Muuta teknillistä henkilökuntaa vahvavirtaosastolla on 2 insinööritutkinnon suorittanutta tutkimusassistenttia ja mekaanikko ja radio-osastolla 2 diplomi-insinööriä, 1 insinööri, 2 teknikkoa ja 3 mekaanikkoa...

... Tutkimuslaitoksen sähköteknillisen laboratorion niinkuin koko tutkimuslaitoksenkin toimintaa rajoittaa ja vaikeuttaa kovasti taloudellisten mahdollisuuksien pienuus.

Rajoitukset tuntuvat raskaina kaikkialla; henkilökunnan vähyytenä, tutkimusvälineistön puutteellisuutena ja huonetilojen niukkuutena...

... Tutkimustoiminta sähkötekniikan alalla on meille ehdoton välttämättömyys. Vain sen avulla pystymme omintakeisesti luomaan uusia tuotteita ja pysymään kilpailukykyisinä. Jo taito käyttää hyödyksi ulkomailta saatavia tietoja edellyttää omaa tutkimustoimintaa. Olemme kuitenkin tällä alalla ainakin sukupolven jäljessä useista pienistäkin maista, joten meillä ei ole varaa enää tuhlata aikaa. Tutkimustyötä ei poljeta maasta kädenkäänteessä, sillä meillä ei ole tarpeeksi siihen koulutettua henkilökuntaa. Saadaksemme sitä, meidän on ensin luotava tutkijailmapiiri, joka kykenee vetämään nuoria lahjakkaita voimia puoleensa ja kasvattamaan heistä tutkijoita. Tällaisen ilmapiirin luomiseksi olisi ainakin muutamille nuorille diplomi-insinööreille sähkötekniikankin alalla varattava mahdollisuus antautua opettelemaan tutkijan työtä. Heistä muodostuisi kantajoukko, jonka ympärille sitten kasvaisi suurempi tutkijakunta...

... Kaikki tämä vaatii kuitenkin enemmän varoja kuin nyt on käytettävissä, ja nämä varat voi antaa vain sähköteknillinen teollisuus ja kauppa, joihin sisällytän myös sähkölaitokset. Kaikissa maissa, joissa teollisuus on pitkälle kehittynyttä, tutkimustyötä ylläpitävät valtio ja yksityiset yhteisvoimin teollisuuden osuuden ollessa vallan toista suuruusluokkaa kuin meillä ...

... Meillä on totuttu vaatimaan valtiolta tässä suhteessa enemmän kuin se voi täyttää, kun taas teollisuudelta on vaadittu ja saatu hyvin vähän. Minun sallittaneen esittää käsityksenäni, että ainakin sähkölaitokset ovat näissä asioissa pitäneet kukkaronsa nyörit visusti kiinni.

Miten sitten teollisuus ja sähkölaitokset voisivat parhaiten tätä asiaa edistää? Rahaa voi tietysti aina lahjoittaa, mutta tällä kertaa on mielessäni lähinnä se keino, että teollisuus ja sähkölaitokset joko omissa tai keskusjärjestöjensä nimissä palkkaisivat nuoria lahjakkaita insinöörejä tekemään työtä ja saamaan oppia tutkimuslaitoksen sähköteknillisessä laboratoriossa määräajan, jonka kuluttua nuoret insinöörit siirtyisivät palkanmaksajiensa töihin. Nuoren insinöörin tällainen työskentely tutkimuslaitoksessa vastaisi sitä palkallista jatkokoulutusta, jota jokainen työnantaja joutuu nuorille insinööreille aina aluksi antamaan.

Rahallisena rasituksena ei muutaman insinöörin palkkaaminen sähköteollisuuden ja sähkölaitosten yhteisvoimin merkitse mitään. Asian järjestämiseksi tarvitaankin vain asian tärkeyden tajuamista ja sellaista suuripiirteisyyttä, että hankkeeseen osallistujat eivät jokainen kohdaltaan vaadi välitöntä hyötyä jokaisesta luovuttamastaan markasta, vaan ymmärtävät sen, että maan sähkötekniikan tason kohoaminen lopulta koituu kaikkien hyödyksi..."

Tämäkään ei tuottanut tulosta. Töitä jouduttiin tekemään yhden tutkimusinsinöörin ja yhden assistentin sekä enemmän tai vähemmän tilapäisen työvoiman turvin aina vuoteen 1962 saakka. Tällöin sai laboratorio vihdoin toisen tutkimusinsinöörin viran. Siis ensimmäiset 20 vuotta oli laboratorio oikeastaan vain neljän henkilön varassa, heistäkin osa toimi eri aikoina.

III. TYÖTÄ, PUUTETTA JA BYROKRATIAA

Muuntajaöljyjen koestukset työllistivät laboratoriota lukumääräisesti eniten ensimmäisten kymmenen vuoden aikana. Koestukset olivat pelkkää rutiinia kuten sen aikaisista aineenkoestusselostuksista voidaan todeta. Silloin mitattiin ja koestettiin kaapelimassoja, karbamidihartsilevyä, vastuslankoja, valurautaa, eristysaineita, erotintankoja, kondensaattoreita, sähkönalleja yms. Samanaikaisesti alettiin tehdä myös sähkömittareiden kalibrointeja, moottoreiden ja auton sähkölaitteiden mittauksia, kuulokojeiden ja audiometrien koestuksia ja tulipalojen tms. vaurioiden syiden selvittelyjä.

Veikkauskuponkien automaattista tarkastuslaitetta haviteltiin jo vuonna 1949. Sähköteknilliseltä laboratoriolta pyydettiin lausuntoa tarkastuslaitteesta, koska sen aikaisella tekniikalla ei pystytty toteuttamaan laitetta taloudellisesti mielekkäällä tavalla. Sen aikainen valolähteeseen ja valokennoihin perustuva tekniikka kohtasi suuria vaikeuksia. Esim. laite ei pystynyt tunnistamaan erivärisillä kynillä kuponkeihin tehtyjä merkintöjä.

Sotakorvausteollisuuden valtuuskunnalla SOTEVA:lla oli varsin suuri merkitys Suomen sähköteknillisen teollisuuden kehityksessä. Sen aikaiset tiukat vaatimukset pakottivat panostamaan tuotantotekniikkaan ja laatuun. Sotakorvauksina toimitettujen raaka-aineiden, laitteiden ja kojeiden laadusta tuli laboratoriolle useita mittaustehtäviä ja lausuntopyyntöjä. Myös kokonaan uusien tuotteiden kotimainen valmistus tuli ajankohtaiseksi. Asioita käsiteltiin esim. neuvottelutilaisuudessa 28.8.1946, jossa olivat läsnä mm. professori Paavola ja joukko teollisuusyritysten edustajia.

> ...Todettiin, että SOTEVA tulisi osaltaan tukemaan kotimaista sähköalan tuotteiden valmistusta. Tilaisuudessa selostettiin lähemmin niitä sotakorvaustoimituksia ja kotimaista käyttöä varten kipeästi tarvittavia laitteita, joita tähän saakka on ollut pakko tuoda ulkomailta, mutta joiden valmistus täällä kotimaassa olisi suotavaa.....

Laboratorion taksat "vakiotehtävistä" määrättiin tuolloin asetuksella. Tätä käytäntöä noudatettiin osittain aina 70-luvulle saakka. Asiakkaiden kannalta tämä oli selkeää; tiedettiinhän koestuksen hinta aina etukäteen. Tosin taksoituksessa tapahtui ajoittain melkoisia hyppäyksiä. Ote VTT:n vuosikertomuksesta vuodelta 1945 kertoo:

> "Asetuksella 28. päivältä kesäkuuta 1945 koroitettiin Valtion teknillisessä tutkimuslaitoksessa toimitetuista aineenkoetustehtävistä suoritettavaksi vahvistettua aineenkoetustaksaa 11. päivältä elokuuta 1922 450 prosentilla."

Oheisen 450 prosentin korotuksen rinnalla tuntuu seuraava VTT:n kiertokirjeen käsky varsin pieneltä:

> "Voimassa olevat aineenkoetustaksat nousevat Valtioneuvoston tänään tekemän päätöksen mukaisesti 50 %:lla heinäkuun 1. päivästä 1950. Korotettua taksaa sovellutetaan myös kaikkiin keskeneräisiin töihin."

Mahtoikohan ylläolevasta syntyä oikeudellisia ongelmia?

VTT:n toiminnan eräs pääperiaate on luottamuksellisuus ts. tutkimustulokset ovat tilaajan omaisuutta. Niitä ei luovuteta ulkopuolisille, jos asiasta ei ole erikseen sovittu. Laboratoriossa em. käytäntö omaksuttiin ja sitä noudatettiin hyvin tarkasti jo toiminnan alkuvaiheesta lähtien. Tämä voidaan hyvin todeta laboratorion sen aikaisesta kirjeenvaihdosta.

Sodan jälkeisenä pula-aikana oli pulaa kaikesta. Kansanhuoltoministeriöllä oli valmiita kaavakkeita useiden tuotteiden ja raaka-aineiden ostoluvan anomista varten. Esimerkiksi naulojen ostamista varten oli täytettävä kaksisivuinen rakennustarvikeanomuslomake, joka muodoltaan muistutti nykyistä veroilmoitusta. Anomuksessa oli annettava niin tarkat tiedot, että niiden perusteella selvisi, miten anotut tarvikemäärät oli laskettu. Lisäksi oli voitava tarkistaa ainemenekkiä. Piirustukset oli tarvittaessa liitettävä mukaan.

Esim. anomuksessa 14.6.1946 pyydettiin ostolupaa lankanauloille seuraavasti:

> 1/2" (1/2 kg), 3/4" (1 kg), 1" (2 kg), 1 1/2" (3 kg), 2" (4 kg) ja 3" (5 kg). Perustelu: "Aiotut lankanaulat käytetään Valtion Teknillisen Tutkimuslaitoksen sähköteknillisen laboratorion laboratoriovälineiden valmistukseen ja korjaukseen sekä tilaajille palautettavien aineenkoetusnäytteiden pakkaukseen".

Anomukseen suhtauduttiin myönteisesti ja varsin nopeasti. Ostolupaa ei kuitenkaan myönnetty näin suurille määrille, kuten arkistoidusta varastokortista ilmenee.

Melkein kaikkea piti erikseen anoa ja eri instansseista. Useita tavararyhmiä varten oli oma kaavakkeensa. Nauloja varten oli rakennustarvikeanomuslomake, mutta teräslanka kuului jo metallien osto- ja käyttölupa-anomuskaavakkeen piiriin. Joissakin tapauksissa jouduttiin

Kirje N:o 261326/III/46.KS.

KANSANHUOLTOMINISTERIÖ
Metalliteollisuustoimisto
Helsinki, 20.6.1946

Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos,
Sähköteknillinen Laboratorio
Helsinki.
Albertinkatu 40-42.

Viite: anomuksenne 14.6.1946

Asia: rautalanka

Kansanhuoltoministeriö ilmoittaa, että anomaanne
teräs
~~rauta~~lankaa ~~N:o~~ 0,3 mm Ø ei ole varastoissa.
ja 0,6 " "

Toimekseen saaneena:

Osastosihteeri *R. Ekqvist*
R. Ekqvist.

laatimaan omaperäinen pyyntö. Näihin jouduttiin turvautumaan tilattaessa esim. 2 kg trasselia ja 2 kg thinneriä. Lupa jouduttiin pyytämään myös eräälle toiminimelle AVO - yleismittarin hankkimiseksi Englannista.

10.1.1949

Valtion Lisenssitoimikunta

Helsinki

Valtion teknillinen tutkimuslaitos anoo tuontilisenssin myöntämistä toiminimelle Oy Chester Ab

1 kpl "AVO" yleismittari, malli 7

hankkimiseksi Englannista (tutkimuslaitoksen tilaus k 331/III/S.

Koska mittari monipuolisten käyttömahdollisuuksiensa takia on katsottava Sähköteknillisen laboratorion jokapäiväisessä toiminnassa välttämättömäksi, ja koska laboratoriossa on ennestään vain 1 kpl vastaavanlaisia mittareita käytettävissä, eikä niitä voida kotimaasta hankkia, pyytää tutkimuslaitos, että tuontilisenssi myönnettäisiin edellämainitussa tilauksessa mainitulle yleismittarille.

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS

Toimistosihteeri:

P. Henriksson

Vaikka anomusmenettely olikin kankeaa ja tämän päivän ihmistä hymyilyttävää, niin kansanhuoltoministeriön toimintanopeudessa ei ollut valittamista.

Melkein kaikesta tavarasta tehtiin varastokortti. Melko turhauttavaa on varmasti ollut täyttää pahvisia lappuja yksi kerrallaan mitättömiltäkin tuntuvista esineistä ja tarvikkeista. Saavutettu hyöty jää lukijan arvioitavaksi.

IV. RADIOTEKNIIKKAA JA AKUSTISIA MITTAUKSIA

Radioalan tutkimustoiminta alkoi Suomessa vasta vuoden 1945 loppupuolella. Tällöin perustettiin Puolustusvoimien aloitteesta Valtion Sähköpajan yhteyteen tutkimusosasto toimialueenaan mikroaaltotutkat ja mikroaaltolinkit eli suuntaradiot. Tämä mikroaalto-osasto toimi varsin pienissä tiloissa Albertinkadun varrella Teknillisen korkeakoulun sähkölaboratoriossa. Alkuaikoina pääasiallisena työllistäjänä oli Ilmavoimat.

Radioalan tutkimustoiminta siirrettiin 1.5.1948 VTT:n sähköteknillisen laboratorion yhteyteen vasta perustettuun radio-osastoon. Seuraavassa on ote toimintasuunnitelmasta vuodelle 1949:

> "Radio-osaston tehtävänä on ollut Ilmavoimien Esikunnan Viestiosaston antamien määrärahojen turvin perehtyä radiotutka-, suuntaradio- ja mikroaaltotekniikkaan, hankkia alan kirjallisuutta ja laboratoriomittalaitteita sekä suorittaa tarpeellisia kokeiluja. Tätä toimintaa tullaan jatkamaan tulevanakin vuonna entiseen tapaan ja se sitoo koko radio-osaston nykyisen henkilökunnan sekä käytettävissä olevat tilat"

Jo siirtovaiheessa oli olemassa periaatteellinen päätös, että radio-osasto muodostettaisiin erilliseksi laboratorioksi. Tällöin sen toimintakenttää olisi mahdollista laajentaa myös puolustusvoimien tarpeiden ulkopuolelle. Tavoitteina olivat mm. kaikkien radiota käyttävien valtion laitosten kaluston yhtenäistäminen sekä suuntaradiolinjoihin perustuvien kaukopuhelinyhteyksien aikaansaaminen. Yhteyksistä olivat kiinnostuneita mm. puolustuslaitos, posti- ja lennätinhallitus, rautatiet, voimalaitokset ja Yleisradio.

Radio-osaston johtajana toimi osaston perustamisesta lähtien Suomen ensimmäinen radioalan tohtori Jouko Pohjanpalo, /3/. Hän toimi sittemmin VTT:n teletekniikan laboratorion johtajana vuoteen 1972 saakka. Ote hänen lennokkaasta puheestaan Suomen Sähköinsinööriliiton kokouksessa vuodelta 1949:

> "Radio on sähköperheen nuorin vesa. Kuten kuopukset aina, se on raisuin ja oikukkain, mutta myös lahjakkain ja lupaavin. Radio syntyi palvelemaan ihmistä viestivälineenä, ja sillä alalla se on aina suurimmat voittonsa saavuttanut, mutta se on myöhemmin kohdistanut huomionsa myös lukemattomille muille aloille ja saavuttanut niilläkin loistavia tuloksia. Muistakaamme vain, miten radiotekniikka ja siitä haarautunut elektroniikka ovat vaikuttaneet merenkulkuun, lentoliikenteeseen, lääketieteeseen, atomitutkimukseen, akustisiin rakenteisiin, elokuviin, kaikkien alojen mittausmenetelmiin ja laitteisiin, moniin teollisuuden aloihin jne. Radiotekniikka ja elektroniikka ovat avanneet mahdollisuudet lukemattomien vaikeiden probleemien ratkaisulle ja yhä uusia sovellutuksia löytyy jatkuvasti. Tämä tekniikka elää siten jatkuvan ja yhä paisuvan kehityksen kautta, jossa ei voida vielä nähdä mitään rajoja."

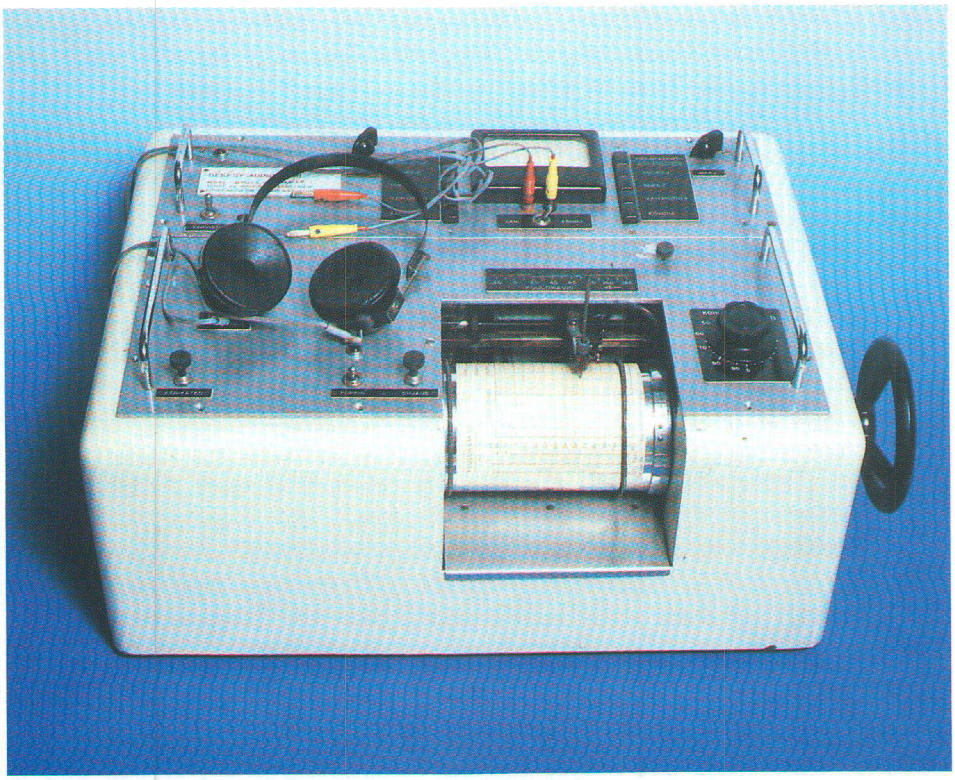
Radio-osaston alkuvuosien työnä rakennettiin ensimmäinen mikroaaltoalueella toimiva radiolinkki. Linkki toteutettiin putkitekniikalla, joten laitteesta tuli erittäin suuri ja se kulutti paljon virtaa. Lisenssivaikeudet haittasivat laitteiden hankintaa ja toiminnan alkuaikoina oli varsin suuri osa mittalaitteista tehtävä itse. Mm. vuoden 1948 aikana

saatiin rakennetuksi tärkeimmät 9 ja 10 cm aalloilla tarvittavat mittalaitteet, seisovien aaltojen indikaattorit, aaltomittarit, kalorimetrit ja impedanssimuuntajat. Tutkan koekappale valmistui vuosina 1950 - 1951. Puolustusvoimat päätti kokeilujen jälkeen hankkia ilmavalvontaan sopivan tutkakaluston. Tutkalla ei pystytty määrittämään koneiden lentokorkeutta.

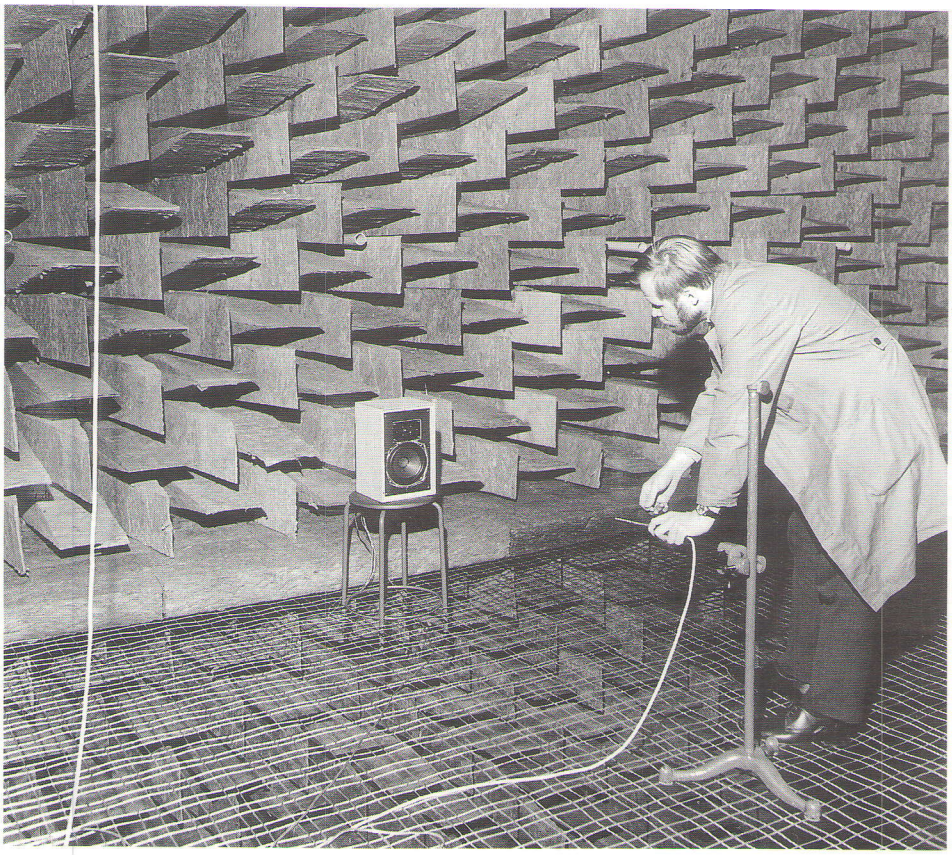
Radio-osasto sai lisätilaa vuoden 1950 syksyllä, kun Albertinkadun laboratoriorakennusta korotettiin yhdellä kerroksella. Henkilökunnan määrä oli silloin 15 henkeä. Kuitenkin vakanssipula näkyi varsin selvästi. Radio-osastossa oli vuonna 1952 kaikkiaan 12 henkilöä, mutta ei yhtään peruspalkkaista, vakinaista virkaa.

Radio-osasto irtaantui itsenäiseksi yksiköksi Sähköteknillisestä laboratoriosta vuonna 1953 ja varsinaiseksi omaksi laboratorioksi vuonna 1956. Tänä päivänä laboratorio tunnetaan Teletekniikan laboratoriona ja on eräs VTT:n suurimmista laboratorioista.

Sähkötekniikan laboratoriossa tehtiin myös akustiikan alaan liittyviä töitä. Ensimmäisinä tehtävinä olivat kuulokyvyn mittaukset ja siihen tarvittavien mittalaitteiden kehittely. Työskentely alkoi jo vuonna 1951, jolloin silloinen diplomi-insinööri, nykyinen tekniikan tohtori Eero Lampio tuli avustamaan laboratoriota tarpeen mukaan.



Laboratorion työpajassa Turun Yliopiston Korvaklinikalle rakennettu Bekesy-audiometri. Laite valmistui vuonna 1954 ja sen suunnitteli TkT Lampio.



Esko Saukkonen mittaamassa akustiikan laboratorion uudessa mittaushuoneessa.

Varsinaista akustiikan alaan liittyvää tutkimustoimintaa ei laboratoriossa tehty. Yleensä toimeksiannot olivat pienimuotoisia kuulokojeiden, kaiuttimien, mikrofonien ja melumittareiden mittauksia sekä kalibrointeja. Mittaukset tehtiin tilapäisvoimin. Työmäärä kasvoi 60-luvun puolessa välissä, kun alettiin kiinnittämään huomiota kouluissa käytettyjen audiovisuaalisten opetusvälineiden huonoon laatuun ja kirjavuuteen. Laboratorio osallistui näille laitteille asetettavien vaatimusten ja mittausmenetelmien määrittämiseen ja teki myös käytännön mittaukset. Ensimmäisinä laitteina olivat nauhurit, mutta sittemmin myös äänielokuvaprojektorit ja kielistudiot kuuluivat testauksen piiriin.

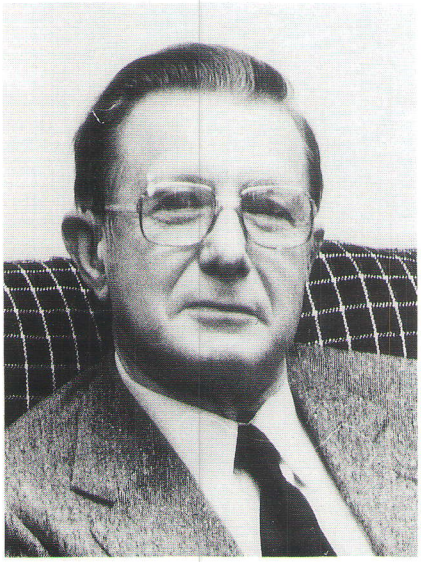
Akustiikan toiminta sai teknisesti korkeatasoiset tilat, kun TKK:n akustiikan laboratorio ja sen korkealuokkaiset mittaushuoneet valmistuivat vuonna 1970. VTT:n sähkötekniikan laboratorio sai silloin päätoimisen akustikon ja eri sopimuksella mainittujen tilojen käyttöoikeuden.

Akustiikan tehtäviä olivat mm. osallistuminen kansalliseen ja kansainväliseen standardointiin, kotimaisten kaiutinkaappien tuotekehittely, osallistuminen liikennemelualueiden kartoitukseen, puhelinkoppien rakenteen kehittely, akustisten absorptioaineiden mittaukset ja kuulonsuojaimien mittaukset.

Myös akustiikan alan toiminta siirtyi VTT:n Teletekniikan laboratorioon vuonna 1977.

V. DISKUSSION HANS BLOMBERG OCH BJÖRN WAHLSTRÖM

Björn Wahlström: *Kan du berätta om hur du egentligen kom till VTT och hurudant det var då?*



Hans Blomberg

Hans Blomberg: När jag blev klar från högskolan berättade Martti Paavola om det här jobbet på VTT. Samtidigt tyckte han dock att jag skulle vara ett halvt år på Strömberg för praktikens skull, så det var först 1944 som jag började. Laboratoriet var ett av de laboratorier som grundades 1942, men jag vet ingenting om vad som hände innan jag började. Jag var den första heltidsanställda, Martti Laurila jobbade visserligen redan på laboratoriet, men han var deltidsanställd och han skötte små saker i källaren på kvällarna. Paavola var laboratoriechef och hans tjänst på VTT var på deltid. Han skötte den som en bisyssla vid sidan av sin professur på Tekniska högskolan. Han slutade 1961 i och med att han blev pensionerad och då övertog jag hans jobb. Jag fortsatte ända tills chefsposten blev inrättad på heltid 1973 och då var det Pekka Salminen som tog över.

Hur var det att jobba på VTT då i början?

Riktigt i början var nog lönen liten så det gällde att vända på slantarna. Efterkrigsåren var ju svåra, både ekonomiskt och på annat sätt. Det blev bättre, men det tog sin tid.

Byråkratin var förskräcklig i början. Man måste anhålla från ministeriet för att få köpa minsta lilla mängd trassel och för att köpa en vanlig AVO-meter måste man först få en importlicens. Bristerna gjorde ju å andra sidan att man blev mera uppfinningsrik.

Vad sysslade du med när du kom?

Det var den gamla materialprovningsverksamheten som hade varit igång på högskolan sedan 20-talet. Vi undersökte de elektriska egenskaperna hos olika material såsom ledningsförmåga och genomslagshållfasthet. Snart började det också komma magnetiska material att undersöka. Vi mätte keramiska material och deras isoleringsförmåga vid olika temperaturer. Det gjordes så att vi hade speciella provstycken som fabrikerna göt åt oss. Vi hade en ugn som vi hettade upp våra provstycken med. Det var egentligen ganska skojiga mätningar, eftersom porslinet blir nästan ledande vid höga temperaturer. Vi sysslade också med belysning och ljusmätningar. Armaturfabrikerna ville ha ljusfördelningskurvor. Högspänningsområdet gjorde vi inte mycket på, eftersom vi inte hade vidare bra utrustning. På Albertsgatan kunde vi komma upp till 100 kV, men det blev ju bättre när högskolan flyttade till Otnäs. Efter det vi fått en mekaniker började verksam-

heten leva upp rätt kraftigt, Ensio Wikström anställdes i ett ganska tidigt skede som assistent med sysselsättningsanslag. Efter det var det långa tider bara vi tre som arbetade tillsammans.

En verksamhet som blev rätt omfattande var provning av små motorer. Industrin började tillverka verktygsmotorer och sånt, och alla måste provköras. Utöver motorerna hade vi transformatorer, likriktare, osv. Forskningsverksamheten var det egentligen inte så mycket med då ännu. Det var de magnetiska mätningarna som visade att vi var ganska dåligt utrustade. Vi hade en hel del problem när krigsskadeståndsindustrin skulle leverera de s.k. guldskonarna. De skulle vara helt omagnetiska och gjordes därför av trä, men axlar och sånt måste göras i metall. Problemet var då att lyckas få också dessa omagnetiska, /2/.

Din egen doktorsavhandling gick ut på att mäta egenskaperna hos järn, eller hur? Du byggde en fluxmeter dvs. en mätare som mäter integralen av en elektrisk spänningspuls?

De magnetiska mätningarna gav impulsen dels till min egen doktorsavhandling om en extra känslig fluxmeter och dels till ferrometern där idén egentligen kom från Strömberg. Fluxmetern blev bra men ferrometern blev aldrig lika bra. Av ferrometern gjorde vi två exemplar, ett för Strömberg och en förbättrad version som vi höll själva. Det att inte ferrometern blev så bra som vi hade hoppats berodde på att egenskaperna hos plåten varierade mycket från plats till plats, valsriktningen inverkar och också hur man stansar ut biten. Det var inte i onödan som VDE hade bestämt att ett test skulle göras på 10 kg järn. Hela idén var litet orealistisk, men vi lärde oss mycket, bl.a. att bygga återkopplade elektronrörsförstärkare och den vägen blev vi också intresserade av reglertekniken.

Vid byggandet av ferrometern hade jag Erkki Lukkaroinen som hjälp, och när Pauli Karttunen kom blev också han inkopplad. Vi kom inte alltid ihåg precis hur vi hade byggt, och Karttunen fick i uppdrag att göra ett schema över den färdigställda andra versionen av apparaten, vilket minsann inte var så lätt gjort. Med tålamod och kunnighet lyckades han dock bra med uppgiften. Karttunen och jag publicerade en artikel om ferrometern i en ansedd engelsk tidskrift. Jag försökte också bjuda ut konstruktionen till en instrumentföretag i Schweiz, men de var inte intresserade.

Hur fungerade fluxmetern egentligen?

Instrumentet fungerade enligt en återkopplingsprincip. Den inkommande pulsen - vanligen alstrad av en ändring i magnetflödet genom en lämplig mätspole - kompenserades först med en snabb men inte så noggrann puls från en ömsesidig induktans, och därefter med en långsammare men noggrannare puls från en vridspole i ett permanentmagnetfält. Som nollinstrument fungerade ett känsligt vridspoleinstrument. Detta måste stå alldeles rakt, det var svårt att trimma in apparaturen och den var känslig för allehanda störningar. Den första versionen vi byggde var helt omöjlig. Vibrationer från omgivningen kom in framför ett trögt element och störde således hela instrumentet. Vi måste göra om alltsammans och innan jag hittade på hur det skulle göras funderade jag faktiskt på mätaren under ett helt år.

Var det något som du måste räkna igenom flera gånger innan du fick det att fungera?

Ferrometern byggdes i två exemplar. Den blev inte så bra som ursprungligen planerats för att egenskaperna hos transformatorplåt varierar med platsen. Den vägen blev man intresserad av återkopplade elektronrörsförstärkare och reglerteknik.

Det var inte så mycket att räkna, mera ett tekniskt problem. I ett instrument som integrerar råkar man ut för drift. Till slut lyckades vi till och med mycket bra. När mätaren var topptrimmad kom man nära de fysikaliska gränserna i noggrannheten.

Pekka Salminen nämnde också att apparaten tagits i beaktande genom att man byggt en pelare som går ner till urberget här i Otnäs.

Jo det stämmer. Mätaren var mycket känslig för vibrationer, och därför byggdes pelaren som skulle tjäna som ett fundament för den. Mätaren blev monterad, men kom väl knappast i användning. Det kom nämligen helt elektroniska instrument som ersatte den. Men vi hade nog själva nytta av att bygga mätaren. För att få axlarna i guldskonarna

omagnetiska gjorde vi ett stort antal mätningar. Vi byggde stora spolar som kunde balanseras. När man satt ett metallstycke som var magnetiskt i den ena spolen fick man genast utslag. Apparaturen var fantastiskt känslig. Tyvärr visste vi inte exakt vad som behövdes. Ryssarna ville bara ha det så bra som möjligt och de godkände bara det som inte gav något som helst utslag. Det tog lång tid att utveckla en legering som var helt omagnetisk. Efteråt harmade det oss när vi märkte att de omagnetiska axlarna troligen hade kunnat tillverkas lättare och billigare om inte instrumentet varit så känsligt. Ryssarna hade inte satt någon gräns för materialets magnetiska permeabilitet, men det visste vi inte då.

Berätta nu något som du speciellt kommer ihåg.

Det var ju litet oroliga tider då efter kriget. Jag minns en gång när det utbrutit en brand på en fabrik i Kajana och man påstod att det varit sabotage. Vi var där tre personer, med mig hade jag Harry Björk och en herre från kriminalpolisen, han hette visst Kalajoki. Det var fabriken som ville ha ett utlåtande. Vi flög dit med ett litet plan, en Beechcraft och det var min första flygtur. Planet föreföll att ha sett sina bästa dagar, så innan vi startade bad vi om att få fallskärmar, men sådana gavs inte åt civila enligt piloten. Jag fick sitta på mekanikerns plats eftersom planet endast kunde ta två passagerare. Det blev därför mitt jobb att pumpa bensin upp till matartankarna. I kabinen fanns det en flottör i ett mätglas och man skulle hålla ett öga på den och se till att motorn fick bensin. Jag märkte inte först att det fanns två sådana mätglas. När min flottör började dala så började jag pumpa. Till en början hjälpte det men snart dalade flottören hur mycket jag än pumpade. Till slut blev jag riktigt nervös. Man kunde inte prata för oljudets skull så jag petade piloten i axeln och pekade hjälplöst på min bottenlandade flottör. Han pekade då på den andra flottören, där var kulan i topp så det var ingen fara. När vi kom fram visade det sig att branden omöjligt kunde ha varit sabotage. Den hade börjat på en plats som man inte kom åt och orsaken var en elektrisk ledning som hade brustit troligen som en följd av vibrationer med åtföljande materialtrötthet. Om någon hade suttit i timtal och böjt den fram och tillbaka så hade den kanske gått av. Det var helt enkelt gnistbildning i brottet som hade tänt på det trädamm hela platsen var full av. "Sabotageincidenten" uppmärksammades t.o.m. i dagspressen!

En annan episod som jag kommer ihåg var att vi hade gjort mätningar på en motor som inte visade sig uppfylla det som stod på märkplåten. Beställaren av mätningarna var mycket missnöjd med att vi inte ville godkänna motorn och frågade varför. Vi förklarade att effekten inte stämde dvs. den gav inte tillräckligt med watt. Han grävde då fram sin plånbok och frågade vad de felande watten skulle kosta.

Utöver provningsverksamheten så gjorde ni väl också produktutvecklingsarbete för industrin?

Jo det stämmer. Vi hjälpte bl.a. till med att bygga ett don som räknade elektriskt ledande punkter i pappersbanan på en pappersmaskin. Det var Tervakoski som behövde en sådan när de tillverkade kondensatorpapper. Donet hade ursprungligen konstruerats och byggts av vår tidigare mekaniker Eino Selander som flyttat över från oss till Tervakoski. Han hade svårigheter med att få det hela att fungera och vi hjälpte till med att fullborda

jobbet. Donet blev en stor framgång och Selander byggde sedan flera exemplar av det åt Tervakoski.

Timo Kuusisto var en av de personer som kom till laboratoriet ganska tidigt. Jag hade senare mycket kontakt med honom när vi byggde Damatic systemet för Valmet.

Vi var en liten grupp som jobbade på att förbättra driften av pappersmaskiner. Gruppen förfogade över en del stipendiemedel som ställts till förfogande av Strömberg. Kuusisto var en av medlemmarna i gruppen. Kuusisto liksom de andra gruppmedlemmarna satt och räknade, men fick inte tillräcklig kontakt med praktiken. Det var väl så att Strömberg inte heller visste helt vart de ville komma. Vi kunde inte hitta något bra sätt att angripa problemen.

Du flyttade sedan 1956 till högskolan när den svenskspråkiga professuren i teoretisk elektroteknik blev ledig, eller hur?

Nej det gick ju faktiskt litet annorlunda till. Det började med att Viljo Ylöstalo slutade och hans professur delades upp i teoretisk elektroteknik och radioteknik. Både jag och Erkki Voipio sökte professuren och jag fick den. Då innehade Svante v. Zweygbergk den svenskspråkiga parallellprofessuren i allmän elektroteknik men han flyttade i samma veva till Göteborg, så hans professur blev också ledig och söktes av både Voipio och mig. Men vi kom med Voipio överens om att han drog tillbaka sin ansökan och i stället sökte den finskspråkiga som sen blev ledig. Genom att vi gjorde det så snabbt fick vi allting skött på en gång, det behövdes inga nya sakkunnigutlåtanden osv. När jag sökte den svenskspråkiga professuren kom jag överens med avdelningen om att jag skulle få komponera innehållet i föreläsningarna relativt fritt.

Det var då du valde att specialisera dig på reglerteknik?

Det stämmer. Jag hade ju blivit intresserad av reglertekniska frågor redan i samband med min avhandling och gjort en del med en sådan anknytning på VTT. Jag tog upp en del nya saker i mina föreläsningar. Voipio föreläste sedan i teoretisk elektroteknik så min kurs var olika den som gavs på finska. Det hade ju varit onödigt att ta upp exakt samma saker som i den finska kursen. Jag höll på med reglerteknik ända tills det grundades en ny professur och Antti Niemi kom. Då ändrades mitt ämne till systemteori. Med tiden blev systemteorin ganska abstrakt, så jag tyckte inte att inriktningen skulle fortsätta när jag slutade. Dessutom hade ju Raimo Hämäläinen tagit upp en del av systemteorin i sina kurser. När Hans Andersin övertog min professur blev den mera praktiskt inriktad på industriella problem.

Du och dina assistenter var dock också inblandade i en del praktiska tillämpningar av systemteori.

Det mest praktiska vi var inkopplade på var vattenhanteringen i olika typer av avloppssystem. Vi hade en arbetsgrupp tillsammans med folk från universitetet. Vi tänkte det skulle komma fram lämpliga ämnen för avhandlingar, men det lyckades inte helt. Kim Pingoud och några andra jobbade herrans många år utan att få något färdigt. Alla blev till slut ganska missnöjda och jag fick väl skulden, men vi hade ett seminarium med hela

gruppen och sen blev det bättre fart på dem. Numera har visst allihop doktorerat.

Vilken kontakt hade du under högskoletiden med VTT?

Faktiskt inte så mycket. När Paavola blev pensionerad och lämnade chefsskapet så övertog jag det och då blev det naturligtvis mycket mera. När sen Pekka Salminen tog över blev det igen mindre. Jag deltog visserligen i er rådgivande nämnd till en början som medlem och senare som ordförande.

Hade du någon kontakt med radioavdelningen när den var en del av laboratoriet?

Radioavdelningen i laboratoriet grundades i slutet av 40-talet för att utveckla radarapparatur. Det var Jouko Pohjanpalo som var ansvarig för den verksamheten. Avdelningen hade en väldigt låg profil utåt för de sysslade mycket med radarapparatur för försvarsmakten. Det enda som jag var inkopplad på och vi gjorde tillsammans var i samband med anskaffningen av torpedbåtar till Finland. Försvarsmakten hade fått offerter på eldledningssystem och radarapparatur och vi funderade i en arbetsgrupp på hur jobbet skulle skötas.

Vår kontakt startade ju med att jag gjorde mitt diplomarbete för dig. Därefter jobbade jag som din assistent i nära tre år. Den tiden hade jag hand om IBM-1710 maskinen som högskolan fick som en donation.

Jo det stämmer. Maskinen ordnade väl Olli Lokki åt oss och det var meningen att vi skulle ta över en del av datorundervisningen och övningsarbetena på el-avdelningen. Maskinen användes ju också för en del arbeten på VTT. Då hade vi faktiskt ett bra samarbete med VTT som byggde en del hårdvara för IBM-maskinen så att den kunde användas i undervisningen för att digitalt styra olika processer.

En vändpunkt för laboratoriet var nog hybridmaskinen och det arbete vi gjorde inom kärnkraftområdet. Jag kommer ihåg att det var en del diskussioner om huruvida det var vettigt att köpa en sån i stället för en vanlig digitalmaskin.

När kärnkraftverket skulle börja byggas satt jag med i en kommitté tillsammans med bl.a. Kalevi Numminen och Erkki Laurila. Det rådde nog delade meningar om hybridmaskinen. Men digitalmaskinerna var mycket långsamma då, så integratorerna blev ohanterliga. Det är ju naturligtvis besvärligt att programmera samarbetet mellan analogi- och digitaldel men jag tror nog maskinen fyllde sitt ändamål den tid den var i användning. Olli Ristaniemi som då var laboratorieingenjör var intresserad av maskinen och ansvarade för de kurser och laboratoriearbeten som gjordes med den.

Många av dina elever har också fortsatt på VTT. De som fortfarande är kvar är förutom jag själv Martin Ollus, Jukka Ranta och Juhani Hirvonen. Andra som varit anställda en längre tid är bl.a. Pekka Salminen, Raimo Ylinen, Juhani Timonen.

Ylinen och Ollus var intresserade av industriella tillämpningar. Vi hade inte så många elever då, kanske 20, men licentiatseminarierna drog alltid ganska mycket folk. Med tiden blev det många licentiat- och doktorsavhandlingar som gjordes i systemteori.

Du har nog haft stort inflytande på hur automationen utvecklat sig i Finland. Många av dina elever har på olika poster hjälpt till med att styra utvecklingen.

Ja, det är ju faktiskt många professorer och biträdande professorer såsom Pekka Salminen, Sampo Ruuth, Boris Segerståhl, Jyrki Sinervo, Aarne Halme, Jukka Ranta, Raimo Hämäläinen och naturligtvis du själv förstås, som varit mina elever.

Hur ser du på internationellt samarbete? Själv har du kanske haft mera internationella än nordiska kontakter?

Vi hade ganska litet internationella kontakter på den tiden jag var på VTT. Det var ju svårt med pengar. Via VTT var jag på ASEA ett halvt år, i Ludvika och Västerås. Jag fick hålla tjänstledigt med lön, det var mycket gentilt. Jag fick mycket impulser och märkte också att det kanske inte var så förfärligt märkvärdigt utomlands. Jag deltog i några symposier och så hade vi en del gäster här, men annars var det inte så mycket. De nordiska kontakterna var på ett personligt plan, men de ledde inte till något mera konkret. Det var allmän penningbrist och det var inte så många utlänningar som kom till Finland och föreläste. Senare så hade vi ju nog ett antal av de internationellt kända personerna här, såsom Lotfi Zadeh, R.E. Kalman och Howard H. Rosenbrock. Det internationella samarbetet har nog tagit fart först senare.

Hur ser du nu så här efteråt på din tid på VTT och högskolan?

Det har varit ett mycket givande arbete. Uppgifterna jag fick bidrog till att jag faktiskt stannade på en forskarbana. Uppgifterna utvecklade mig och jag hade en möjlighet att själv påverka vad som hände. Den vägen har jag väl också bidragit till vad laboratoriet är nu.

Såhär efteråt vill jag med alldeles speciell värme och tacksamhet minnas Paavola för allt det han gjorde för mig under min tid på VTT. Det var mycket hans ständiga uppmuntran och stöd som fick mig och även de andra på laboratoriet att prestera vårt bästa under ofta besvärliga förhållanden. Tack vare Paavolas framsynthet lyckades vi t.o.m. ge laboratoriet en viss vetenskaplig image.

VI. ALBERTINKADULTA OTANIEMEEN JA SÄHKÖTALOON

VTT:n sähköteknillisen laboratorion sijoittaminen Teknillisen korkeakoulun yhteyteen Helsinkiin oli tilapäinen ratkaisu. Otaniemeen muutto oli ensimmäisen kerran esillä laboratorion neuvottelukunnan kokouksessa 12.3.1949. Asia ei kuitenkaan kovin pikaisesti edennyt. Kolmen vuoden kuluttua vuonna 1952 kuuli neuvottelukunta, että "suunnitelmat ovat tekeillä Otaniemeä varten".

Pekka Salminen kävi talon esisuunnitteluvaiheessa esittelemässä laboratorion tilantarpeita VTT:n korkeimmalle päättävälle elimelle, istunnolle. Hän esitti, että laboratorio tarvitsee tilat 16 hengelle. Istunto piti esitystä liian suurena laboratorion silloisen henkilömäärän suhteen. Lopulta hänen esitykseensä suostuttiin keskustelujen jälkeen, kun Salminen oli riittävästi perustellut laboratorion tilantarpeet. Heinäkuun puolessa välissä vuonna 1969

Laboratorion pääsisäänkäynti osoitteessa Otakaari 5I.

päästiin vihdoin muuttamaan Teknillisen korkeakoulun sähköosaston rakennuksen I-siipeen. Henkilömäärä oli silloin yhdeksän ja uudet, valoisat tilat tuntuivat aluksi ruhtinaallisilta verrattuina Albertinkadun pimeisiin huoneisiin ja puutteelliseen varustukseen. Jokainen sai oman työhuoneen ja laboratoriotilaa oli runsaasti. Kokonaispinta-alaa oli n. 900 m^2 ja lisäksi oli TKK:n kanssa yhteiskäytössä tiloja akustiikan, suurjännitetekniikan, valaistustekniikan ja systeemiteorian laboratorioissa.

Tilanahtaus alkoi kuitenkin jälleen tuntua muutaman vuoden kuluttua muuttamisesta. Osia laboratorion toiminnasta jouduttiin jo 70-luvun alkuvuosina sijoittamaan aluksi korkeakoululta lainattuihin tiloihin. Laboratorion luotettavuusryhmä, nykyinen luotettavuustekniikan jaosto toimi korkeakoulun tiloissa, ja hybridikone oli sijoitettu TKK:n systeemiteorian laboratorion tiloihin. Myöhemmässä vaiheessa tiloja jouduttiin vuokraamaan kauempaakin, ja luotettavuustekniikan jaosto oli sijoitettuna ensin Servin Mökin tiloihin Otaniemessä ja 1980-luvulla kahdessa eri paikassa Tapiolan keskustassa. Vähän ennen uusien omien tilojen saantia myös osa automaatiotekniikan jaostoa siirrettiin Otaniemen entisen lasten päiväkodin tiloihin Servinkujalle.

Sähkötalo 1:n suunnittelu oli alkanut 70-luvun alkupuolella, ja rakennuksen ensimmäinen perustamis- ja esisuunnitelma on päivätty 24.10.1975. Talon suunniteltu laajuus oli 10 000 m^2. Talo oli alunperin tarkoitettu Teletekniikan ja Ydinvoimatekniikan laboratorioiden käyttöön. Rakennuspaikka oli osoitettu Tietotieltä Laivatekniikan korttelissa. Tuolloin Sähkötekniikan laboratoriossa esiselvitysvaiheessa mukana ollutta Loviisan ydinvoimalaitoksen koulutussimulaattoria varten taloon oli varattu 550 m^2 tilaa. Vuonna 1976 selvisi, että simulaattori kuitenkin sijoitettaisiin laitospaikalle Loviisaan, ja 4.1.1977 päätettiin, että simulaattorilta vapautuvat Sähkötalo 1:n tilat luovutetaan automaatiotekniikan jaoston käyttöön.

Valtion tiukka rahatilanne kuitenkin aiheutti sen, että syksyllä 1977 talo päätettiin pienentää 8 000 m^2:iin, ja ensimmäisen tiedon mukaan Sähkötekniikan laboratorio jätettiin kokonaan pois hankkeesta. Kabinettikeskustelujen jälkeen päädyttiin 12.9.1977 siihen, että laboratorio saisi pienen (225 m^2) tilan talosta. Tila oli kuitenkin niin pieni, että automaatiotekniikan jaosto ei olisi kokonaan mahtunut ko. tilaan. Taloon päätettiin sijoittaa luotettavuustekniikan jaosto sekä osa energiatekniikan jaostoa. Samalla myös VTT:n Puolijohdetekniikan laboratorio, jossa juuri oli alkanut ensimmäinen kansallinen puolijohdetekniikan tutkimusohjelma, tuli mukaan hankkeeseen 650 m^2:n osuudella. Uusi perustamissuunnitelma valmistui 20.2.1978, ja siinä laboratoriolle oli osoitettu tilaa yhteensä 250 m^2. Rakennusasiain neuvottelukunta (RANK) puolsi hankkeen toteuttamista huhtikuussa 1978, ja esisuunnitelman teko aloitettiin välittömästi. Esisuunnitelma valmistui 4.10.1978, mutta RANK hylkäsi sen marraskuussa. Hylkäämisen jälkeen VTT teki välittömästi uuden esityksen vain vähän korjatun esisuunnitelman pohjalta.

Keväällä 1979 Yhdysvalloissa tapahtunut Three Mile Islandin ydinvoimalaonnettomuus saattoi koko ydinvoimatekniikan Suomessa huonoon valoon. Tällöin päätettiin, että Ydinvoimatekniikan laboratorion (YDI) tilahankkeella ei ole etenemismahdollisuuksia valtion hallinnossa. YDI:ltä vapautuneet tilat, yhteensä 1 105 m^2 päätettiin luovuttaa Sähkötekniikan laboratoriolle. Samassa yhteydessä päätettiin siirtää rakennuspaikka TKK:n sähköosaston kortteliin laboratorion muiden tilojen naapuriin. Rakennushallitus antoi ohjeen, että Sähkötekniikan laboratorion TKK:lta lainaamia tiloja ei saa palauttaa

Maaliskuussa vuonna 1985 laboratorio muutti uusiin tiloihin osoitteessa Otakaari 7B. Vanhat tilat osoitteessa Otakaari 5I säilyivät laboratorion käytössä. Kuvassa näkymä ilmasta uudesta ja vanhasta rakennuskompleksista.

TKK:lle. Näillä ehdoilla tehty korjattu perustamissuunnitelma, jossa laboratoriolle oli varattu tilaa kaikkiaan 1 355 m^2 valmistuu 1.10.1978. RANK hyväksyi suunnitelman 10.12.1978 ja pyysi tekemään esisuunnitelman sekä esitti selvitettäväksi lainatilojen palauttamisen TKK:lle. Rakennushallitus edellytti syksyllä 1980, että kaikki lainatilat on palautettava ja nosti niiden korvaukseksi laboratorion tilavarauksen lopulliseen arvoonsa, 1 670 m^2 hyötyalaa. Kauppa- ja teollisuusministeriö vahvisti esisuunnitelman 19.11.80, ja varsinainen rakennussuunnittelu saattoi alkaa. Korkeakoulu seurasi kateellisena hankkeen etenemistä ja toimitti keväällä 1981 opetusministeriöön oman perustamis- ja esisuunnitelmansa. Suunnitelmassa korkeakoulu esitti taloa laajennettavaksi elektronifysiikan laboratorion tiloilla. Perusteena esitettiin, että TKK:n elektronifysiikka ja VTT:n puolijohdetekniikka ovat aina toimineet kiinteässä yhteistyössä. Lisäksi rakennuskorttelin rakennusoikeutta jäisi käyttämättä 930 m^2. Määrä olisi niin pieni, että sen toteuttaminen myöhemmin erillisenä hankkeena lisäisi kustannuksia kohtuuttomasti. TKK:n lisäyksen eteneminen näytti aluksi epätodennäköiseltä. Sähkötalon suunnittelu eteni omaa vauhtiaan ja ensimmäiset luonnospiirustukset hyväksyttiin 19.5.1981. Kesäkuussa TKK:n esitys kuitenkin hyväksyttiin. Samassa yhteydessä Puolijohdetekniikan laboratorion suunnitelmiin hyväksyttiin muutos, jossa puhdastilaa lisättäisiin. Näin talo sai vihdoin lopullisen muotonsa, ja toteutusprojekti pääsi täyteen vauhtiin yli kuuden vuoden valmistelujen jälkeen. Sähkötalo

1:n rakennushanke on hyvä esimerkki siitä, kuinka hitaasti "valtion myllyt jauhavat", ja kuinka monta kertaa asiat pitää kääntää ylösalaisin ja umpisolmuun ennenkuin valmista syntyy.

Sähkötalo 1 valmistui vuonna 1985 ja osoittautui heti valmistuttuaan ahtaaksi. Talon suunnittelu oli aloitettu vaiheessa, jolloin laboratoriossa oli 16 henkilöä, ja kun päästiin vuonna 1985 muuttamaan, oli laboratoriossa yli 90 henkilöä. Talossa sijaitsevien kolmen VTT:n laboratorion kesken käytiin sisäisiä pohdintoja ahtauden tasaamiseksi. Samoihin aikoihin myös alettiin VTT:n sisällä käydä ensimmäisiä keskusteluja Sähkötalo 2:n sisällyttämisestä VTT:n pitkän tähtäyksen suunnitelmiin. Vuoden 1991 lopulla selvisi, että Sähkötalo 2:een tulee tiloja ainoastaan Puolijohdelaboratoriolle.

Laboratorion henkilökuntaa vuonna 1988.

VII. HENKILÖKUNTA MUISTELEE

Ensio Wikström

Ensio Wikström on laboratorion historiassa pisimpään palvellut toimihenkilö. Hän aloitti työskentelyn laboratoriossa 7.3.1945 ja jäi täysinpalvelleena eläkkeelle karkauspäivänä 29.2.1980. Näin Ensio muistelee VTT:n aikaansa:

Olin valmistunut insinööriksi Tekniska Läroverketista ja oli ennen sotaa töissä AEG:lla muutaman kuukauden. Kun palasin sodasta, sain ilokseni tietää, että firma oli maksanut minulle osapalkkaa koko sodan ajalta. Tiedon tästä VTT:n paikasta sain armeijasta tultuani.

Tullessani laboratorion palvelukseen ei tuttavallisuus ollut sellaista kuin nyt. Kesti muutaman vuoden, ennenkuin kaikki sinuttelivat toisiaan. Ylitöitä jouduttiin alkuvuosina tekemään melkoisesti ilman mitään ylityökorvauksia. Yötöistä pidettiin vapaapäiviä, jos tilanne sen salli.

Sotakorvausteollisuuden valtuuskunnan SOTEVA:n aikaisista tapahtumista on erityisesti jäänyt mieleeni erään laivan pääakselin magneettisuuden tai oikeammin magneetittomuuden mittaus Pansiossa laivateollisuus Oy:n telakalla. Arvovaltainen valtuuskunta oli seuraamassa, kun traktori veti kuuden metrin pituista, halkaisijaltaan parikymmensenttistä akselia kelan läpi ja viisari ei värähtänytkään. Arvovaltaisen vierasjoukon keskuudessa heräsi epäilys, että laitteet eivät toimi, jolloin otin neulan ja tökkäsin sen kelan sisälle. Osoitin meni heti tappiin.

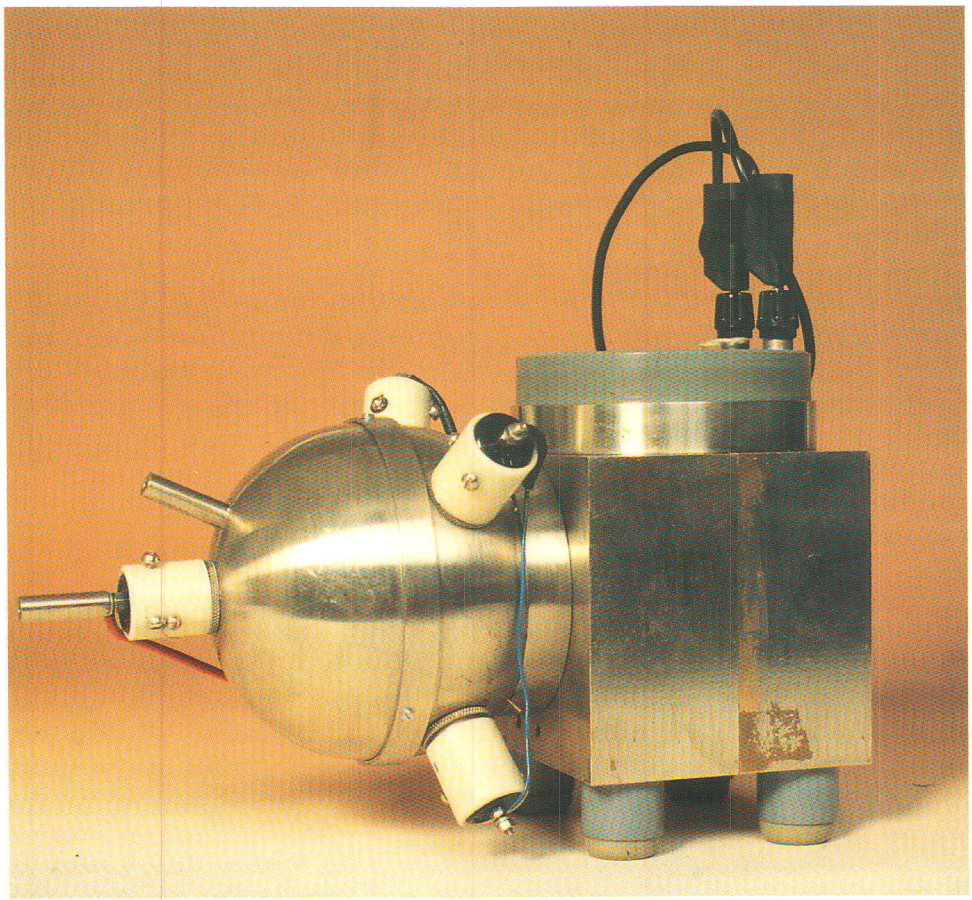
Alkuvuosina oli suurena riesana juosta tarkkojen laitteiden kanssa ympäri Suomea. Silloin oli yleisessä tiedossa postin ja rautateiden tapa käsitellä tavaroita. Ainoa mahdollisuus oli kuljettaa ne itse mukanaan. Takseja ei useimmiten ollut tai saatu, liikenneyhteydet olivat kehnoja ja tiet joskus melkein karjapolkuja. Kuljeta siinä sitten useita herkkiä mittalaitteita!

Nalli- ja joidenkin suurjännitekoestusten takia jouduttiin usein kutsumaan paikalle palokunta tai pyytämään räjäytyslupaa poliisilaitokselta.

Muuntajaöljynäytteitä olen koestanut tuhansia parinkymmenen ensimmäisen vuoden aikana. Vuodessa saattoi tulla näytepulloja yli sata. Muuntajaöljyistä tulee mieleeni yksi huvittava ikiteekkari joskus sotien jälkeen. Hän oli harjoittelijan vakanssilla vai oliko vakituinen. Ikiteekkari oli hyvin tarkka kaikkien muodollisuuksien ja huolellisten mittausjärjestelyjen suhteen. Mutta Blombergia ja minua nauratti, kun hän paasasi huolellisuudesta avonaisen muuntajaöljyn koestusnäytteen yläpuolella piippu suussa ja perskat tippuivat näytteeseen. Samalle ikiteekkarille sattui useampia "hauskoja" tapahtumia. Kerran hän oli ollut mittaamassa parisen viikkoa vertailulamppua ja vihdoin saanut työnsä päätökseen. "Se on nyt täydellisesti mitattu ja tätä voidaan sitten käyttää missä vain. Lamppua sietää käsitellä varovasti", selitti hän Albertinkadun pimeässä valomittaushuoneessa irrottaessaan lamppua koepaikasta. Ja tietysti se lamppu putosi ja hajosi.

50-luvulla tilanne ikäänkuin vakiintui uomiinsa. Professori Paavola johti laboratoriota sivutoimenaan eikä puuttunut paljonkaan varsinaisiin töihin, tappeli määrärahoista, laitteista ja henkilöistä sekä allekirjoitti vaativat tai merkityksellisimmät lausunnot ja aineenkoetusselostukset. Silloinen dipl.ins. Blomberg teki pitkäjänteiset tutkimus- ja muut työt ja minä hoidin öljyt ja nallit, eristysvastukset ja kaapelien jatkosten piet sekä valolaitteiden mittaukset ja muut vakiotehtävät ja tietysti rakensin laboratorioon koestusvälineitä.

Edellä mainittuja rutiinitöitä riitti aina Otaniemeen muuttoon saakka. Siellä jäivät mittaustehtävät vähitellen minulta pois ja tilalle tulivat lähinnä talouspuolen tehtävät. Se johtui siitä, että näihin aikoihin koko laboratorion toimenkuva siirtyi perinteisistä sähköisistä koestuksista säätötekniikan ja automaation suuntaan. Silloin kaikki muuttui kerralla; tilat olivat aluksi melko ruhtinaalliset ja huoneet valoisia verrattuna Albertinkadun pimeisiin kämppiin, henkilökunnan määrä kasvoi muutamassa vuodessa noin kymmenkertaiseksi, virallinen byrokratia astui kuvaan ehkä turhankin jyrkän tehtäväjaon ja eri jaostojen perustamisen muodossa, ihmiset eivät enää tunteneet toisiaan ja ainainen kiire tuli taloon.



Laboratoriossa 50-luvulla rakennettu kokonaisheijastussuhteen mittauslaite. Laitetta käytetään vielä tänä päivänä rutiinin omaisiin mittauksiin.

Pauli Karttunen

Pauli Karttunen työskenteli laboratoriossa 1.7.1955 - 1.6.1963 tutkimusinsinöörinä. Pauli Karttunen muistelee VTT:n aikaansa seuraavasti:

Olin TKK:ssa professori Paavolan assistenttina. Asevelvollisuuden jälkeen jatkaminen samanlaisten tehtävien parissa oli luonnollista. Paavola kertoi minulle VTT:n sähkötekniikan laboratorion avoimesta tutkimusinsinöörin paikasta ja tulin valituksi siihen. Yhteistoiminta VTT:n ja korkeakoulun välillä oli mutkatonta. Olin vuoroin assistenttina Pyökärille, Paavolalle ja Blombergille, jotka olivat silloisia TKK:n professoreita.

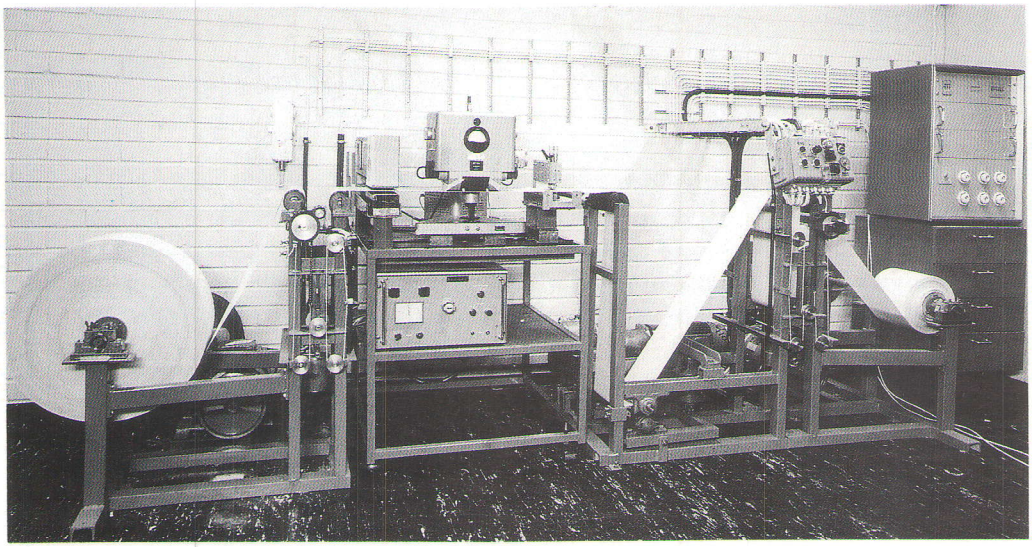
Tullessani laboratorion palvelukseen vuonna 1955 oli mekaanikkona Olavi Ahti ja assistenttina Ensio Wikström, joka hoiti "vakiomittaukset". Työporukan yhteishenki oli hyvä. Byrokratia oli nykyistä vähäisempi ja tekniikan murros alkoi näkyä. Komponentteja ja muita tarvikkeita oli helpompi saada ja työtehtävät olivat sopivan haasteellisia.

Mieleeni palautuu eräs hauska tapaus, kun Hasse, professori Hans Blomberg, oli rakentanut valaistuksen säätöjärjestelmän. Se käsitti säätömuuntajan avulla säädettävän hehkulampun ja valokennon. Hasse oli kytkenyt ne suljetuksi silmukaksi siten, että siirrettäessä lamppua lähemmäs tai kauemmas kohteesta valaistusvoimakkuus pysyi samana. Hasse tuli riemuissaan käytävälle ja minä olin ensimmäinen, jonka hän tapasi ja tempasi mukaansa voitonriemuisena katsomaan tätä saavutusta. Työn ja onnistumisen ilo oli käsin kosketeltavissa.

Eräs säätöteknillinen ongelma on erityisesti jäänyt mieleeni. Kyseessä oli Tilgmann Oy:n hankkima italialainen Cerrutti-syväpainokone, jonka rullausjärjestelmä perustui punnustelan käyttöön. Italialainen teknikko oli viikkoja yrittänyt saada sitä kuntoon. Tilanne oli teknikon mielestä jo toivoton. Tilgmann pyysi meiltä lausuntoa ja minä menin paikan päälle. "Saa sen kyllä laittaa kuntoonkin", sanoi Tilgmannin johtaja. Sain koneesta sähköiset kytkentäkaaviot, mutta en mitään toiminta- tai vuokuvia. Vuokuvien tekemisen jälkeen huomasin, että laite ei voisi koskaan toimia, koska se ei ole stabiili. Kun ilmoitin tämän tilanteen ja sen vaatimat korjaus- ja täydennystoimenpiteet, sanoi faktori syövänsä hattunsa, jos asiat tuolla tavalla järjestyisivät. Koneeseen lisättiin yksi takometri ja joitakin RC-piirejä. Viritin järjestelmän ja kone toimi. Faktorin hatun syönti kyllä jäi.

Minun VTT:n aikanani oli varsin vaikeaa solmia yhteyksiä teollisuuden kanssa. Joko laitostamme ei tunnettu riittävän hyvin tai teollisuus ajatteli, että "näin on tehty jo kymmenen vuotta, ei tässä mitään muutoksia tarvita". Säätöteknillinen ajattelu oli silloin lapsenkengissään. Ongelmana on vielä tänä päivänä saada teollisuuden ihmiset puhumaan omista ongelmistaan. Tutkimuksen ja teollisuuden yhteistyön pitäisi lähteä liikkeelle ongelmista eikä niin, että keksinnöt etsivät hyödyntäjää. Pitäisi saada aikaan ongelmapankki, sillä jos tiedetään mikä on ongelma niin se usein pystytään ratkaisemaan. Nykyisin tilanne on huomattavasti korjaantunut.

Olin myös mukana suunnittelemassa tutkan pyöristysjärjestelmää. Työ oli mutkatonta, työskenneltiin yhdessä armeijan henkilöiden kanssa eikä mitään salattu. Tänään tilanne on täysin muuttunut, liikaa kätkeydytään salaisuuden verhon alle. Muistan, kun tein erääseen pyöritysjärjestelmään "operaatiovahvistimen" putkilla. Jokunen aika sen jälkeen



Syväpainokoneen paperirainan siirtolaite.

minua kovasti ilahdutti, että ostamassamme Donner-analogiakoneessa vahvistinyksikkö oli tehty täsmälleen samoin.

Donner-analogiakone lienee ollut eräs merkittävimpiä Suomen säätötekniikan kehitys- ja tutkimusvälineitä. Muistan yhden tapauksen, jolloin tutkimme Tervakosken tuotannon ongelmia. Silloin meillä ei ollut spektrianalysaattoreita, joten jouduimme keksimään varsin erikoisen kiertotien selvittääksemme paperikoneen vikoja. Paperista mitatut neliöpainot piirrettiin pahville ja leikattiin irti. Painojakautumat siirrettiin oskilloskoopin Y-vahvistimen avulla Donneriin, joka oli ohjelmoitu tuottamaan haluttuja riippuvuuksia. Tämän analyysin perusteella pystyimme papereista suoraan päättelemään, missä kohtaa paperikonetta oli hämminkiä.

Usein otettiin vastaan koestustehtäviä, joita ei koskaan aikaisemmin oltu tehty. Tämä saattoi johtaa siihen, ettei niitä tehty ensimmäisellä kerralla oikein. Yksi esimerkki oli liikenteen heijastimet. Pienyrityksessä oli valmistettu heijastavaa nauhaa ja oltiin kiinnostuneita siitä, kuinka hyvä tämä nauha oli. VTT:llä oli pieni Ulbrichtin pallo; pistettiin lamppu sisään ja mitattiin heijastunutta valoa. Todettiin, että heijastava materiaali oli yhtä huonoa kuin lakanakangas. Asiakas ei ollut tyytyväinen tulokseen vaan otti tutkijan mukaan pimeään huoneeseen ja näytti taskulampulla, että hyvin se heijastaa. Silloin selvisi, että kyse ei ollut kokonaisheijastuksesta vaan heijastuksesta takaisin tulevan valon suuntaan. Syntyi ahaa-elämys, ai että sellaista heijastuskerrointa piti mitata. Sitten valomittarilla mitattiin heijastunutta valoa eri kulmissa.

Esimerkkinä yksittäisistä testauksista tulee mieleeni nallien testaukset. Nallit olivat liian herkkiä, koska ne olivat jopa räjähtäneet ihmisten taskuissa. Nallien testaukset suoritettiin Albertinkadulla kellarissa siten, että kondensaattori varattiin ja purettiin nalliin ja

katsottiin mitä tapahtui. Olihan niitä erikoisia ratkaisuja. Muistan, kun akkukokeita varten jouduimme rakentamaan muutaman sadan ampeerin säätövastuksen. Se tehtiin siten, että jousimaiseen muotoon taivutettua, tukevaa kuparia liikuteltiin ylös ja alas sulaa tinaa sisältävässä kaukalossa.

Insinöörin toimenkuva oli ennen toinen kuin tänään. Ennen tehtiin paljon omin käsin. Vaikka oltiin kiinnostuneita teoriasta, tämä ei vaikuttanut siihen, ettei itse olisi myös pystytty rakentamaan. Laitetekniikasta ja säätötekniikasta samanaikaisesti kiinnostuneita henkilöitä ei enää ole. Tänä päivänä tarvitaan myös sellaisia, jotka osaavat elektroniikan rakentamista samalla kuin hallitsevat teoriaa.

Tein myöhemmin lisensiaattityön takaisinkytketyistä vahvistimista ja väitöskirjan oikosulkumoottorin optimisäädöstä kaksiakseliteoriaa soveltaen. Olin jo VTT:n aikana tutkinut asiaa käsittelevää kirjallisuutta.

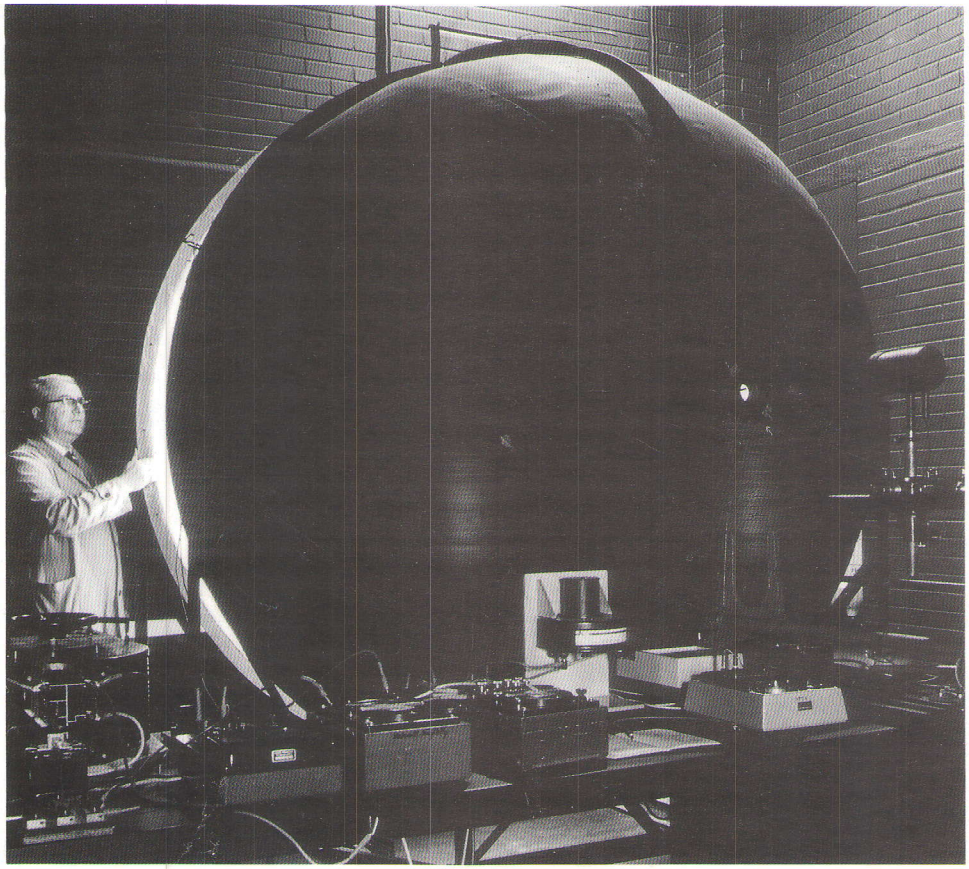
Timo Kuusisto

Timo Kuusisto oli laboratorion palveluksessa 1.6.1962 - 31.8.1966 välisen ajan tutkimusinsinöörinä. Näin Timo Kuusisto kertoo ajastaan VTT:llä.

Ennen VTT:lle tuloani olin Suomen Kumitehdas Oy:llä Nokialla. Blombergiltä kuulin työpaikasta ja aloitin kesäkuussa 1962. Olin jo aikaisemmin tehnyt diplomityön Blombergille. Työn aiheena oli on-off säätöjärjestelmän simulointi ja tutkiminen Donner-analogiakoneella. Rakensin koneeseen pienen lisäyksen diodiputkilla niin, että haluttu säätäjä voitiin toteuttaa. Donnereiden lisäksi oli käytettävissä myös uudempi mutta epätarkempi pieni analogiakone. VTT:llä ollessani suunnittelin ja rakensin analogista viivelaitetta. Sain juuri kokeiltua, että se toimi ennen Valmetille siirtymistäni. Laitteessa oli pyörivä kehikko, jossa oli suuri määrä kondensaattoreita. Viivettä voitiin säätää analogiajännitteellä asentoservoja käyttäen. Laitetta käytettiin tietääkseni TKK:n oppilastöissä.

Kulkuvälineiden takaheijastimien mittaukset aloiteltiin 60-luvulla. Tutkittiin kirjallisuutta ja etsittiin tietoja sopivista mittausmenetelmistä. Hankittiin mittari ja ryhdyttiin töihin. Muoviyritys Talmu oli toimeksiantajana, koska varoituskolmiot tulivat autoihin pakollisiksi varusteiksi. Aluksi ne eivät heijastaneet vaatimusten mukaan. Vähitellen selvisi, että muottien piti olla erittäin hyvin kiilloitettuja ja heijastuspinnan muodostavien pienten kuutionkärkien hyvin tarkkoja. Myöhemmin mittauksista ja kolmioista tuli standardeja. Wikström mittasi paljon valaisinten valojakokäyriä ja Ulbrichtin palloa käyttäen valaisinten hyötysuhteita.

Valmetille siirryin syksyllä 1966, kun Esko Rautila, vanha opiskelukaveri, joka tuolloin oli tuotekehityspäällikkö hienomekaanisella osastolla, tarjosi paikkaa minulle. Valmetin aikana oli yhteyksiä VTT:lle aluksi aika vähän. Luonnollisesti törmättiin ja keskusteltiin eri yhteyksissä, mutta konkreettista yhteistyötä ei ollut. Damatic projektin aikana yhteydet kuitenkin vilkastuivat. Digitaalista järjestelmää oli mietitty jo ennen TDC 2000:n tuloa markkinoille. KTM tuki Damaticin kehitystyötä myöntämällä rahaa esiselvitykseen. Meillä oli Valmetin ja VTT:n yhteisesitelmä automaatiopäivillä vuonna 1978. Järjestelmä oli



Ulbrichtin palloa käytettiin valaisinten hyötysuhteiden mittaamiseen. Kuvassa Ensio Wikström mittaamassa.

silloin olemassa suureksi osaksi vain paperilla. Myyntimiehet olivat tästä huolimatta kovasti myymässä järjestelmää. Järjestelmästä muodostui lopulta melko toisenlainen kuin esitelmässä kuvattiin. Silloin myös tehtiin myyntiesitettä, missä oli järjestelmäkaavio. Jos olisi kyetty arvioimaan järjestelmän kehitystyöhön mahdollisesti kuluva aika, olisi aikaa kulunut huomattavasti enemmän. Järjestelmän kehittämistä voidaan pitää merkittävänä saavutuksena. Asiat olisivat voineet mennä huonostikin, mutta projektissa oli myös onni mukana. Ensimmäisen asiakkaan ei tarvinnut pettyä toimitukseen.

Vanhaa Damaticia tehtiin noin 550 järjestelmää, ja varaosia menee kaupaksi luonnollisesti vieläkin. Uusien järjestelmien kohdalla ollaan siirrytty kokonaan XD-järjestelmään. Valmetin Automaatiojärjestelmien liikevaihto on suurimmaksi osaksi kertynyt Damaticin myynnistä. Damaticiin otettu moottoriohjaus vaikutti varmaan suuresti sen menestykseen.

VIII. MUUTOSTEN VUODET 1960-LUVULTA LÄHTIEN

Pekka Salminen toimi sähkötekniikan laboratoriossa tutkimusinsinöörinä 1.3.1964 - 28.2.1968, tutkijana 1.3.1968 - 31.1.1973 ja laboratorionjohtajana 1.2.73 - 29.2.1984. Pekka Salminen kuvailee toimintaansa VTT:llä seuraavasti.

Pekka Salminen

Tein diplomityön professori Hans Blombergille ollessani TKK:ssa assistenttina syksyllä 1963. Blomberg tarjosi minulle valmistumiseni jälkeen VTT:n sähkötekniikan laboratoriossa avoinna ollutta tutkimusinsinöörin virkaa. Virka vapautui Pauli Karttusen siirtyessä apulaisprofessoriksi TKK:lle. Kun aloitin VTT:n sähkötekniikan laboratoriossa vuoden 1964 alussa, oli laboratoriolla takanaan yli 20 toimintavuotta. Silloin laboratorion henkilökunta oli kokonaisuudessaan seuraava: Blomberg toimi sivutoimisena laboratorionjohtajana, Timo Kuusisto oli nimitetty toiseen tutkimusinsinöörin virkaan, insinööri Ensio Wikström hoiti aineenkoetus- ja mittaustehtäviä, Pertti Tähkäpää oli mekaanikko ja Väinö Merivirta työskenteli toimistossa. Käytännön tasolla Wikström edusti tuolloin sitä kokemusta ja perinnettä, mitä laboratoriolla oli. Kuusisto ja minä olimme silloin nuoria ja kokemattomia.

Laboratorion toimintaa kuvattiin silloin sanoilla aineenkoetustoiminta ja tutkimustoiminta. Sähkönallit ja sähköräjäytysvälineet olivat monimutkaisia tutkimus- ja testauskohteita. Niiden käytössä oli sattunut useita onnettomuuksia, laitteet olivat huonoja ja tekniikka alkuaikoina epävarmaa. Laboratorion vuosikertomuksista voi jäljittää, miten teknologia kehittyi: sitä teknologiaa tarvittiin, mutta alussa oli vaikeuksia. Vaikeudet selvitettiin vähitellen, tehtiin uusia ratkaisuja, jotka siirtyivät määräyksiin. Testattujen nalli- ja räjäytysvälineiden valvonta siirtyi valmistajien laadunvalvontajärjestelmiin ja työt VTT:llä vähitellen loppuivat.

Muu tutkimus- ja testaustoiminta sisälsi noina vuosina mm. sähkökoneiden, vähän myös eristemateriaalien, valotekniikan sekä akkujen kehitystä ja testausta. Lisäksi otettiin ensimmäisiä haparoivia askeleita uuden digitaalitekniikan soveltamisessa rakentamalla muutamia pienehköjä laitteita mm. TKK:n käyttöön. Samanaikaisesti osallistuin myös Blombergin TKK:lla vetämään jatko-opiskeluohjelmaan.

Vuosi 1966 oli aikaisempia selvästi vaativampi. Tehtävänä oli antaa mm. lausunto eräästä merivoimien hankinnasta. Merivoimat olivat hankkineet uusia tykkiveneitä, joihin tulivat tutka ja tietokoneohjattu tulenjohtojärjestelmä. Tästä järjestelmästä Pääesikunta ei jostain syystä saanut hankintapäätöstä aikaan ja asiasta pyydettiin VTT:ltä lausunto. Lausunnon laativat Jouko Pohjanpalo ja Esko Heikkilä silloisesta Radiolaboratoriosta sekä Hans Blomberg ja minä Sähkötekniikan laboratoriosta. Toimeksiannon teknillisestä sisällöstä

muistan, kuinka tietokonejärjestelmää tutkittiin perusteellisesti. Tietokoneen käskyrakenne oli hyvin primitiivinen. Tutkimuksessa mietittiin ohjelmien suoritusnopeutta, pohdittiin erilaisten viiveiden vaikutusta, laskettiin erilaisilla maalioletuksilla, pystytäänkö tykkiä kääntämään jne. Lopputulos oli, että niillä laitteilla tehtävä pystytään hoitamaan. Sen jälkeen mietittiin, pystytäänkö työn edellyttämää elektroniikkaa tekemään Suomessa. Siihenkin vastattiin pienen epäröintivaiheen jälkeen myöntävästi.

Laboratorio alkaa kasvaa

Laboratorion rahoitus perustui 60-luvun puolessa välissä melkein yksinomaan valtion budjettivaroihin. Samaan aikaan lisääntyivät laboratorion ulkopuoliset toimeksiantotehtävät. Tuolloin oli myös alkamassa TKK:n sähköosaston talon rakentaminen Otaniemeen. Taloon oli tarkoitus sijoittaa myös VTT:n sähkötekniikan laboratorio. Tilojen käytöstä käytiin melkoista taistelua. Toisaalta myös VTT:n ylin johto epäili, tarvitseeko laboratorio niin suuria tiloja. Tilat oli mitoitettu 16 henkilölle. Sähkötekniikan laboratorion työntekijämäärä oli silloin 5 henkilöä.

Laboratorion työmäärän kasvaessa jouduin ottamaan enemmän vastuuta uusien henkilöiden palkkaamisesta, toimitilojen järjestelyistä, määrärahojen hankkimisesta ja uusien tutkimushankkeiden käynnistämisestä. Sivutoiminen laboratorionjohtaja Blomberg ei kovin paljon näihin asioihin puuttunut. Kävin hänen luonaan usein kertomassa ja keskustelemassa mahdollisuuksista. Laboratorio sai vuoden 1972 budjetissa täysipäiväisen laboratorionjohtajan viran, johon minut nimitettiin.

Tärkeä vaihe laboratorion toiminnassa alkoi, kun Suomessa alettiin systemaattisesti kehittää ydinvoiman rakentamiseen tarvittavaa asiantuntemusta voimayhtiöihin ja VTT:hen ja myös silloiseen Säteilyfysiikan laitokseen. Keskeisessä asemassa tässä oli Erkki Laurilan johdolla toiminut Atomienergianeuvottelukunta, jossa myös avainhenkilöinä toimivat silloinen TKK:n ydinfysiikan professori, myöhemmin VTT:n pääjohtaja Pekka Jauho sekä silloinen IVO:n atomiprojektin projektipäällikkö, nykyinen IVO:n toimitusjohtaja Kalevi Numminen.

Tehtäväni oli selvittää, minkälaista tutkimusta tarvittaisiin ydinvoimalaitosten säätö- ja dynamiikkakysymyksissä. Mallina oli aikaisemmin perustettu reaktorifysiikan laskentaan paneutuva koodiryhmä. Selvitystyö johti siihen, että kesäkuussa 1969 päästiin aloittamaan dynamiikkaryhmän työ. Vastaava kolmas ryhmä, mikä paneutuisi ydinvoimalaitosten materiaalikysymyksiin, aloitti samoihin aikoihin Jarl Forstenin johdolla.

Dynamiikkaryhmän avainhenkilöiden palkkaaminen toteutettiin suoraviivaisesti. Asiasta keskusteltiin TKK:n voimalaitostekniikan ja ydinfysiikan professorien kanssa. Heidän tuli valita sopivat henkilöt omalta alaltaan. Professori Immonen koneosastolta nimesi Pentti Haapasen tehtävään ja samantapainen keskustelu käytiin Pekka Jauhon ja Arto Juuselan välillä.

Dynamiikkaryhmän toiminnan alussa oli muodostunut käsitys, että tulossa olevista laskentatehtävistä selviytyminen edellyttäisi hybriditietokoneen hankkimista. Tämän kaltaisia yhdistelmätietokoneita oli jo käytetty muutaman vuoden ajan eri puolilla maailmaa samantapaisissa tehtävissä kuin mistä meillä oli kyse. Hybriditietokoneen

hankintaa oli suunniteltu mm. TKK:n laboratorioinsinööri Olli Ristaniemen kanssa useamman vuoden ajan.

Työ kehittyi varsin mielenkiintoiseksi. Vuonna 1973 saatiin Loviisan laitoksen prosessin kokonaismalli valmiiksi. Säätö- ja suojausjärjestelmiä koskeneet neuvottelut neuvostoliittolaisten ja saksalaisten kanssa olivat monitahoisia ja värikkäitä. Joskus neuvotteluissa oltiin kolmistaan (Salminen, Haapanen, Juusela), mutta usein olin yksin tai jonkun IVO:n edustajan kanssa. Neuvotteluja oli myös Moskovassa. Kiteytettynä projektin tulos oli sama pääsäätökaavio, joka sitten allekirjoituksin ison piirustuksen kulmaan vahvistettiin. Näiden ratkaisujen perusteella Kraftwerkunion (KWU) ja muut toimittivat laitteet. Seuraavana vaiheena sähkötekniikan laboratorioon tuotiin osia Loviisaan menevistä säätölaitteista testattavaksi hybridikoneessa olevaa prosessimallia vastaan. Neuvostoliittolaisten toimitusosuuteen kuulunut reaktorisäätäjä ei kuitenkaan ollut mukana testauksessa. Meille oli pitkään epäselvää, kuinka se oikein toimi. Sekä neuvostoliittolaisten että myös saksalaisten puolelta neuvotteluihin osallistui monia päteviä ja myös omanarvontuntoisia asiantuntijoita, joiden keskinäisiä näkemyseroja jouduttiin vaivalla sovittamaan yhteen. Neuvotteluissa oli usein monta osanottajaa ja erityisesti eräät neuvostoliittolaiset olivat kovia tupakkamiehiä, polttivat koko päivän. Myös tästä syystä neuvottelut olivat fyysisestikin raskaita.

Kokonaisuuteen liittyi vielä luotettavuusryhmä, joka tuli laboratorion organisaatioon joitakin vuosia myöhemmin. Se oli pitkään erillisprojekti, joka oli perustettu Veikko Palvan TKK:n sähkölaitoslaboratorion suojiin. Johtoryhmän puheenjohtajana oli Pekka Jauho. Jossakin vaiheessa päättelivät Jauho ja Palva yhdessä, että luotettavuusryhmä tulisi sijoittaa sähkötekniikan laboratorioon. Jauho oli silloin VTT:n pääjohtaja ja Palva oli siirtymässä silloisen sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosaston tutkimusjohtajaksi. Tehtäviensä puolesta luotettavuusryhmä sopi sähkötekniikan laboratorioon ja ryhmästä tuli normaali laboratorion jaosto. Jaoston päällikkönä toimi silloin Juhani Ervamaa.

Dynamiikkaprojektin jatkoksi ja rinnalle kehittyi vähitellen myös muuta toimintaa, jonka avainhenkilöksi tuli Björn Wahlström. Eräs tärkeimmistä asioista oli ydinvoimalaitosten koulutussimulaattoriprojekti. Asiaa selviteltiin usean vuoden ajan, kunnes lopulta vuonna 1978 päästiin varsinaiseen toteutusprojektiin. Osittain rinnakkain tämän kanssa käynnistyi Damatic-järjestelmän kehitystyö Valmetin kanssa. Projekti kesti monta vuotta ja onnistui lopulta kaikinpuolin hyvin.

Vuoden 1984 alussa siirryin nykyiseen työpaikkaani Imatran Voimaan. Takana oli 20 varsin työntäyteistä vuotta VTT:llä. Se tuntui silloin sopivalta ratkaisulta, ja kun nyt laboratorion asioita katselee ulkopuolisin silmin, taisi miesten ja tehtävien vaihto osua oikeaan aikaan.

IX. ENERGIATEKNIIKAN TUTKIMUSOSASTO MUOTOUTUU

Veikko Palva

Professori Veikko Palva toimi tutkimusjohtajana VTT:llä 1.10.1972 - 28.2.1989. Veikko Palva muistelee aikaansa ennen VTT:lle tuloa ja varsinaista VTT:n aikaansa seuraavasti.

Aloitin opiskeluni sodan jälkeen ja valmistuin vuonna 1949 Teknillisen korkeakoulun sähköosastolta. Olin kyseisen vuoden teollisuuden palkkaamana assistenttina professori Martti Paavolalle. Diplomityöni käsitteli Suomen kantaverkon mallia. Malli oli tarkka tasavirtamalli lähinnä oikosulkuvirtojen laskemiseksi.

Vuoden 1950 alussa lähdin Asean suurjännitelaboratorioon Ludvikaan. Siellä aukeni sopiva paikka ja olinkin siellä melkein kuusi vuotta. Asea oli voimansiirto- ja suurjännitetekniikan johtavia yrityksiä maailmassa. Ruotsissa kehitettiin silloin kaikki 400 kV laitteet, ja ensimmäisenä maailmassa otettiin käyttöön 400 kV voimansiirto vuonna 1952. Olin mukana laitteiden kehitystyössä, ja suurjännitekoestukset olivat hyvin pitkälle minun vastuullani. Tehomuuntajien kehitys oli vaativin tehtävä, olihan suurjännitekäämityksen syöksyjännitelujuuden oltava peräti 1775 kV.

Suomeen palattuani seuraava työnantajani oli Strömberg Vaasassa. Suurjännitelaboratorion rakentaminen oli aloitettu, kun tulin syksyllä 1955. Olin rakentamisessa mukana lähinnä konsulttina jakamassa Ruotsissa saamaani kokemusta. Työn tuloksena suurjännitelaboratorio valmistui vähitellen ja myös muutkin laboratoriot Vaasaan. Vaasassa ollessani suoritin myös lisensiaattitutkinnon varsinaisen päivätyöni ulkopuolella noin neljässä vuodessa.

Vuoden 1967 alusta minut nimitettiin Teknillisen korkeakoulun professoriksi Helsinkiin. Jatkoin Strömbergillä työskentelyäni professorin viran ohessa yhdeksän kuukautta. Olin puoli viikkoa Vaasassa ja puoli viikkoa korkeakoululla. Työmatkat tein lentäen Helsingin ja Vaasan välillä sen aikaisella hitaalla DC-3 lentokoneella. Laskin, että olin tuona aikana lentänyt DC-3 lentokoneella reilusti yli maapallon ympäri.

Albertinkadulla Helsingissä suunniteltiin siihen aikaan Otaniemeen uutta rakennusta ja TKK:n sähköosasto muutti sinne kesällä 1969. Olin Albertinkadulla vuodet 1967-1968 ja osan vuodesta 1969. Samalla rakennettiin suurjännitelaboratorio Otaniemeen. Hankkeesta oli puhuttu pitkään Paavolan kanssa.

Yhteistyöstä TKK:n ja VTT:n kesken muodostui luonnollinen työjako. Koska olin korkeakoululla, niin toimintakin oli siellä ja myös asiantuntemus keskittyi silloin korkeakoulun puolelle. VTT:llä ilmeisesti ei ollut kovinkaan paljon tekemistä suurjännitealueella.

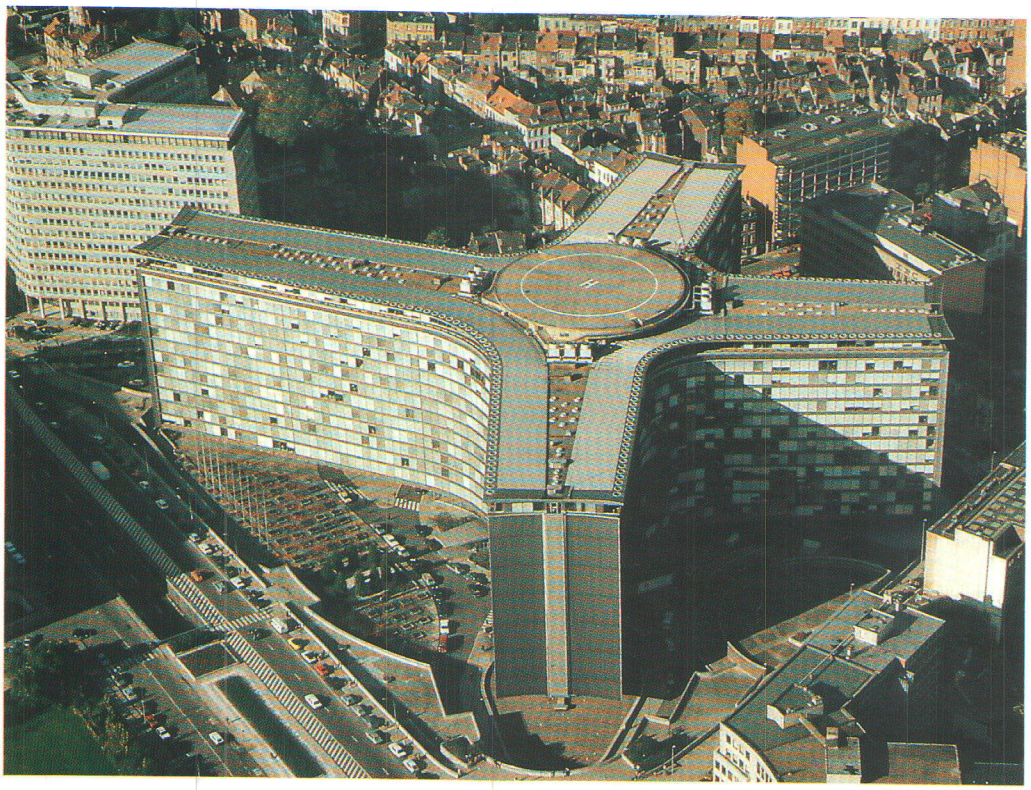
Siirtyessäni VTT:lle suurjännitealueen tutkimustoiminta alkoi myös siellä. Sama tapahtui, kun luotettavuusryhmä siirtyi VTT:lle. Sähkötekniikan tutkimuksen alkuvaiheista ja sen muotoutumisesta VTT:llä on kerrottu tarkemmin viitteessä /4/.

TKK:n aikanani Juhani Ervamaa oli minulla assistenttina pitkään, hän oli valmistunut juuri ennen kuin muutimme Otaniemeen. Ensimmäisillä kursseillani olivat mm. Jarmo Elovaara, Seppo Kärkkäinen ja Erkki Lakervi. Osin heitä varten ja heidän avullaan vedettiin lisensiaattikursseja tarmokkaasti. Jorma Väkiparta teki minulle diplomityön ja oli sen jälkeen kauan aikaa laboratorion luotettavuusryhmässä Juhani Ervamaan kanssa. Kursseilla luettiin mm. Billintonin luotettavuuskirja, luotettavuustekniikan ollessa varsin keskeinen siinä vaiheessa. Kurssien aihepiiri kattoi kuitenkin monipuolisesti voimansiirto- ja suurjännitetekniikan.

Olin osallistunut Conference Internationale des Grands Reseaux Electriques a haute Tension:in (CIGRE) toimintaan jo aikaisemmin ja vuonna 1968 minut valittiin CIGRE:n tutkimuskomitean puheenjohtajaksi. Tällöin CIGRE organisoitiin uudelleen yhdistelemällä komiteoita ja muokkaamalla toimialoja. Olin kahdeksan vuoden ajan yhdistetyn tutkimuskomitean, ylijännitteet ja eristyskoordinaatio, puheenjohtajana.

Siirryin VTT:lle vuonna 1972 sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosaston tutkimusjohtajaksi. Professori Pekka Jauho oli pari vuotta aikaisemmin nimitetty VTT:n pääjohtajaksi toteuttamaan uutta organisaatiota. Silloin VTT:lle perustettiin kolme tutkimusosastoa ja aloitettiin johtajien hankkiminen. Olin tutustunut Jauhoon korkeakoululla. Vuonna 1972 käynnistynyt uusi organisaatio merkitsi VTT:n uudelleenjärjestelyjä. Tämä loi edellytykset VTT:n nopealle kasvulle. Uusia laboratorioita perustettiin parin vuoden kuluttua valtion budjetin varoin. Ydinvoimatekniikan laboratorio Helsingissä, elektroniikan laboratorio ja rakennuslaboratorio Oulussa ja sairaalatekniikan ja työsuojelutekniikan laboratoriot Tampereella aloittivat toimintansa, osin alue- ja puoluepoliittisista syistä. VTT:n kehittämistä pidettiin erittäin tärkeänä, ja myös tietynlaista hajasijoittamista eri puolille Suomea pidettiin hyvänä. VTT:n johto oli kuitenkin silloin eri mieltä laboratorioiden jatkuvasta hajasijoittamisesta ja halusi pitää kiinni Oulusta ja Tampereesta.

Laboratorioiden toimialamäärittelyt ja niiden väliset koordinointitarpeet tulivat esille VTT:n istunnon keskusteluissa. Istunnossa olivat siinä vaiheessa mukana Pekka Jauho, U.Soveri rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa ja metallipuolella Sakari Heiskanen. Heiskanen tuli VTT:lle vähän myöhemmin ja hänen tutkimusosastonsa oli silloin materiaali- ja prosessitekniikka. Minä olin sähkö- ja atomitekniikan edustajana, ja mukana istunnossa oli myös hallintojohtaja. Istunnossa ajoimme Heiskasen kanssa usein sitä linjaa, että laboratorioiden välillä pitäisi olla selkeä työnjako. Jonkun piti ohjata toimintaa tässä mielessä. Jauho oli sitä mieltä, että tutkijan pitäisi voida viedä ideansa loppuun asti, vaikka olisi väärässä ympäristössäkin. Tämä oli hyvin toimintakykyisessä istunnossa ehkä tyypillisin vastakohtaisuus. Teollisuudessa ei tulisi kysymykseen, että kaksi henkilöä tai kaksi osastoa tekisi päällekkäistä työtä. Tutkijaympäristö on erilainen, siinä on vaikeata saada toimimaan yhteistoiminta ja työnjako parhaalla mahdollisella tavalla. Markkinoita ei voi jakaa, ja rajoja ei voida tarkasti määritellä toimialojen mukaan. Olisi löydettävä toimintamuoto, jossa voidaan aikaansaada sekä tutkijan vapaus että hallittu yhteispeli.



Euroopan yhdentymisen myötä Brysselin tärkeys on korostunut. Laboratoriossa on käynnissä monta hanketta, joista päätökset on tehty EY:ssä.

Jauho vaikutti aluksi keskeisesti ydinvoimaprojekteissa ja erityisesti Sähkötekniikan laboratorion luotettavuusryhmässä. Kauppa- ja teollisuusministeriön atomienergianeuvottelukunta oli perustanut tutkimusryhmiä, mm. materiaaliryhmän, reaktorianalyysiryhmän, luotettavuusryhmän, dynamiikkaryhmän ja koodiryhmän. Ryhmät siirrettiin myöhemmin VTT:n uuteen organisaatioon.

Kun tulin VTT:lle vuonna 1972, olin vielä pari vuotta TKK:n tiloissa ennenkuin VTT:n päärakennus valmistui Otaniemeen. Siirtymävaiheessa VTT:lle minulla oli osa professuurista hoidossa. Jarmo Elovaara ja Seppo Kärkkäinen hoitivat loppuosaa professuurista.

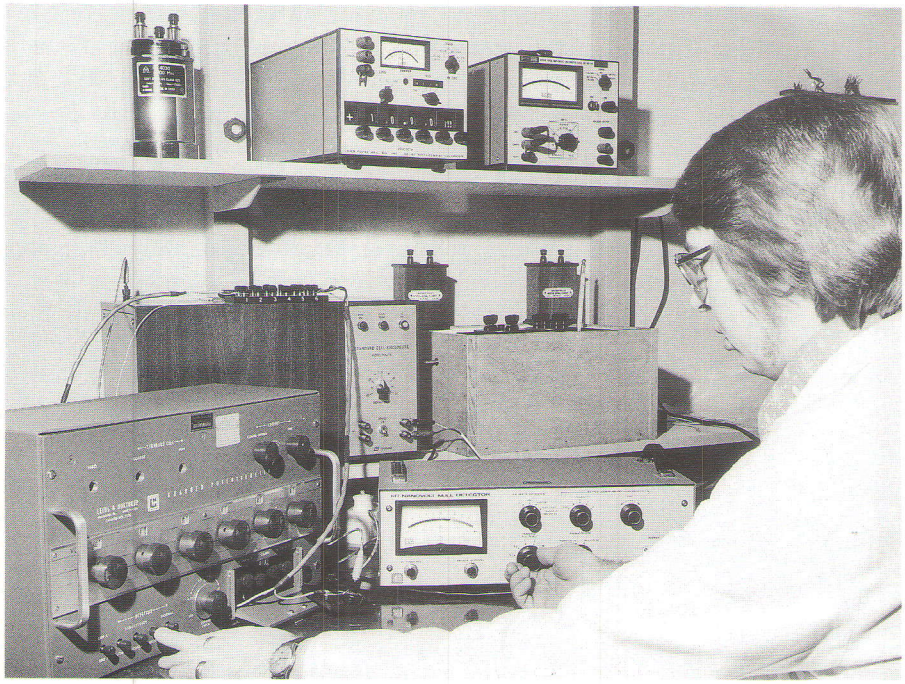
Kansainvälinen yhteistyö oli vilkasta. Puheenjohtajakauteni CIGRE:ssä päättyi 1976, mutta toimin siellä edelleen aktiivisesti ja tarkoitukseni oli saada VTT:n palveluksessa olevia henkilöitä ja myös muita suomalaisia runsaammin mukaan toimintaan. Mielenkiintoni työni puitteissa alkoi kuitenkin suuntautua yhä enemmän ydinvoimatekniikkaan ja sen monipuoliseen kansainväliseen yhteistoimintaan. Yhteydet mm. Electric Power Research Instituteen (EPRI) olivat hyvät. Ydinvoimapuolella olivat pohjoismainen tutkimuslaitosten välinen yhteistyö ja Nordisk kärnsäkerhetsforskning (NKS) sekä monet kansainväliset isot projektit kuten LOFT ja Marviken. Näiden kaikkien johtoelimissä olin mukana VTT:n edustajana.

1980-luvun alussa todettiin VTT:n kasvaneen niin paljon, että tutkimusosastoja oli jaettava. Laboratorioita siirrettiin samalla osastoista toiseen. Alunperin sähkö- ja atomitekniikan osastolla oli noin 150 henkilöä, mutta jaon tapahtuessa meitä oli noin jo 500. Osasto jaettiin vuonna 1983 energiatekniikan ja informaatiotekniikan tutkimusosastoihin. Organisaatiorakennetta muutettiin siten, että Työsuojelutekniikan laboratorio, joka oli ollut materiaali- ja prosessipuolella, siirrettiin energiatekniikan tutkimusosastoon. Uusi valmistustekniikan tutkimusosasto pyrki karsimaan kaiken muun kuin metallin pois. Työsuojelutekniikka siirtyi meille turvallisuus- ja luotettavuustutkimuksen takia. Laboratorio on sen jälkeen kehittynyt varsin nopeasti. Myös Kotimaisten polttoaineiden laboratorio siirrettiin energiatekniikan tutkimusosastoon.

Sähkötekniikan laboratorion kehityksessä tärkeä vaihe oli 1970-luvun lopussa, kun samanaikaisesti oli käynnissä sekä Damatic-projekti että Loviisan simulaattori-projekti. Silloin tuli paljon uutta henkilöstöä laboratorioon. Näiden suurten monivuotisten projektien jälkeen voitiin työtilannetta tasapainottaa mukavasti VTT:n tutkimusohjelmilla. Niissä saatiin aikaan paljon sellaista, mistä jälkeenpäin on ollut suurta hyötyä. Sitten tulivat kansainvälinen yhteistyö ja eurooppalaiset hankkeet, kuten EUREKA, ESPRIT, RACE ja muut. Meillä on ollut tutkimusohjelmakokemusta Suomessa jo pitkään. Se on ollut jonkinlainen valtti eri kansainvälisissä yhteistyökuvioissa. Omien ohjelmien vuoksi VTT:llä on ollut paljon parempia valmiuksia lähteä mukaan kansainväliseen tutkimukseen kuin esim. korkeakouluilla. Pohjoismaisessa yhteistyössä on ollut paljon hyötyä myös siitä, että VTT on iso organisaatio. On ollut helppoa lähteä keskustelemaan ja sopimaan asioista ison organisaation puolesta.

X. SÄHKÖISTEN SUUREIDEN TARKKUUSMITTAUS

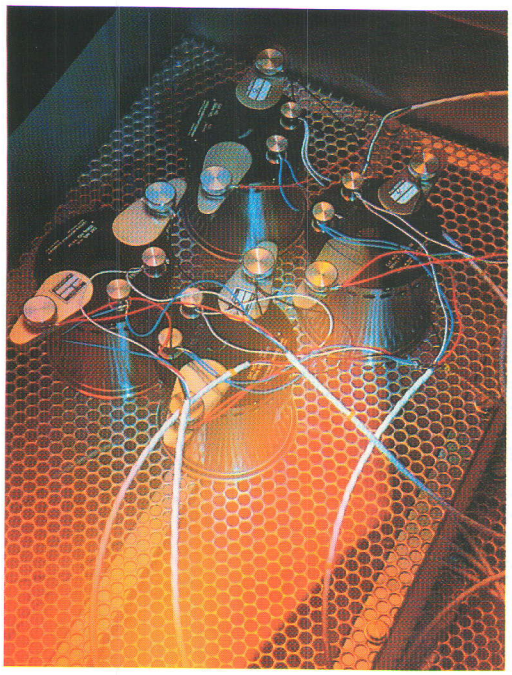
Professori Hans Blombergin toimiessa laboratorion johtajana VTT:n sähkötekniikan laboratorioon luotiin valmiudet sähköisten suureiden kalibrointien suorittamiseen. Syynä oli sekä kalibrointitarpeen lisääntyminen teollisuudessa että Blombergin henkilökohtainen kiinnostus tarkkuusmittaustekniikkaa kohtaan. Hänen väitöskirjansa tarkasteli herkkää galvanometriä, instrumenttia, jolla oli tuolloin keskeinen merkitys metrologiatoiminnassa. Tapio Metsä aloitti 70-luvun alussa Sähkötekniikan laboratorion siirryttyä Otaniemeen kalibrointien suorittamisen ja sähkösuureiden ylläpidon. Hänen aikanaan laboratoriolle hankittiin jännitteen ylläpitämiseksi Weston-kennoja sekä vastuksen ylläpitämiseksi joukko lankavastuksia. Näin alkoi teollisuuden mittalaitteiden säännöllinen kalibrointitoiminta.

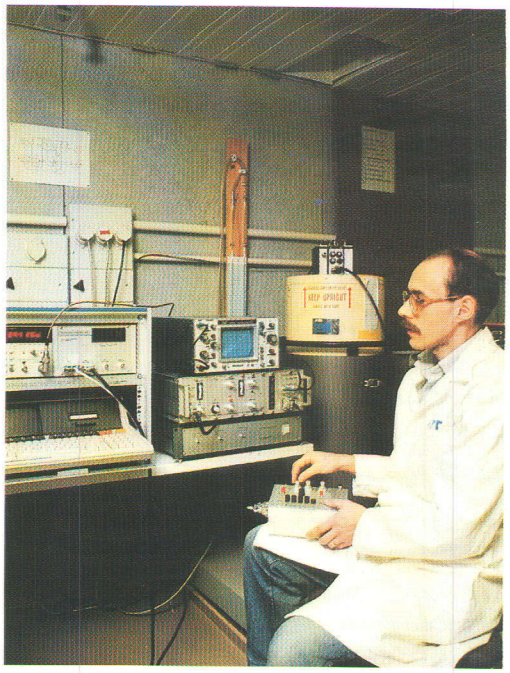


Normaalikennojen mittaus 70-luvun alussa.

Mittanormaalitoiminta oli sivunnut laboratorion toimintaa jo paljon ennen 70-lukua. Esimerkiksi Sähkötekniikan laboratorion omistama Weston-kenno kalibroitiin Ruotsissa vuonna 1948. Tiettävästi laboratorion vanhin normaalikenno kalibroitiin Charlottenburgissa 15. marraskuuta 1906. Ensimmäinen laboratorion tarkastuskertomus tehtiin Imatran Voimalle vuonna 1952.

Pekka Salmisen ollessa sähkötekniikan laboratorion johtajana aloitettiin sähkömetrologiatoiminnan kehittäminen. Kalevi Kalliomäki, Pekka Wallin ja Paavo Kukkonen Sarlin Oy:stä aloittivat säännölliset tapaamiset Pekka Salmisen kanssa sähkömetrologiatoiminnan käynnistämiseksi VTT:ssa ja sen virallistamiseksi. Ruotsin puolustusvoimien tutkimus



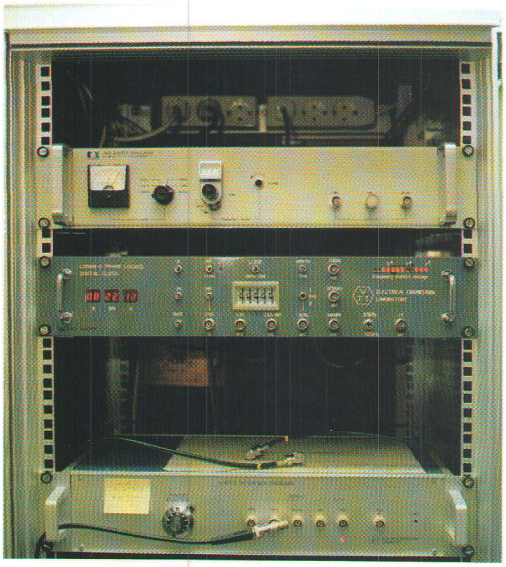


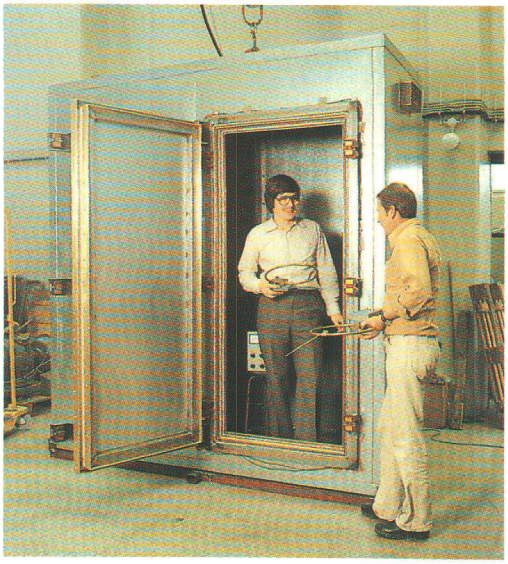
Laboratoriossa ylläpidetään sähkösuureiden kansallinen mittauspaikkaa. Kuvassa on Weston-kennoja, joiden avulla käyttönormaaleja kalibroidaan 10^{-6} tarkkuudella. Kennojen käyttäytymistä seurataan vertailemalla niitä Josephson-laitteesta saatuun jännitteeseen. Kuva vasemmalla.

Josephson-liitoksella toteutettu jännitenormaali oli ensimmäinen kryofysiikan sovellus. Omaan käyttöön rakennetusta laitteesta rakennettiin kolme kopiota, jotka toimitettiin Norjan, Ruotsin ja Tanskan kansallisille mittauspaikoille. Kuva oikealla.

keskuksen mittaustekniikan laboratorion suomalaissyntyistä yli-insinööri Per-Olof (Pelle) Lundbomia käytettiin näissä keskusteluissa usein asiantuntijana. Hän oli käynnistänyt sähkömetrologian ylläpidon ja siihen liittyvän tutkimustoiminnan Ruotsissa. Vuonna 1969 pidettiin Teknillisen korkeakoulun sähköosastolla esitelmä- ja keskustelutilaisuus, jossa päätettiin epävirallisesti mittanormaalilaboratorion perustamisesta. Vastuu laboratorion perustamisesta jätettiin toimikunnalle, johon kuului Pekka Salminen VTT:stä ja Kalevi Kalliomäki Oulun yliopistosta.

70-luvun alussa teollisuuden kehitys oli voimakasta ja sähkösuureiden ylläpito ja luotettavien kalibrointien saanti tuli yhä tarpeellisemmaksi. Sähkömetrologiatoiminnan käynnistäminen sai uuden aktiivisemman muodon Kalevi Kalliomäen palattua Helsinkiin hoitamaan mittaustekniikan apulaisprofessuuria. Professori Martti Tiurin aloitteesta Kalliomäki aloitti DCF-kellojen ja Loran-C -navigointijärjestelmään perustuvan taajuus- ja aikanormaalin kehittämisen. Yleisradion vanhentunut aikanormaalijärjestelmä vaati pikaista uusimista. Työn tuloksensa vuosina 1976 - 1985 koko Yleisradion aika- ja taajuusjärjestämä uusittiin pääosin VTT:n sähkötekniikan laboratorion toimesta. Kun aika- ja taajuusnormaalijärjestelmä siirrettiin TKK:sta VTT:lle vuonna 1975, siirtyi myös Jorma Vuorinen VTT:n palvelukseen vastaamaan ajan- ja taajuuden jäljitettävyydestä. Vuotta 1975 voidaan hyvällä syyllä pitää mittaustekniikan jaoston keskeisenä käännekohtana. Silloin allekirjoi-





Laboratorio on myös ajan ja taajuuden kansallisena mittauspaikkana vastuussa siitä, että kellot näyttävät Suomessa oikeaa aikaa. Tätä kautta laboratorion kalibrointipalvelut ulottuvat pitkälti yli kymmeneen miljoonaan käyttömittariin. Kuvassa laboratorion aika- ja taajuuslaboratorion laitteet. Kuva vasemmalla.

Häiriönsuojatut huoneet on alue, jolla laboratorion tutkimuksista on syntynyt yritys. Kuvassa mitataan häiriösuojatun huoneen ominaisuuksia. Kuva oikealla.

Elokuussa vuonna 1982 järjestettiin Suomessa yleisurheilun maailmanmestaruuskisat. Nokia oli valittu kisojen viralliseksi ajanottajaksi. Laboratorio toimitti Nokialle kalibroituja kelloja mittausvarmuuden saavuttamiseksi.

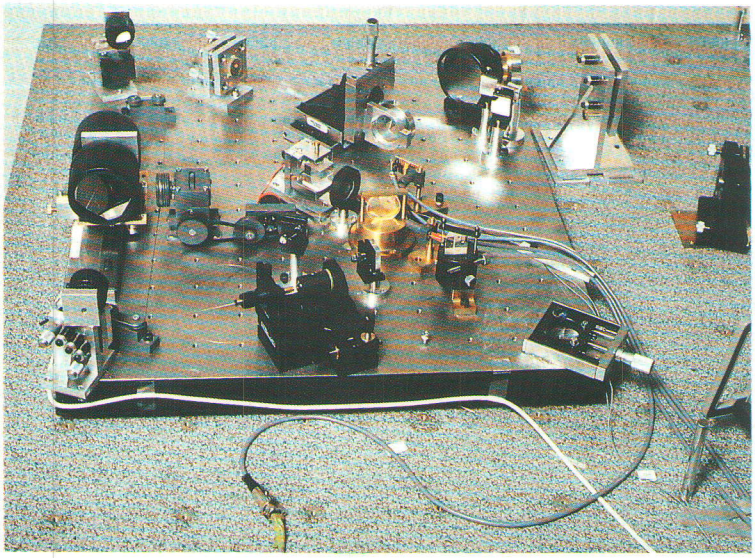
tettiin mm. TKK:n ja VTT:n välinen yhteistyösopimus mittanormaalitoiminnan kehittämisestä. Siitä ovat mittaustekniikkaan ja sähkömetrologiaan liittyvät tehtävät laboratoriossa lisääntyneet vuosi vuodelta. Oman metrologiatoiminnan sekä lukuisten muiden omien ja ulkopuolisten tehtävien kautta mittaustekniikan jaosto kasvoi kryofysiikkaan painottunut tutkimustoiminta, elektronisiin mittareihin painottuva tuotekehitystoiminta sekä tietenkin kalibrointitoiminta ja siihen liittyvä tutkimus ja tuotekehitystoiminta.

Pekka Wallinin aloittaessa TKK:n mittaustekniikan apulaisprofessorina laboratoriossa aloitettiin Josephsonin jännitenormaalin kehittäminen. Heikki Sepän diplomityö keskittyi Josephsonin jännitenormaalin ohella kryogeenisen virtavertailijan tutkimiseen sekä myöhemmin muiden kryogeenisten mittanormaalien kehittämiseen. Tämä tutkimustoiminta loi pohjan mittaustekniikan jaoston ja sittemmin Metrologian tutkimusinstituutin keskeiselle tutkimusalueelle, kryometrologialle.

Vuoden 1978 asetuksessa mittauspalvelutoiminnasta säädeltiin mittapalvelutoimiston, metrologian neuvottelukunnan sekä kansallisten ja valtuutettujen mittapaikkojen tehtävät. Lisäksi asetuksella määriteltiin, millaisia kalibrointitodistusten on oltava. Vuonna 1979 Sähkötekniikan laboratorio ilmoitti Teknilliselle tarkastuskeskukselle (TTK) valmiuksista toimia mittauspaikkana jännitteen, virran sekä resistanssin osalta. Seuraavana vuonna valtioneuvoston päätöksellä määrättiin VTT:n sähkötekniikan laboratorio edellä mainittujen suureiden kansalliseksi mittauspaikaksi. Päätös astui voimaan 1.6.1980. Myöhemmin valtioneuvoston päätöksillä 28.5.1981 ja 7.11.1983 sähkötekniikan laboratorio määrättiin kansalliseksi mittauspaikaksi ensin ajan ja taajuuden osalta ja sitten myös sähkötehon ja energian osalta. Edellä mainittujen valtioneuvoston päätösten pohjalta VTT:n sähkötekniikan laboratorio on toiminut vuodesta 1983 kansallisena mittauspaikkana tasajännitteen, vaihtojännitteen, resistanssin, energian, tehon, ajan sekä taajuuden osalta.

Mittaustekniikan jaoston tehtävät muodostuivat laitekehityskeskeisiksi lähinnä kelloprojektien ansiosta ja siihen tuli annos tieteellisempää panosta kryometrologian tutkimuksen myötä. Merkittävimpinä projekteina toiminnan alkuajoilta voidaan mainita vuosina 1976-1987 Yleisradiolle, Nokialle, Imatran Voimalle, Puolustusvoimille sekä EISCAT-projektille toimitetut kellot. Useat projektit koskivat tavalla tai toisella energian mittaamista; kWh-mittareita, sähkön laatumittareita, energiamittauksia yleensä jne. Koska sähkötekniikan laboratorio oli perinteisesti toiminut sähkövoimatekniikassa, sopi tällainen toiminta laboratorioon hyvin. Vuosina 1976 - 1980 kehitetyn Josephsonin jännitenormaalin pohjalta kehitettiin VTT:lle ja muille Pohjoismaille Josephsonin jännitenormaali. Tarkoitus oli, että kaikki Pohjoismaat ylläpitäisivät tasajännitettä ko. normaalilla. Työstä vastasi Heikki Seppä. Normaaleja valmistettiin yhteensä 5 kappaletta ja niitä varten kehitettiin oma Nb/NbxOy/Pb- liitokseen perustuva planaarinen Josephsonin liitos sekä rf SQUID. Komponentit prosessoitiin VTT:n puolijohdelaboratoriossa. Tästä sai alkunsa tiivis yhteistyö VTT:n puolijohdelaboratorion kanssa SQUIDien kehittämiseksi. Edellä mainittujen projektien lisäksi mitattiin sähkömagneettisia häiriöitä, ja kehitettiin suojahuoneita ja vaimennusmittareita. Toiminta alkoi Esa Häkkisen toimesta vuonna 1978. Nämä työt ovat toimineet Euroshield Oy:n ponnahduslautana maailmalle. Häiriösuojattu huone ja vaimennusmittari ovat edelleen heidän tuotevalikoimassaan.

Vuodesta 1975 vuoteen 1987 mittaustekniikan jaoston toiminta oli lähes täysin sulautettu TKK:n mittaustekniikan laboratorion toimintaan. Tutkimustoiminta tehtiin pääsääntöisesti



Laboratoriossa rakennettiin myös optisia tarkkuusmittareita. Kuvassa Fourier-spektrometri. Nämä työt siirtyivät kuitenkin korkeakoululle Metrologian Tutkimusinstituutin yhteistyösopimuksen myötä.

TKK:ssa ja tuotekehitystoiminta ja metrologiatoiminta pääosin VTT:llä. Tilanne muuttui vuonna 1987. Silloin Pekka Wallinin siirryttyä TKK:lle ja Timo Varpulan aloitettua VTT:llä toiminta eriytyi siten, että TKK:n mittaustekniikan laboratoriossa ja myöhemmin TKK:n metrologian tutkimusinstituutissa keskityttiin yhä enemmän optiseen mittaustekniikkaan. VTT:n sähkötekniikan laboratorioon jäi puolestaan koko sähkömetrologiatoiminta ja pääosa sähkömittaustekniikkaan liittyvästä tutkimus- ja tuotekehitystoiminnasta.

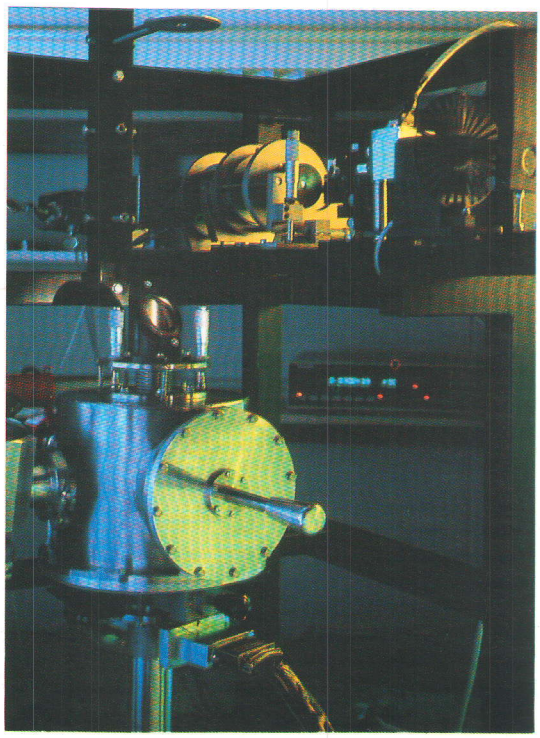
Vuonna 1987 päätettiin perustaa Metrologian tutkimusinstituutti. Siihen oli tarkoitus kuulua VTT:n sähkötekniikan laboratorion ja TKK:n mittaustekniikan laboratorion lisäksi Teknillinen tarkastuskeskus ja Posti- ja telelaitos. Instituutin toiminta vahvistettiin 30.12.1988 päivätyllä laitosten välisellä sopimuksella ja toiminta aloitettiin 1.1.1989. Instituutista muodostettiin alun alkaen suhteellisen löyhä organisaatio, jonka rungon muodosti TKK:n mittaustekniikan laboratorio ja VTT:n sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorioon kuuluva mittaustekniikan jaosto. Timo Varpulasta tuli instituutin johtaja ja TKK:ssa työskentelevästä Erkki Ikosesta sen apulaisjohtaja.

Onnistuneista tuotekehityshankkeista voidaan mainita nykyisin sarjatuotannossa olevat Mittrix Oy:n digitaalinen kilowattituntimittari ja Euroshieldin vaimennusmittari sekä uusimpina tuotekehityshankkeina kohinalämpömittari ja paperikoneen huuliaukon profiilin mittalaite. Mittaustekniikan tutkimustoiminta on suuntautunut kryometrologiasta yhä enemmän anturitekniikkaan, josta esimerkkinä voidaan mainita dc SQUID-magnetometri sekä pienikohinainen JFET. SQUIDien suunnittelussa on päästy pisimmälle maailmassa. Tutkimus- ja tuotekehitystoiminta sai VTT:ltä merkittävän lisätuen, kun VTT:n sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorioon perustettiin mittaustekniikan tutkimusprofessuuri 1989. Vuonna 1990 virkaan nimitettiin Heikki Seppä.

Laboratorion metrologian toiminta nivoutuu kiinteästi Mittatekniikan keskuksen toimintaan, joka perustettiin TTK:n yhteyteen 1.6.1991. Samalla metrologiatoiminnan ja siihen oleellisesti liittyvää akkreditointitoiminnan asema Suomessa vahvistui merkittävästi. Mittatekniikan keskuksen tehtävänä on metrologiatoiminnan koordinointi ja akkreditointitoiminta mukaanlukien valtuutettujen mittapaikkojen hyväksyminen ja valvonta. VTT:n metrologian tutkimusinstituutin tehtävä tässä yhteistyössä on suureiden ylläpidon lisäksi tarjota kalibrointipalveluja sekä antaa asiantuntija-apua Mittatekniikan keskukselle etenkin valtuutettuihin mittapaikkoihin liittyvissä kysymyksissä sekä kansainvälilisissä tehtävissä.

Sähkömetrologiatoimintaan liittyen on Metrologian tutkimusinstituutissa mm. ajan ja taajuuden ylläpidossa siirrytty käyttämään GBS-satelliittivastaanotinta vuonna 1989 sekä automatisoitu ajan ja taajuuden ylläpito. Vuosi 1990 jää metrologian historiaan vuotena, jolloin Josephsonin vakiolle $K_{J\text{-}90}$ ja von Klitzingin vakiolle R_K sovittiin uudet arvot. Tämä vahvisti toisaalta käytännön, että SI-yksikköjärjestelmän sähkösuureiden realisointi perustuu toisaalta Josephsonin ilmiöön, joka tuottaa kvanttimekaaniseen ilmiöön perustuen taajuudesta jännitteen ja toisaalta kvantti-Hall ilmiöön, joka kytkee kvanttimekaanisesti yhteen virran ja jännitteen. Vakioiden arvojen muuttaminen johti siihen, että myös Suomessa jouduttiin 1 V jännitettä muutamaan noin 0.000008 V. Näin suuri muutos on historiallinen ja tulee tuskin koskaan enää toistumaan. Koska Suomessa oli vastuksen arvoa muutettu jo vuonna 1988, sitä ei tarvinnut korjata kovinkaan paljon vuonna 1990. Myös tehon suuretta wattia jouduttiin muuttamaan samana vuonna.

Lasereiden tehokalibrointeja varten valmistui 80-luvun loppupuolella kryogeeninen, absoluuttinen radiometri. Laitteella voidaan mitata tuntemattoman laserin tehoa 10^{-5} tarkkuudella. Laitteella pystyttiin myös kiistattomasti todistamaan, että National Bureau of Standards:n (NBS) toimittamat normaalilamput olivat viallisia siten, että ne antoivat pienen systemaattisen virheen.

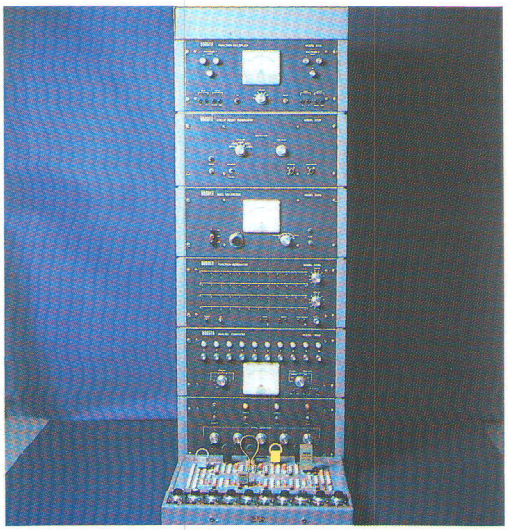


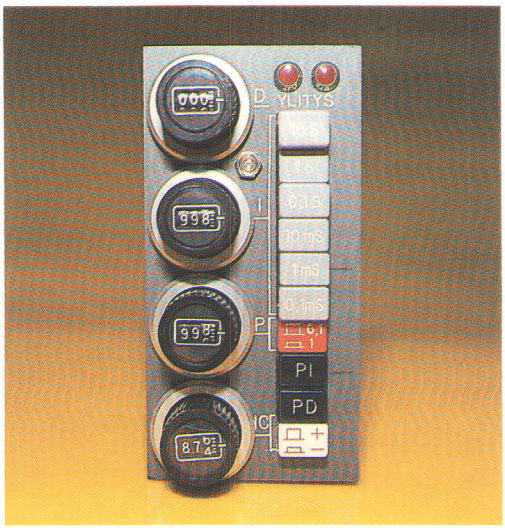
XI. ATOMIVOIMAN ALKUTAIVAL

50-luvun puolessa välissä alettiin Suomessa miettiä ydinenergian käyttöä yhtenä mahdollisuutena tulevaisuuden sähköntarpeen tyydyttämisessä. Suomen akatemian aloitteesta vuonna 1955 asetettu energiakomitea suositti seuraavana vuonna ydinenergian käyttöä eräänä tulevaisuuden vaihtoehtona. Energiakomitean ehdotuksesta perustettiin maahamme Atomienergianeuvottelukunta (AEN), jonka tehtäviin kuului mm. tarvittavan koulutuksen ja tutkimuksen organisointi. Valtiovalta suhtautui myönteisesti ydinvoimatekniikan kehitykseen ja myönsi rahoitusta AEN:n koordinoiman tutkimuksen ja koulutuksen järjestämiseen. Toiminta tukeutui pääasiassa korkeakoulujen tarjoamiin mahdollisuuksiin.

Monimutkaisten vaiheiden jälkeen päästiin 1960-luvun jälkipuoliskolla vihdoin niin pitkälle, että laitoshankkeen konkretisoituminen alkoi näyttää mahdolliselta. Tutkimus- ja koulutustoiminnan muuttaminen aiempaa käytännönläheisemmäksi nähtiin tällöin tarpeelliseksi. Pienten, tiettyihin osa- alueisiin keskittyvien ryhmien perustaminen katsottiin sopivimmaksi toimintamuodoksi. Ryhmien suorittama tutkimustyö tapahtui Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamana ja valvonnassa. Ministeriön neuvoa-antavana elimenä toimi AEN, jolla käytännössä oli tärkeä osuus tutkimustyön ohjauksessa ja koordinoinnissa asettamiensa jaostojen kautta.

Ensimmäinen ryhmä oli vuoden 1968 alussa TKK:n teknillisen fysiikan osastolle perustettu ydinreaktorien analyysiohjelmien tutkimustoimintaan keskittynyt ns. koodiryhmä. Ryhmästä kehittyi myöhemmin VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorio. AEN:n ja





VTT:n ja korkeakoulun yhteishankinnalla ostettiin kaksi Donner-nimistä analogiakonetta. Koneet oli toteutettu elektroniputkilla ja laskentajännite oli 100 volttia. Kuvassa toinen koneista, joissa molemmissa oli 10 vahvistinta ja yksi kertolaskuyksikkö. Kuva vasemmalla.

Hybridikoneen lisälaitteiksi rakennettiin analogisia PID-säätäjiä, kaksi turbiinin mallia, lead-lag piirejä ja muutamia erikoisreleitä. Tällä tavalla kapasiteettia lisättiin varsinaiseen prosessisimulointiin. Kuvassa oikealla rakennettu PID-yksikkö.

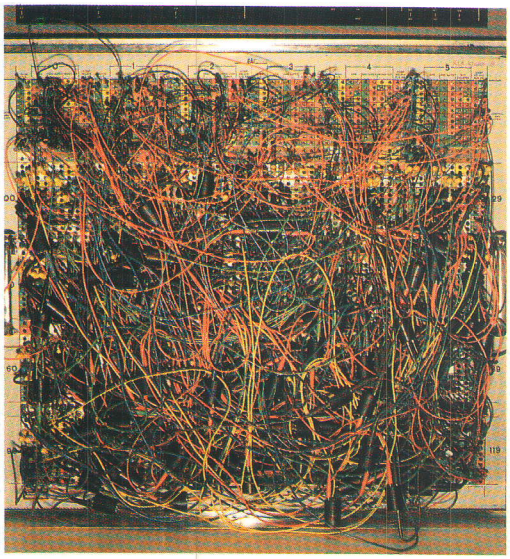
vuonna 1966 perustetun Suomen atomiteknillisen seuran (ATS) aloitteesta esitettiin vuoden 1969 keväällä dynamiikka- ja luotettavuusryhmien perustamista. AEN:n valvonnassa toimiva dynamiikkaryhmä aloitti toimintansa elokuun puolessa välissä VTT:n sähkötekniikan laboratorion tiloissa. 1970-luvun alussa VTT:n rooli ydinvoimatekniikan tutkimuksessa vahvistui professori Pekka Jauhon tultua VTT:n pääjohtajaksi. AEN:n ryhmiä siirrettiin tutkimuslaitoksen yhteyteen VTT:n ja KTM:n välisellä sopimuksella. Dynamiikka- ja luotettavuusryhmät siirrettiin Sähkötekniikan laboratorioon vuoden 1972 alusta lähtien. Ryhmien jäsenet saivat ylitarkastaja Martti Mutrun allekirjoittaman tiukkasävyisen kirjeen, jossa yksikantaan todettiin työsuhteen päättyvän 31.12.1971. Ainoa lievennys oli lause, jossa kehotettiin "potkut" saanutta kääntymään VTT:n puoleen, jos haluaa jatkaa vastaavissa tehtävissä.

Dynamiikkaryhmän johtajana toimi silloinen Sähkötekniikan laboratorion tutkija Pekka Salminen. Ryhmään palkattiin aluksi kaksi tutkijaa, Pentti Haapanen ja Arto Juusela, jotka olivat suoraan KTM:n palkkalistoilla. Ensimmäisen syksyn aikana alettiin opiskella ydinvoimalasimulointia sekä valmistella ryhmän käyttöön tulevan hybridilaskimen hankintaa. Koneen hankintaa oli jo aikaisemmin alustavasti selvitelty TKK:n systeemiteorian laboratoriossa. Ydinvoimalan tyyppiä ei vielä tiedetty. Aivan alkuvaiheessa englantilainen SGHWR-laitos oli vielä vahvana ehdokkaana, ja sen ominaisuuksiin perehdyttiin IVO:n toimittaman aineiston perusteella. Myöhemmin syksyllä IVO kuitenkin päätyi tilaamaan VVER-440-tyyppisen PWR-laitoksen Neuvostoliitosta.

Ensimmäiset alkeelliset simuloinnit tehtiin TKK:n Donner-analogiakoneella. Vaikka kone oli aikanaan hyvin palvellut tarkoitustaan, alkoi se olla lopuillaan. Koneen (itseasiassa 2 kpl) kapasiteetti oli ensiksi aivan riittämätön koko ydinvoimalaitosprosessin minkään tasoiseen järkevään mallinnukseen. Työskentely koneella vakiintui hyvin nopeasti sellaiseksi, että aamupäivä etsittiin ja korjattiin vikoja ja iltapäivällä sitten simuloitiin. Tästä huolimatta analogiasimuloinnin alkeet pystyttiin koneella hyvin omaksumaan. Merkittävä edistysaskel otettiin, kun myöhemmin syksyllä päästiin käyttämään Helsingin yliopiston ydinfysiikan laitoksella olevaa EAI:n analogiakonetta. Tällä koneella saatiin aikaan ensimmäinen vakavasti otettava reaaliaikamalli.

Samanaikaisesti valmisteltiin hybridikoneen hankintaa. Dynamiikkaryhmä teki syksyllä kiertomatkan Eurooppaan. Matkan aikana käytiin katsomassa Applied Dynamics'in koneita Rotterdamissa, EAI:n Brüsselissä sekä Solartronin konetta Farnboroughissa. Samalla matkalla tutustuttiin myös Pariisissa sijaitsevaan EdF:n mahtavaan simulointilaboratorioon. Hankittavasta koneesta pyydettiin tarjoukset myös suomalaisilta Nokialta ja Strömbergiltä, mutta nämä olisivat pystyneet toimittamaan vain digitaalikoneen ja ohjelmistotarjonta oli myös puutteellista. Tarjouskierroksen jälkeen päädyttiin hankkimaan amerikkalainen EAI-690- hybridikone. Hankintaa valmisteltaessa esitettiin eräiltä tahoilta, ettei hybridikonetta pitäisi hankkia, vaan rahat olisi viisaampaa käyttää "tehokkaan" digitaalikoneen hankintaan koko ydintutkimuksen tarpeita varten. Kun sitten tehty analogiamalli ohjelmoitiin kokeen vuoksi TKK:n IBM 1710- koneelle ja parin minuutin pituisen transientin laskenta sillä osoittautui kestävän yli 100 tuntia, nämä vaatimukset oli helppo torjua. Hybridikonetta myöhemmin laajennettaessa tapahtui sellainenkin ihme, että Heikki Raumolin, joka tuolloin työskenteli KTM:n atomitoimistossa, soitti eräänä päivänä ja ilmoitti: "Meillä olisi täällä ministeriössä ylimääräistä rahaa, olisiko teillä mitään tarvetta". Tänään ei tällaisesta enää uskalla nähdä untakaan. Tällä tavoin saatiin koneeseen

Hybridikone EAI-690 hankittiin Loviisan laitoksen simulointitutkimuksia varten. Silloin analogia- ja digitaalikoneen yhdistelmä oli ainoa mahdollisuus käytännössä viedä läpi tarvittavat simulointikokeet laitoksen pääsäätöjärjestelmän toiminnan varmistamiseksi. Kuvassa kone sellaisenaan kuin se asennettiin kesällä vuonna 1970.



Vuonna 1973 valmistui Loviisan laitoksen malli, jota käytettiin paitsi pääsäätöjen kokeiluihin myös todellisten säätäjien testaukseen ja henkilökunnan koulutukseen. Kuvassa mallin analogiaosan kytkentäpaneeli eli ohjelma. Kuva vasemmalla.

Kuvassa varmistaudutaan Loviisan laitokseen installoitavien säätökaappien oikeasta toiminnasta. Mallin simuloidut säätäjät kytkettiin kokeissa irti ja korvattiin oikeilla. Työllä varmistettiin, että aitoksen käyttöönotto sujuisi ilman häiriöitä. Kuva oikealla.

hankittua "mahtavan kokoinen" (720 kB) kiintolevymuisti. Tämä helpotti koneen käyttöä oleellisesti, sillä sitä ennen kaikki ohjelmat oli ladattava reikänauhoilta, eikä muuta "käyttöjärjestelmää" ollut kuin ihminen, joka istui tuolilla nauha-aseman vieressä ja epätoivoisesti yritti estää nauhoja sotkeentumasta.

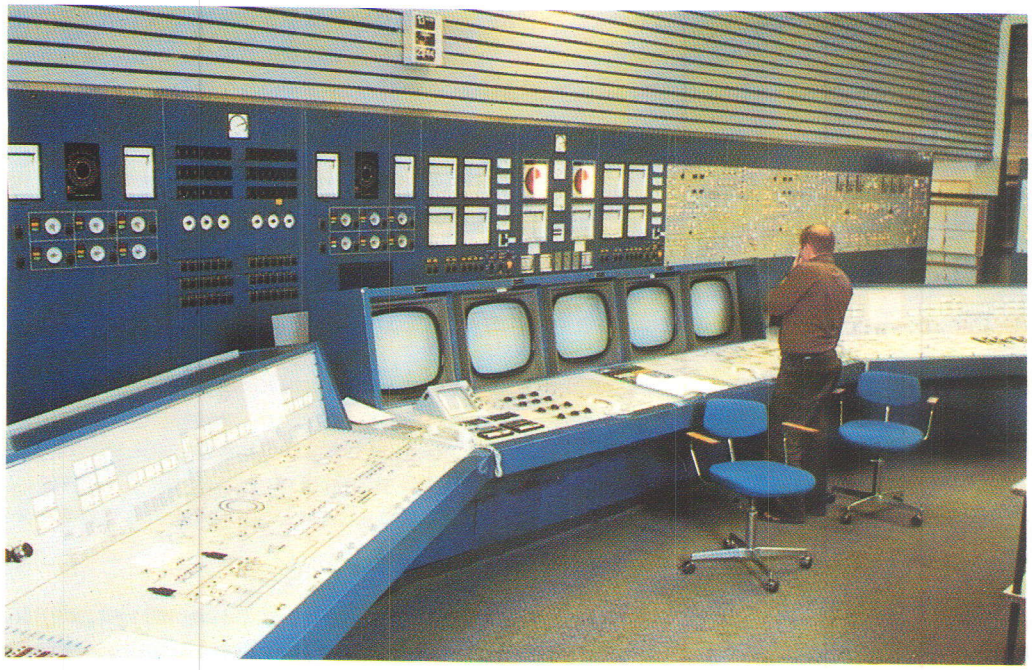
Hybridikone saatiin maahan toukokuussa 1970 ja varsinaiseen simulointityöhön päästiin kesälomien jälkeen. Dynamiikkaryhmää vahvistettiin samalla palkkaamalla koneelle käyttöinsinööri Harri Heimbürger. Samalla koulutettiin laboratorion tutkimusinsinööri Esko Saukkonen koneen ylläpitotehtäviin. TKK:lla oli pieni osuus koneeseen ja kone sijoitettiin TKK:n systeemilaboratorion tiloihin.

Uusi kone antoi ratkaisevasti paremmat mahdollisuudet ydinvoimalaitosprosessin reaaliaikaiseen simulointiin. Työ aloitettiin rakentamalla Loviisan laitoksen malli, jota sitten laajennettiin. Koko työhön käytettiin työaikaa yhteensä noin kahdeksan henkilötyövuoden verran. Mainittakoon, että dynamiikkaryhmän perustamisasiakirjoissa työn oli arvioitu vaativan kaikkiaan 10 henkilötyökuukautta sisältäen sekä mallin laatimisen että tarvittavien analyysien tekemisen.

Reaktorimallin parametrien virittämistä varten tehtiin yhteistyötä reaktorianalyysiryhmän kanssa. Heiltä saatiin tarkemmista reaktorin neutroniikkakoodeista kondensoituja yksidimensioisen diffuusioyhtälömallin parametreja. Kun haluttiin verrata saadun mallin käyttäytymistä tarkempiin reaktorimalleihin, ajettiin joitakin transienttiajoja, joissa reaktori ohjautui pelkästään takaisinkytkentöjen varassa, ja pyydettiin analyysiryhmää laskemaan samat transientit. Tulokset olivat kuitenkin erilaiset. Selvisi, että Markku Rajamäki oli omissa laskelmissaan asettanut takaisinkytkentäkertoimet nolliksi, "kun ne olivat niin pieniä".

Loviisan mallia käytettiin laajalti laitoksen pääsäätöjärjestelmän analyyseihin, kehittämiseen ja virittämiseen. Osia laitoksen pää- ja turbiininsäätöjärjestelmistä testattiin Otaniemessä hybridimalliin liitettyinä reaaliaikaympäristössä. Malliin liitettiin myös ohjauspulpetti. Tällä tavoin saatiin aikaan laitoksen dynaamisen peruskäyttäytymisen

Loviisan laitoksen periaatesimulaattori toteutettiin siten, että hybriditietokonemalliin kytkettiin käyttöpaneeli. Käyttöpaneelilla voitiin suorittaa tavanomaiset ohjaustoimenpiteet, kuten laitoksen synkronointi verkkoon ja tehonnosto. Paneelin taakse sijoitetuista kytkimistä kouluttaja pystyi syöttämään erilaisia virhetilanteita simulointiin koulutettavien selvitettäväksi.



Jo ennen Three Mile Islandin ydinvoimalaonnettomuutta toteutettiin Loviisan valvomon ihminen-kone liitännän läpikäynti. Tutkimuksen lopputoteamus oli, ettei Loviisassa ole samanlaisia ongelmia kuin joissakin amerikkalaisissa valvomoissa. Kuvassa Loviisan laitoksen valvomo.

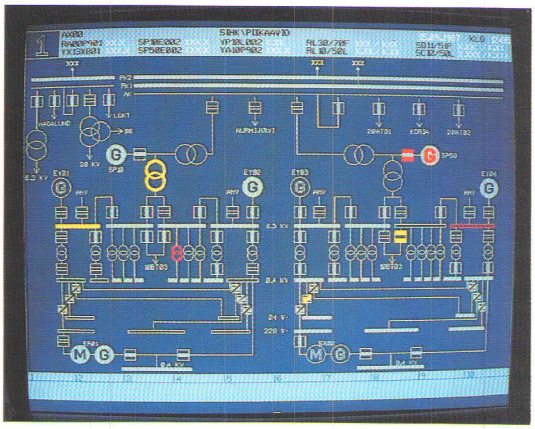
Loviisan laitoksen täysimittakaavainen koulutussimulaattori valmistui vuonna 1980 yhteistyönä Nokian, IVO:n ja VTT:n kesken. VTT:n työpanos laitoksen mallintamisessa oli 10 henkilötyövuotta ja vastaanottotestien ja koulutusohjelman suunnittelussa 5 henkilötyövuotta. Kuvassa simulaattori on valmis toimitettavaksi tehdaskokeiden jälkeen.

havainnollistamiseen soveltuva koulutussimulaattori. Tällä periaatesimulaattorilla kävivät Loviisan ensimmäisen yksikön operaattorit kaksi päivää kestävän peruskurssin. Kurssi oli osanottajien mielestä hyödyllinen aikana, jolloin täysmittakaavaisesta simulaattorista voitiin vain haaveilla.

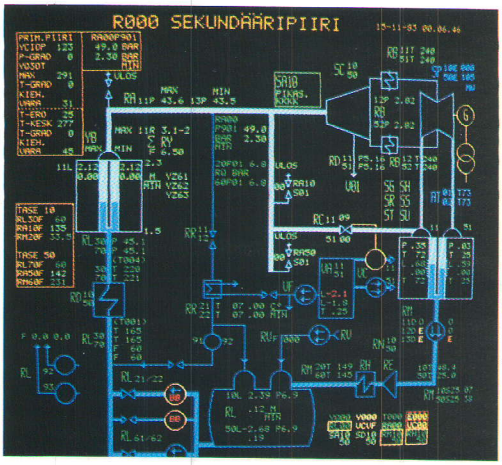
Samantasoinen simulointimalli ja koulutussimulaattori rakennettiin myöhemmin myös Olkiluodon BWR- laitoksesta. Sen käyttö jäi kuitenkin paljon vähäisemmäksi kuin Loviisan simulaattorin. Ilkka Mikkola oli mallin rakentamisen aikoihin dynamiikkajaostossa. Hän totesi, että koska malli ja simulaattori on rakennettu valtion varoilla IVO:lle, niin tasapuolisuuden nimissä samanlainen on tehtävä myös TVO:lle. Malli syntyi nyt vähemmällä vaivalla, koska Loviisan simulaattorista saadut kokemukset voitiin hyödyntää. Oleellista lisätyötä tarvittiin vain reaktorin termohydrauliikan mallissa ja täysin erilaisten säätöperiaatteiden toteutuksessa. Ohjauspulpettia rakennettaessa vaadittiin TVO:lta sitoumus, että sitä myös käytetään maksulliseen koulutukseen Olkiluodon operaattoreille tietty minimimäärä, jotta rakentamiskustannukset eivät jäisi VTT:n maksettaviksi. Tämä sitoumus jäi täyttämättä, sillä kiehutusvesilaitos on tällä tasolla kuvattuna niin yksinkertainen ja automatisoitu, että koulutettavat voivat vain sivusta seurata, miten laitos toimii. PWR-laitoksen mallissa oli ohjaajalla paljon enemmän vaikutusmahdollisuuksia ja koulutus myös antoisampaa.

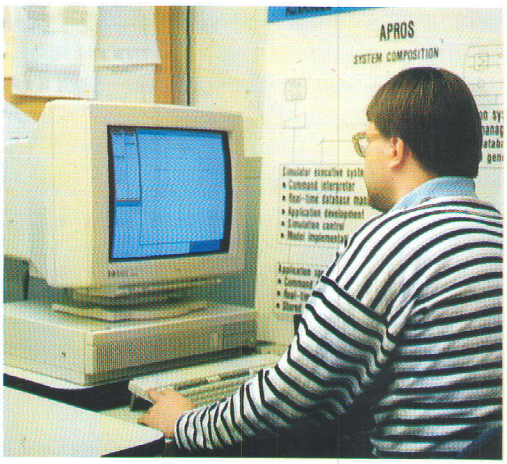
70-luvun loppupuolella hybridikoneen käyttö alkoi nopeasti hiipua, kun laitokset valmistuivat ja koulutusta varten saatiin täysmittakaavaiset simulaattorit. IVO sai oman simulaattorin Loviisaan ja TVO:n operaattorit kävivät pitkään Studsvikissa AKU:n simulaattoreilla. Korkeakoulu käytti hybridikonetta vielä muutamia vuosia opetukseen, mutta vuonna 1989 tiloja tarvittiin muuhun käyttöön ja kone siirrettiin kellariin. Sieltä se siirrettiin vuonna 1991 Jyväskylään tietokonemuseosäätiön varastoon. Toivottavasti säätiö jossain

PDP-tietokonelaitteisto



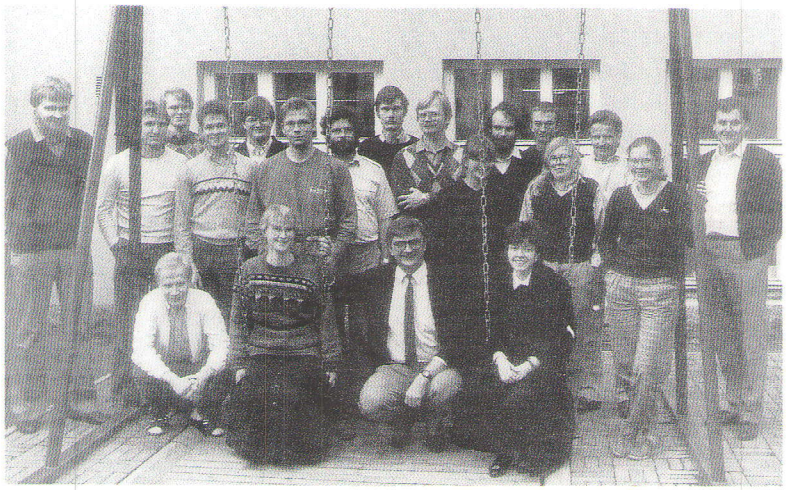
Valvomotutkimusta on laboratoriossa tehty monen yhteistyöpartnerin kanssa. Digitaalisten automaatiojärjestelmien kehitystyötä, koulutussimulaattoriprojektia, Halden yhteistyötä, jne. hyödynnettiin konkreettisella tavalla Loviisan laitoksen prosessitietokoneiden uusimisprojektissa. Kuvassa sen aikainen versio eräästä näytöstä.





Valvomonäyttöjen suunnittelua on mietitty monessa konkreettisessa projektissa. Vasemmassa kuvassa aikainen näkemys miten ydinvoimalaitoksen sekundääripiiriä voitaisiin esittää operaattoreille.

Kuvassa APROS-simulointiohjelmiston kehitystyö käynnissä IVO:n Malminkadulla olevissa tiloissa. Kuva oikealla.



APROS-ohjelmiston kehitystyöryhmä ryhmäkuvassa.

vaiheessa saa koneelle sopivan näyttelytilan. TVO:n periaatesimulaattorin ohjauspulpetti on tänä päivänä esillä simulaattorirakennuksen aulassa Eurajoen Olkiluodossa.

Joitakin simulointimalleja tehtiin myös koneyhdistelmällä, jossa hybridikoneen analogiaosa oli liitetty CAMAC- liitännän avulla PDP-11- tietokoneeseen. Näistä mainittakoon esim. Asea-Atomin suunnittelema SECURE- lämmitysreaktorin malli. Tämä edusti eräänlaista siirtymävaihetta. Tänä päivänä digitaalitietokoneet ovat niin tehokkaita, että myös kaikki reaaliaikasimulointi on siirtynyt niille. Prosessien simulointi on jatkunut laboratoriossa tärkeänä työkenttänä. Yhteistyössä VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion (YDI) ja Imatran Voima Oy:n kanssa on vuodesta 1986 kehitetty varsin joustavaa simulointiohjelmistoa (APROS).

XII. YDINVOIMASTA ALKUPOTKU LUOTETTAVUUSTEKNIIKALLE

Kun Suomeen alettiin kehittää ydinvoiman rakentamisessa tarvittavaa tietoutta 60-luvun loppupuolella, oli Kauppa- ja teollisuusministeriön atomienergianeuvottelukunta keskeisessä asemassa. AEN:n eräänä avainhenkilönä oli silloinen TKK:n ydinfysiikan professori Pekka Jauho. AEN oli perustanut erilaisia tutkimusryhmiä. Tällöin syntyi ajatus ydinvoimalaitosten luotettavuutta ja käytettävyyttä tutkivan työryhmän perustamisesta. Vuoden 1970 alkupuolella asetti Atomienergianeuvottelukunta Luotettavuusjaoston, jonka alaisena toimi ns. luotettavuusryhmä. Vuoden lopussa ryhmän vahvuus oli 2 henkilöä. Ensimmäinen toimintasuunnitelma sisälsi tutkimuksia sähkön tuotantojärjestelmän toimintavarmuudesta sekä atomivoimalaitoksen ja sen komponenttien luotettavuudesta. Ryhmä oli perustettu TKK:n sähkölaitoslaboratorioon, jossa oli professorina Veikko Palva. Pekka Jauho oli vaikuttamassa varsin keskeisesti ydinvoimaprojekteissa TKK:n aikanaan. Kun Jauhosta tuli VTT:n pääjohtaja 1970-luvun alussa, vahvistui VTT:n asema ydinvoimatekniikan tutkimuksessa. Pekka Jauhon ja Veikko Palvan mielestä luotettavuusryhmä sopisi tehtäviensä puolesta VTT:n sähkötekniikan laboratorioon. Tämän seurauksena luotettavuusryhmä siirrettiin vuoden 1972 alussa VTT:n sähkötekniikan laboratorioon luotettavuustekniikan jaostoksi KTM:n ja VTT:n keskinäisellä sopimuksella. Sopimuksessa määriteltiin:

> "Projektin tarkoituksena on järjestelmien luotettavuuden laskenta- ja analyysimenetelmien selvittely ja kehittäminen, tarvittavien tilasto- ja muiden tietojen hankinta seka menetelmien soveltaminen erityisesti Suomeen hankittavien atomivoimalaitosten luotettavuustutkimuksiin silmälläpitäen myös alan koulutustarvetta ja ottaen huomioon turvallisuustarkastelujen toiminnalle asettamat vaatimukset."

Luotettavuusryhmän sähkötekniikan laboratorioon siirtymisen yhteydessä ko. laboratoriossa alkoi järjestelmällinen teknillisten järjestelmien, toimintojen ja laitteiden käytettävyyden ja luotettavuuden tutkiminen. Luonnollisesti laitteiden valmistamisessa ja työmenetelmien kehittämisessä oli jo aiemmin pyritty pitkäikäisyyteen, taloudellisuuteen ja turvallisuuteen, mutta valinnat eri vaihtoehtojen välillä tapahtuivat osittain tiedostamattomasti ja perustuivat lähinnä kokemukseen ja vaistonvaraiseen "minusta tuntuu"-mielteeseen. Asioita ei yhdistelty suunnitelmallisesti eikä selvitetty systemaattisesti vaan käytettiin esimerkiksi sellaista osaa tai kytkentää, joka oli entuudestaan tuttu tai vaikutti muuten hyvältä. Mutta nyt työskentely sai luotettavuustekniikan käyttöönoton ansiosta järkiperäisemmät tavoitteet ja puitteet.

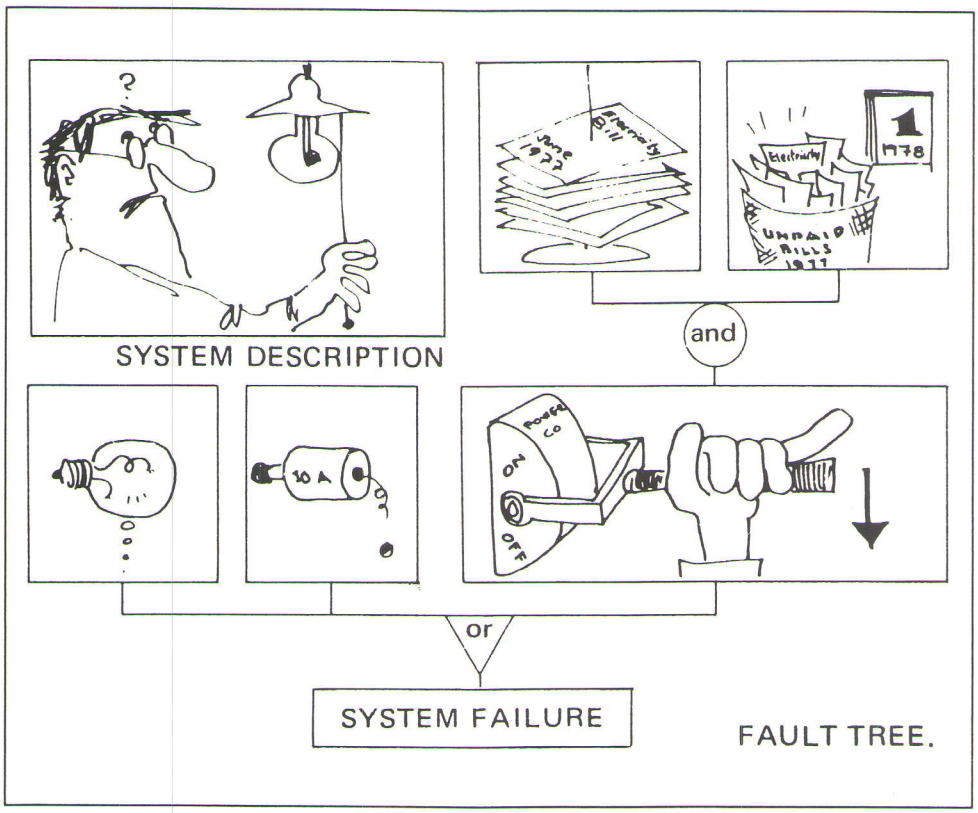
Luotettavuusryhmä kuului Sähkötekniikan laboratorioon, ja Jauho oli luotettavuusprojektin puheenjohtaja. Päätehtävinä olivat edelleen erilaiset ydinvoimalaitoksen osajärjestelmien luotettavuusanalyysit, käytettävyystilastot sekä vertailut eri toteutusvaihtoehtojen välillä. Näihin aikoihin liityttiin alan kansainvälisiin järjestöihin ja hankittiin erilaisia tietokoneohjelmia ja luotettavuustilastoja. Tietotaitoa hankittiin nyt myös USA:sta aiemmin pääasiassa Saksasta ja Englannista saadun tietotaidon rinnalle.

Kauppa- ja teollisuusministeriön ydinvoimalaitoksia koskevat toimeksiannot työllistivät luotettavuusryhmän kokonaan aina vuoteen 1976 saakka. Tällöin ryhmä sai ensimmäiset

tehtävät paperiteollisuudelta ja elektroniikkateollisuudelta. Ne käsittivät mm. luotettavuustekniikan soveltamista metsäkoneteollisuuteen, säähavaintojärjestelmän elektroniikan luotettavuustutkimuksen ja paperikoneen puristinosan luotettavuus-kustannus riippuvuuden tarkastelun. Vuoden 1976 lopussa ryhmän vahvuus oli 10 henkilöä. Luotettavuustekniikan käyttö laajeni teollisuudessa 70- ja 80-lukujen taitteessa monelle alalle. Esimerkkinä voidaan mainita elektroniikka, tietoliikennetekniikka, ilmailu, autoteollisuus ja prosessiteollisuus sekä muu voimalaitosteollisuus.

Pitkäaikaiset perinteet pohjoismaisesta yhteistyöstä ja tarpeet tiedon vaihtoon sekä resurssien kokoamiseen ovat luoneet hyvän pohjan yhteispohjoismaiselle ydinturvallisuustutkimukselle. Säännölliset pohjoismaiset tutkimusohjelmat tällä alueella alkoivat noin 15 vuotta sitten.

Jo toisessa turvallisuusohjelmassa vuosina 1981-1985 luotettavuustekniikka tuli mukaan projektissa "Todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi ja lisensiointi, NKA/SÄK-1". Projektissa olivat mukana tutkimuslaitokset kaikista neljästä pohjoismaasta, VTT Suomesta, IFE Norjasta, Risø Tanskasta ja Studsvik Ruotsista sekä Asea-Atom ja viranomaiset Statens Kärnkraftinspektion (SKI) Ruotsista ja Säteilyturvakeskus (STUK) Suomesta.



Esimerkki siitä, miten järjestelmävian syntyminen voidaan kuvata vikapuun muodossa.

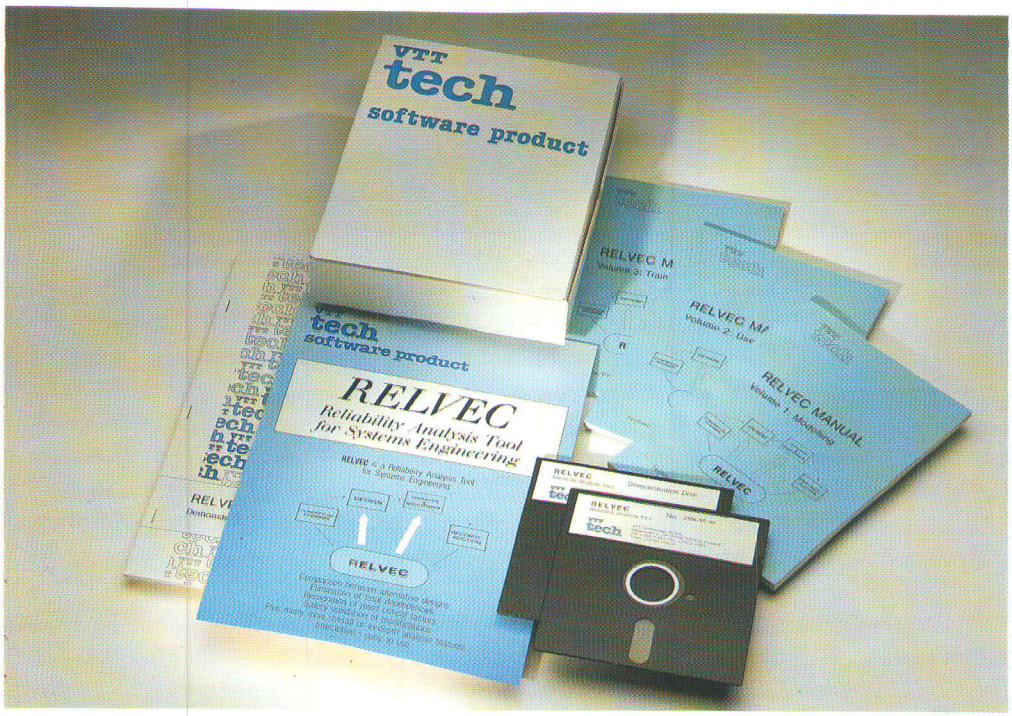
Projektissa arvioitiin ja verrattiin pohjoismaissa käytettäviä menetelmiä, tietokoneohjelmia ja vikatietokantoja todennäköisyyspohjaista turvallisuusanalyysiä (PSA) varten, sekä pohdittiin PSA:n soveltamismahdollisuuksia lisensioinnissa ja viranomaistyössä.

Seuraava projekti "Turvallisuusteknisten käyttöehtojen optimointi PSA-menetelmiä hyväksi käyttäen, NKA/RAS-450 kuului pohjoismaisen atomienergiaelimen (NKA) turvallisuusohjelmaan vuosina 1985-1989. Tämän tutkimustyön rahoittivat pohjoismaiden neuvosto, SKI Ruotsista, KTM ja VTT Suomesta sekä voimayhtiöt Teollisuuden Voima ja Vattenfall. Projektissa tehdyn menetelmäkehityksen avulla on mahdollista mm. analysoida määräaikaiskokeiden tehokkuutta ja laskea vaihtoehtoisten koejärjestelyjen vaikutusta turvallisuuteen. Lisäksi voidaan arvioida riskin suhteellinen nousu, kun turvajärjestelmän laitteita on irtikytketty ehkäisevää kunnossapitoa varten, ja vertailla vaihtoehtoisia käyttöperiaatteita vikatilanteissa toisiinsa sekä tunnistaa sellaiset käyttötavat, jotka johtavat pienimpään reaktorin vauriotodennäköisyyteen. Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio osallistui myös vuosina 1985-1989 toiseen NKA-projektiin RAS-470, jossa kehitettiin, verrattiin ja dokumentoitiin todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin erityismenetelmiä.

Nykyiseen neljänteen pohjoismaiseen turvallisuusohjelmaan vuosina 1990-1993 kuuluva tutkimusprojekti "Turvallisuuden arviointi elävää PSA:ta ja turvallisuusindikaattoreita hyväksi käyttäen, NKS/SIK-1" on jatkoa edellisille NKA/RAS-projekteille sekä suomalaiselle ja ruotsalaisille kansallisille hankkeille. Tällä kertaa projektiin osallistuu tutkimuslaitoksia, viranomaisia, voimayhtiöitä ja konsultteja Suomesta, Ruotsista, Tanskasta ja Norjasta. Projektissa kehitetään ajan tasalla pidettävää todennäköisyyspohjaista turvallisuusanalyysiä, Living PSA:ta, ja laitoksen käyttökokemuksista saatavaan tietoon perustuvia turvallisuusindikaattoreita. Näiden menetelmien avulla voidaan tunnistaa entistä paremmin ydinvoimalaitoksen toiminnassa tapahtuvat turvallisuuteen vaikuttavat muutokset. Kehitettyjen menetelmien soveltamista kokeillaan laitosten käyttöturvallisuuden arviointiin ja parantamiseen.

Laboratoriossa on kehitetty jo 70-luvulta lähtien erilaisia laskenta- ja arviointimenetelmiä ja tiedotettu aktiivisesti turvallisuuteen ja luotettavuuteen liittyvistä asioista niistä kiinnostuneille. Ulkopuoliset toimeksiannot sisälsivät jo tuolloin luotettavuustekniikan soveltamista useille alueille kuten tietokoneohjelmistojen rakenteeseen, elektroniikkalaitteisiin ja järjestelmiin, diesel-generaattoreihin, tuotantolinjoihin, kuljetusten turvallisuuteen, prosessien käyttökeskeytys- ja turvallisuusriskien arviointiin, kemian teollisuuden turvallisuusselvityksiin, komponenttien käyttövarmuuden testaus- ja ennustusmenetelmien kehittämiseen.

Toimintavarmuuden tai luotettavuuden arvioinnin perustana on aina jonkinlainen luotettavuusmalli kuten esim. "vikapuu", jota paljon käytetään. Ensin on selvitettävä tutkittavaan tapahtumaan tai järjestelmän vikaantumiseen johtavat tai liittyvät toiminnot ja osat sekä näiden keskinäiset riippuvuudet. Näin edetään niin pitkälle kuin riittävästi tilastollista tietoa tapahtumista ja osista on saatavissa. Tämän jälkeen tehdään usein varsin raskas tilastollisen aineiston käsittely. Sen takia tietokoneitten käyttö luotettavuustekniikassa on välttämätöntä.



Laboratorion omia luotettavuustarkasteluja varten kehitettiin RELVEC-niminen ohjelmisto. Ohjelmisto kaupallistettiin ja sitä on myyty sekä Suomessa että ulkomailla useaan yritykseen. Kuvassa ohjelmiston dokumentointia ja esitteitä.

Luotettavuustekniikan alueella käynnistyi laboratorion kannalta tärkeä projekti Kemiran hienokemikaalitehtaan rakentamisprojektin yhteydessä. Tehtaan suunnittelua ja käyttöönottoa on tuettu automaatio- ja turvallisuusosaamisella. Projektista on generoitunut monta ideaa erä-prosessien ohjaukseen. Kuvassa Kokkolassa sijaitsevan tehtaan yleiskuva.

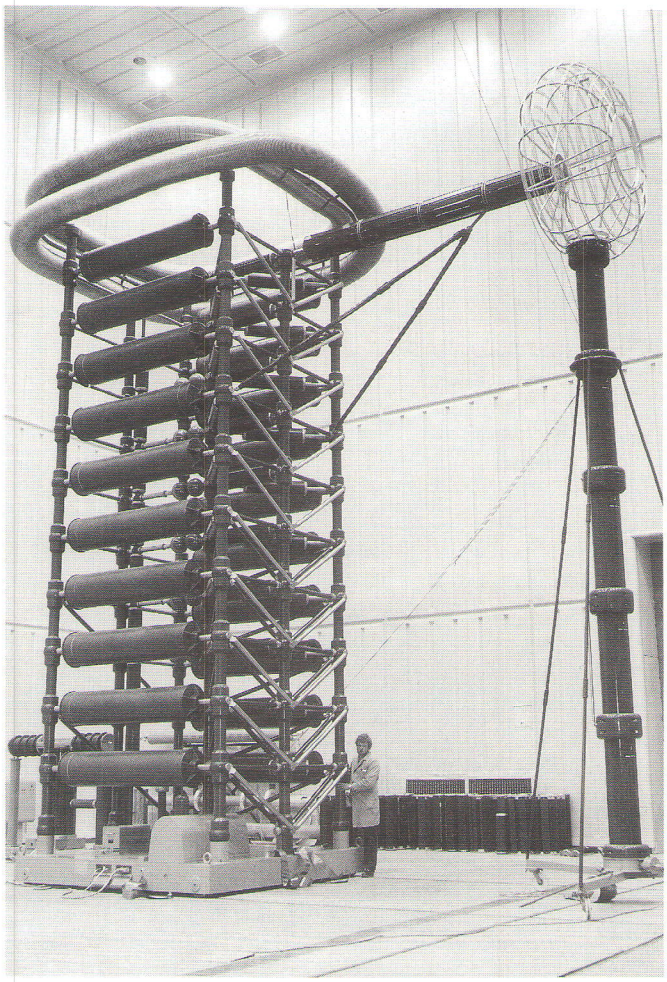
Vuonna 1980 ryhdyttiin kehittämään uutta tietokonepohjaista mallintamismenetelmää automaatiojärjestelmien luotettavuuden tutkimiseen. Tuolloin alkoivat hajautetut automaatiojärjestelmät tehdä tuloaan prosessiteollisuuden ohjauksiin. Tämän kaltaisten järjestelmien tutkimiseen eivät silloiset keinot riittäneet, vaan oli pakko lähteä kehittämään jotain uutta. Kehitystyön tuloksena syntyi RELVEC-tietokoneohjelma. Ohjelman kehittämistä jatkettiin useita vuosia ja työn tuloksena siitä tuli sähkötekniikan laboratorion ylläpitämä ohjelmistotuote vuonna 1985. VTT Technology Oy aloitti RELVEC-ohjelman markkinoinnin. Nykyisin ohjelmaa käyttävät suunnittelutyönsä apuna 25 yritystä kotimaassa ja muutama ohjelmaversio on toimitettu myös ulkomaille. 80-luvulla kehitettiin myös lukuisia tilastollis-matemaattisia ohjelmia, joiden avulla voidaan estimoida luotettavuustekniikassa käytettävien todennäköisyysjakaumien parametrien arvoja käytettävissä olevista havaintoaineistoista sekä ohjelmia, joiden avulla voidaan analysoida vikataajuuksia.

Nykyisin ovat tekoäly ja asiantuntijaohjelmistot olioineen ja tietämyskantoineen tulleet luotettavuustekniikan avuksi. Tutkimuskohteet ovat teknologioiden kehittyessä myös muuttuneet 90-luvulle tultaessa. Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratoriossa on luotettavuustekniikkaa sovellettu merenpohjan olosuhteita tutkivista laitteista Marsiin matkaaviin laitteisiin. Viimemainitut, niitä oli kaksi peräjälkeen ammuttua luotainta, katosivat taivaan tuuliin naapurimaamme operaattorien tekemän ohjausvirheen takia. Emme saaneet koskaan tietää, pitivätkö luotettavuuslaskelmat paikkaansa! Tästä otimme opiksi ja olemme nyt kehittämässä ohjelmistojen luotettavuuden hallintaa erääksi vahvaksi tutkimusosaamiseksi.

XIII. ENERGIA- JA SÄHKÖVOIMATEKNIIKKA TOIMINNAN PERUSTANA

Testaukset, mittaukset, valvontatehtävät

Sähkövoimatekniikkaan liittyvät testaukset ja mittaukset muodostivat laboratorion toiminnan ytimen ensimmäisinä vuosikymmeninä. Tämän toiminnan suhteellinen osuus on pienentynyt vuosien mittaan muun toiminnan laajentuessa. Itse testaustoiminnan sisällössä on myös tapahtunut muutoksia. Näistä merkittävin oli vuonna 1969 tapahtunut muutto Otaniemeen, jonne oli valmistunut myös uusi suurjännitelaboratorio. Laboratorion käyttö tapahtui alussa lähes yksinomaan korkeakoulun puitteissa, mutta 70-luvun alkupuolella VTT:n osuus sen käytössä kasvoi oleellisesti. Syynä oli lähinnä tilaustutkimustoiminnan vaikeutuminen korkeakoululla ja lisäksi asiaan vaikutti samoihin aikoihin tapahtunut professori Veikko Palvan siirtyminen VTT:lle tutkimusjohtajaksi. Seurauksena oli sekä



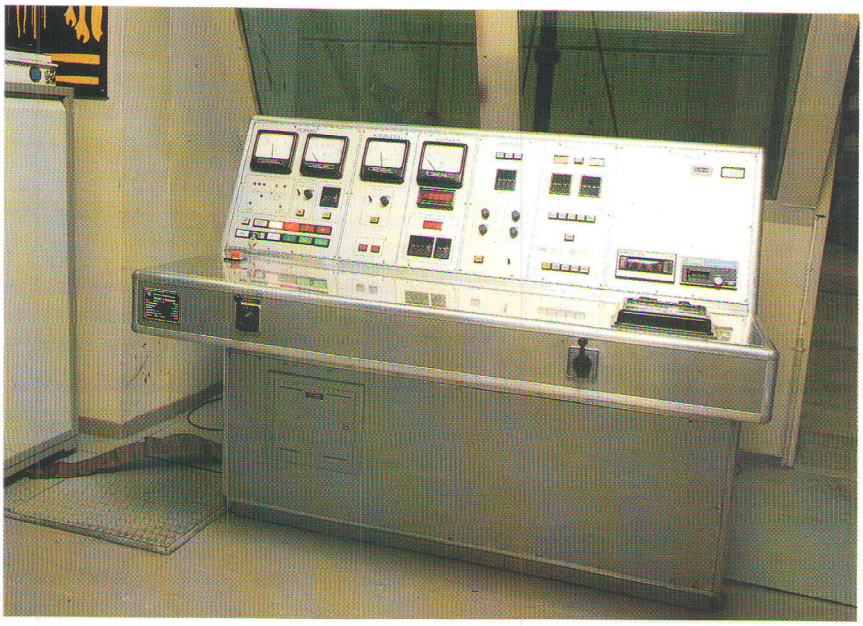
Syöksyjännitegeneraattori uudessa testauslaboratoriossa.

koestustoiminnan että osittain myös tilaustutkimustoiminnan siirtyminen VTT:lle.

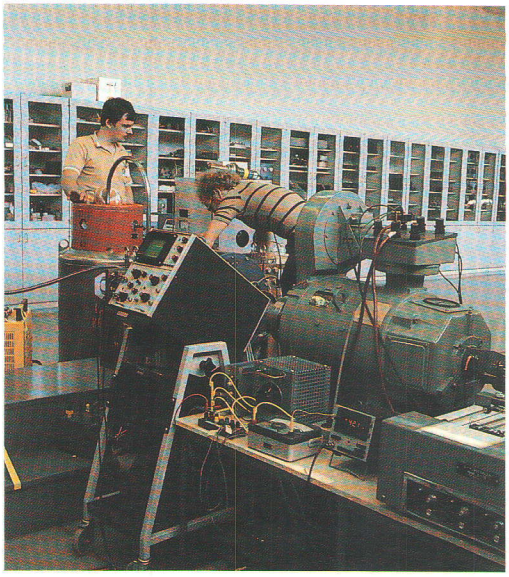
Koestustoiminnan kehitys on 70-luvun alusta lähtien seurannut sähkölaitetekniikan yleisiä kehitystrendejä maassamme. Uuden suurjännitelaboratorion valmistuminen antoi myös suomalaisille pienvalmistajille ja käyttäjille mahdollisuuden mitoittaa laitteensa todellisten eristystasovaatimusten mukaisesti tai todeta laitteiden mitoitus jälkikäteen. Tällöin suurimman osan koestustehtävistä muodostivat jo käytössä olleiden eristysrakenteiden jännitelujuuden määrittäminen sekä eristysrakenteiden mitoittaminen voimajohdoille, sähkörautateille ja keskijännitelaitteille. Myös ulkomaalaiset valmistajat joutuivat huomaamaan, että Suomi ei enää ollut käyttökelvottomiksi jääneiden laitemallien "kaatopaikka".

Suurjännitelaitteiden koestustoiminnan vakiinnuttua muodostuivat oikosulkukoestukset seuraavaksi painopistealueeksi 70-luvun jälkipuoliskolla. Syynä tähän oli verkkojen oikosulkutehojen nousu sekä käyttäjien valveutuminen. Koska laboratoriossa ei ollut omia laitteita, oli nämä tehtävät hoidettava ulkopuolisissa laboratorioissa, lähinnä Chalmers tekniska högskolassa Göteborgissa sekä osittain myös Oy Strömberg Ab:n teholaboratoriossa Vaasassa. Useimmat asiakkaat valitsivat Göteborgin, koska uusia tuotteita ei haluttu viedä nähtäväksi kilpailijan laboratorioon. Viime vuosina näitä kokeita on tehty myös Norwegian Electric Power Institute:n (EFI) teholaboratoriossa Norjassa.

70-luvulla ja vielä 80-luvun alkupuoliskollakin huomattava osa koestuksista oli Neuvostoliittoon toimitettujen laivojen sähkölaitekoestuksia, mutta laivatoimitusten loppuessa myös tällaiset tehtävät loppuivat. Muina huomattavimpina koestustehtävinä voidaan mainita



Suurjännitetestausta on tehty yhteistyössä korkeakoulun sähkölaitos- ja valaistustekniikan laboratorion kanssa. Kuvassa on 2500 kV:n syöksyjännitegeneraattorin ohjauspulpetti, joka rakennettiin testien rationalisoimiseksi.



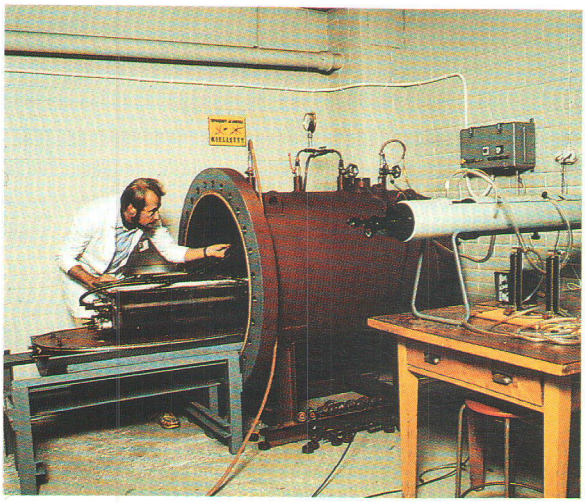
Suurjännitetestauksessa toimitaan yhteistyössä korkeakoulun kanssa. Kuvassa purkaus eristeen yli. Kuva vasemmalla.

Suurjännitepuolen tehtäviin on myös kuulunut moottoreiden testaus. Oikean puoleisessa kuvassa on subrajohtavan sähkömoottorin testaus- ja koekäyttö meneillään 70-luvun loppupuolella.

Suomen 400 kV kantaverkon avojohtojen eristysvälien mitoittaminen, Nokia Oy:n Kanadan 750 kV verkkoon toimittamien kondensaattoriparistojen eristysrakenteiden mitoittaminen sekä ABB:n Brasilian 600 kV tasasähköverkon seinäläpiviennin jännitekoestus (läpivientieristimen pituus on n. 16 m ja massa 6000 kg).

Sähkölaitevalmistajien suuntautuessa enemmän vientiin tulivat ajankohtaisiksi laitekoestusten valvontatehtävät, koska kansainvälisessä kaupassa asiakas usein vaatii puolueettoman valvontaelimen antaman tai varmentaman koestusselostuksen. Sähkölaitevalmistajien fuusioiden myötä sekä valvonta- että laitekoestustehtävät ovat vähentyneet viime aikoina. Toisaalta puolueettomat valvontatehtävät olivat luomassa perustaa 80-luvun alkupuoliskolla alkaneisiin kehitysapuprojektien ulkomaisiin valvontatehtäviin, joita on suoritettu useissa Afrikan ja Kaakkois-Aasian maissa pääkohteiden ollessa Etiopia ja Nepal. Varsinaisten valvontatehtävien lisäksi on osallistuttu myös projektien valmisteluun ja arviointiin. Tämäntyyppinen ulkomaantoiminta on toteutettu pääosin VTT Technology Oy:n kautta sen jälkeen kun se perustettiin 80-luvun alkupuollella.

Merkittävä laajennus laboratorion testaustoiminnassa oli räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettujen sähkölaitteiden, Ex-laitteiden, testauksen aloittaminen 80-luvun alussa. Toiminta alkoi TKK:n kellarissa ja siirtyi VTT:n omiin tiloihin Sähkötalo 1:n valmistuessa. Huomattavin tehtävä on ollut Siperian maakaasuputken paineenkorotusasemiin liittyvät testaukset, joihin sisältyi mm. rakennusten siltanostimien sekä joidenkin pienem-



Laboratorio on myös ollut mukana erinäisissä kehitysyhteistyöhankkeissa. Kuvassa laboratorion tutkijat ovat yhdessä VTT:n poltto- ja lämpötekniikan laboratorion tutkijoiden kanssa inventoimassa turvevarantoja Indonesiassa. Kuva ylhäällä.

Räjähdysvaarallisia tiloja varten tarkoitettuja sähkölaitteita (ex-laitteita) on testattu laboratoriossa vuodesta 1981. Kuvassa asennetaan parhaillaan laitteita paineastiaan testausta varten. Viereinen kuva.

pien sähkölaitteiden Ex-koestukset. Asemia maakaasuputken varrella on yli 130.

Muista huomattavimmista testaus- ja mittausalueista 70- ja 80-luvuilla mainittakoon akkujen, paristojen ja sähkönallien sytytyslaitteiden testaukset, kiinteiden ja nestemäisten materiaalien sähköisten ominaisuuksien määrittäminen, staattisen sähkön mittaukset sekä sähköverkon ja sähkölaitteiden häiriömittaukset. Staattisen sähkön mittaukset ovat usein liittyneet tulipalojen ja räjähdysten syiden selvittämiseen tai ennaltaehkäisyyn, nykyään tosin myös näyttöpäätteiden kuvaputken pinnan ominaisuudet ovat mielenkiinnon kohteena. Häiriömittaukset ja -selvitykset ovat liittyneet useimmiten verkoissa esiintyviin

häiriöihin tai niiden vaikutuksiin laitteiden toimintaan. Tällä hetkellä sähköverkon yliaallot ovat erityisen mielenkiinnon kohteina.

Laboratorio joutuu melko usein toimimaan puolueettomana asiantuntijana tai lausunnonantajana erilaisissa onnettomuus-, tulipalo- ja riitatapauksissa, kun epäillään että sähköllä on jotain tekemistä asian kanssa. Tyypillisiä tulipalotapauksia ovat myymälähalli- ja sahapalot, muista mainittakoon myös metrojunan vaunun palo vuonna 1973 sekä Kangasalan muuntajapalo vuonna 1984. Onnettomuuksista voidaan mainita vuoden 1986 junaonnettomuudet Lapualla ja Turengissa.

Energia- ja sähkövoimatekniikan tutkimus

Tutkimustoiminta eriste- ja eristystutkimuksen alueella alkoi käytännössä vasta 70-luvun alkupuoliskolla. Ensimmäinen sysäys tähän tuli Palvan siirtyessä VTT:lle, jolloin osa hänen johtamastaan tutkimuksesta siirtyi silloiseen sähkötekniikan laboratorioon. Aihepiireinä tuolloin olivat lähinnä sähköeristeet ja niiden vanheneminen sekä sähkölämmitys. Vanhenemisilmiöistä tutkittiin lähinnä osittaispurkausten vaikutuksia sekä lämpövanhenemista, joissa molemmissa saavutettiin myös hyvä kansainvälinen taso. Esimerkiksi eristeiden lämpövanhenemisen määrittämismenetelmiä, joita kehitettiin yhteistyössä Oy Strömberg Ab:n kanssa, on kehitetty kansainvälisten standardien tasolle. 70-luvun jälkipuoliskolla kehitettiin myös uutta 20 kV:n posliinieristintä silloiselle Turun Posliinille sekä osallistuttiin kansainväliseen voimansiirtoverkkojen eristyskoordinaation kehittämiseen CIGRE:n puitteissa. Sähköeristeisiin ja -eristyksiin liittyvä tutkimus on kuitenkin hiipunut 80-luvulla lähinnä siksi, että teollisuus ei ole ollut halukas jatkuvaan panostukseen alueelle. Tällä hetkellä näyttäisi jälleen olevan kiinnostusta sähköverkon komponenttien elinikäkysymyksiin ja kunnonvalvontaan pyrittäessä hyödyntämään olemassaolevia verkkoja ja komponentteja mahdollisimman tarkkaan. Esimerkiksi puupylväiden vanheneminen ja kunnon arviointi on tutkimuksen kohteena.

Sähkölämmitystutkimus kohdistui 70-luvulla pitkälti silloisen koetoiminnan seurantaan ja mittauksiin, joita tehtiin yhteistyössä LVI-laboratorion kanssa. Edellisten lisäksi tutkittiin mm. lämpöpumppujen vaikutuksia sähkölaitoksille sekä sähkölämmityksen ohjauskysymyksiä. Öljykriisi sekä sähkölämmityksen kehittäminen loivat 70-luvun loppupuolella tilanteen, jossa sähkölämmityksen suosio kasvoi öljyn kustannuksella, mikä aiheutti nykypäiviin asti jatkuvan kovan kilpailun em. lämmitysmuotojen välillä. Laboratorio joutui "sähkölämmitysmaineestaan" huolimatta 80-luvulla useampaan otteeseen suorittamaan vertailulaskelmia eri lämmitysmuotojen välillä. Tuloksia tulkittiin sitten eri puolilla omalta kannalta edullisesti tai epäiltiin niiden oikeellisuutta julkisuudessakin. Tekipä eräs "energiatekniikan tutkija ja kansainvälinen konsultti" eduskunnan oikeusasiamiehelle kanteluja, joissa syytettiin VTT:tä vääristä laskelmista. Näistä oli hänen mukaan seurauksena sähkölämmityksen kasvun aiheuttama kansantalouden ja idänkaupan vinoutuma. Kantelu todettiin aiheettomaksi!

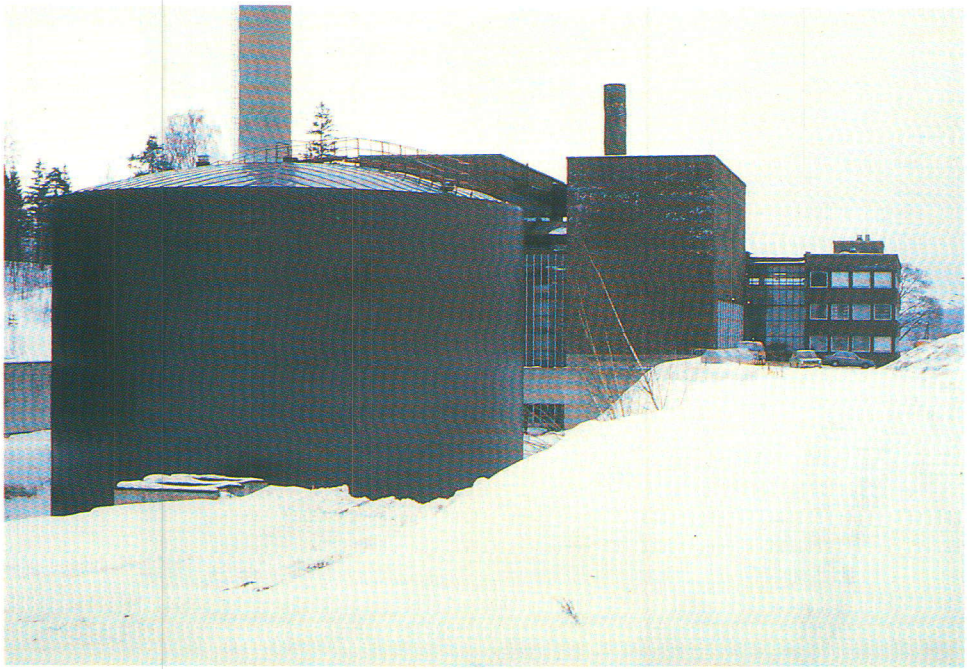
Energiakriisi ja ydinvoiman ruusuiselta näyttävä tulevaisuus toivat 70-luvulla esille ajatuksen rakentaa pääkaupunkiseudulle suuri sekä sähköä että lämpöä tuottava ydinvoimalaitos. Tämän asian selvittämiseksi käynnistyi laboratoriossa vuonna 1975 asiaa koskeva tutkimuskokonaisuus, joka erilaisine rönsyineen kesti noin 5 vuotta. Tuloksena oli, että sekä suuri yhdistetty sähköä ja lämpöä tuottava ydinvoimalaitos kohtuulliselle,

Laboratorio oli mukana suunnittelemassa Helsingin seudun kaukolämpöputkien linjauksia. Optimaalisesti reititettyinä voidaan säästää melkoisesti ylläpito- ja käyttökustannuksissa. Kuvassa on menossa karttatietojen digitointi reitityksen tietokoneohjelmaan.

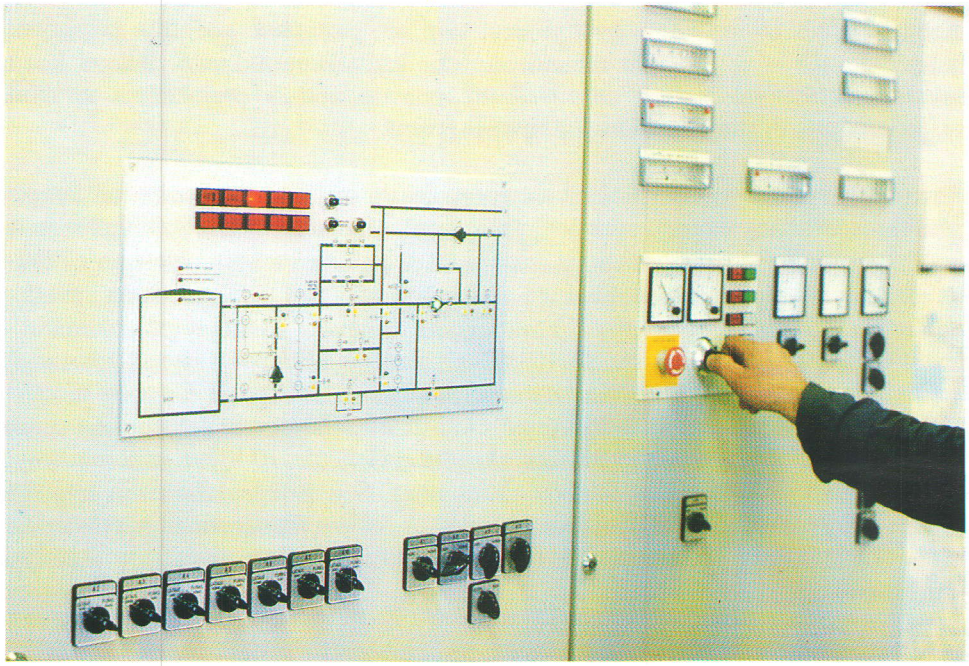
alle 50 km:n, etäisyydelle Helsingistä sijoitettuna tai pelkästään lämpöä tuottava SECURE-reaktori Helsingin alueella olisivat taloudellisempia kuin kivihiilivaihtoehdot. Laitoksia ei kuitenkaan rakennettu muista kuin taloudellisista syistä johtuen. Laboratorion kannalta tutkimus oli kuitenkin hyödyllinen, sillä sen puitteissa jouduttiin perehtymään yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon sekä kaukolämmitykseen. Niinpä ko. tutkimuksessa kehitettyjä malleja on sovellettu monissa muissa projekteissa ja samalla laboratorioon muodostui kaukolämpöä tutkiva ryhmä.

Ensimmäisiä kohteita, joissa ydinkaukolämpöprojektin malleja sovellettiin, oli lämpövarastotutkimukset kaukolämpöverkkojen yhteydessä. Aloitteen tähän tutkimukseen teki laboratorionjohtaja Pekka Salminen, ja ensimmäinen tutkimus tehtiin yhteisprojektina Oy Studsvik Ab:n kanssa. Tulokset olivat sen verran lupaavia, että tutkimuksia on jatkettu eri muodoissaan koko 80-luvun ajan. Tänä aikana Suomen kaukolämpöverkkoihin on rakennettu toistakymmentä suurta, yli 10.000 m^3, terässäiliölämpövarastoa kaukolämmön lyhytaikaisvarastoiksi, joilla voidaan parantaa yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon tehokkuutta. Viime vuosina on tutkittu myös kausivarastoinnin mahdollisuuksia suurissa kallioluolissa, mutta käytännön toteutuksia alueelta ei vielä ole. 70-luvun ydinvoimamyönteisyyttä kuvaa hyvin eräs idea lämpövarastoinnista. Sen mukaan voitaisiin muutaman kilometrin syvyydessä maan alla räjäyttää ydinlataus, jolloin muodostunut tila täytettäisiin vedellä. Se lämpenisi geotermisellä energialla mikä edelleen voitaisiin hyödyntää lämmityksessä.

80-luvun alkupuoliskolla analysoitiin myös erillisiä, lähinnä kotimaista polttoaineita



Yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa on pitkään harrastettu Suomessa. Sähkön ja lämmön kulutus ei kuitenkaan ajallisesti seuraa toisiaan. Tästä syystä on edullista varastoida sähkön kulutuksen huippuaikoina lämpöä, joka puretaan hiljaisimpina aikoina. Kuvassa ensimmäinen suuri lämpövarasto, jonka rakentamispäätös tehtiin laboratorion laskelmien perusteella.



Lämpövarastojen suunnittelussa ollaan oltu varsin monipuolisella tavalla mukana. Kuvassa Lahden lämpövaraston käyttöpaneeli.

käyttäviä kaukolämpöjärjestelmiä, joiden kannattavuudessa ja toiminnassa todettiin monenlaisia puutteita. Tätä tutkimusta varten laboratoriossa kehitettiin ja valmistettiin tietojenkeruujärjestelmiä, joilla ko. laitosten toimintaa voitiin seurata ajan funktiona. Näitä tietojenkeruujärjestelmiä kehitettiin tämän jälkeen edelleen ja niitä rakennettiin noin 15 kpl lähinnä omiin mittaus- ja seurantatutkimuksiin. Mittalaitteita on tämän jälkeen käytetty lähes jatkuvasti kaukolämpöverkkojen ja niiden kuluttajien seurantaan ja analysointiin. Laitteita ja niiden antamia tuloksia on sovellettu mm. kaukolämmön kulutuksenohjaukseen, kuluttajien kuormitusvaihtelujen selvittämiseen, kulutusennusteisiin ja kaukolämpöverkkojen dynaamiseen mallintamiseen. Kaukolämpöverkon dynamiikan hallinta ja mallintaminen on tärkeää järjestelmän suunnittelun, käytön sekä käytön optimoinnin ja automaation kannalta. Verkon mallintamisessa on hyödynnetty toisaalta em. mittaustietoja todellisista verkoista ja toisaalta laboratoriossa kehitettyä APROS-simulointiympäristöä.

Kaukolämpöverkon hallinnan lisäksi on laboratoriossa kehitetty käytön optimointimenetelmiä yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon järjestelmiin. Ensimmäinen projekti toteutettiin vuosina 1975-1977, jolloin sovelluskohteena oli Oulun kaupungin sähkölaitos. Yhteistyössä VTT:n Oulun elektroniikan laboratorion kanssa kehitettiin räätälöidyt ohjelmat sekä vuorokausi- että vuositason käytön optimointiin. Teknisesti tulokset olivat hyviä, mutta sähkölaitoksen puolella ei ollut riittäviä valmiuksia ohjelmiston ylläpitoon ja käyttöön, mistä syystä sitä ei liene käytetty tuotannon jatkuvaan optimointiin. Yleisempi mielenkiinto käytönoptimointikysymyksiin on virinnyt energialaitoksilla 80-luvun puolivälissä, josta lähtien järjestelmiä on kehitetty myös Suomessa. Ongelman laajuuden johdosta tulokset eivät aina ole olleet kovin hyviä. Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio on palannut ongelmaan uudelleen 80-luvun lopulla sen tiedon pohjalta mikä oli kertynyt optimointimenetelmien ja tietokonetekniikan kehittymisestä. Tältä pohjalta kehitetty yleiskäyttöinen käytön optimointi- ja simulointi-ohjelmisto valmistui vuonna 1991. Seuraavan vuoden aikana se asennetaan viidelle energialaitokselle yhdessä Ekono Oy:n käyttöliittymän kanssa.

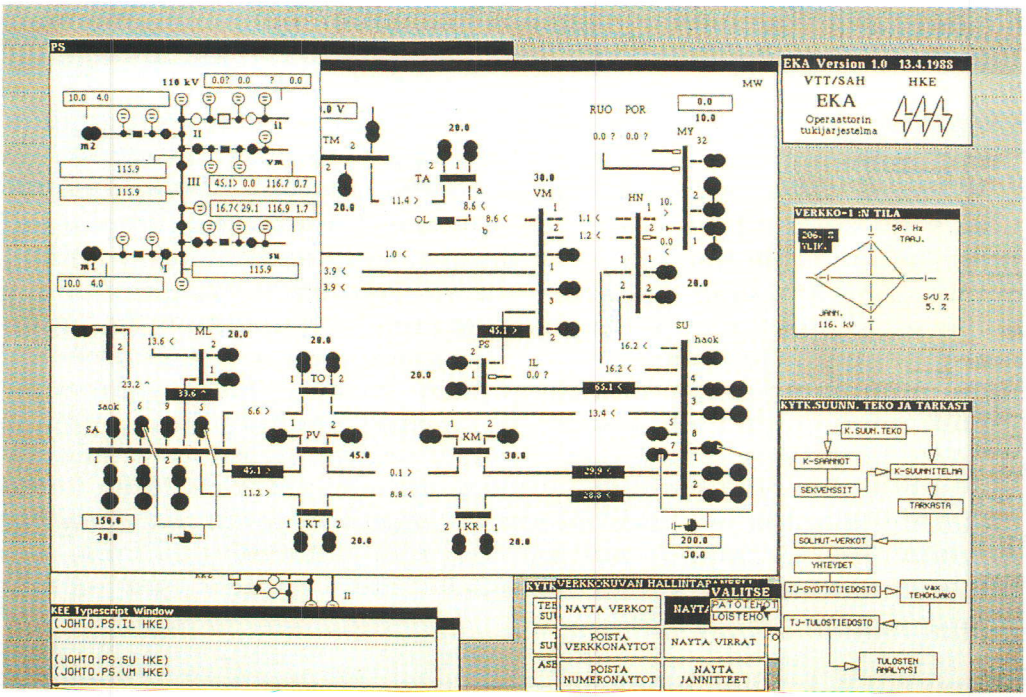
Vuoden 1975 tienoilla laboratoriossa käynnistettiin myös energiamallien tutkimus, kehitys ja soveltaminen. Parina ensimmäisenä vuotena pohdittiin mm. koko Suomen energiamallien kehittämismahdollisuuksia, mutta sitten keskityttiin useaksi vuodeksi sähköntuotantokapasiteetin optimointiin. Syynä tähän oli 70-luvulla näkyvissä ollut nopea sähkön kysynnän kasvu ja siitä aiheutuva tuotantokapasiteetin rakentamistarve. Tarkoitusta varten hankittiin International Atomic Energy Agency:n (IAEA) kautta ns. WASP-ohjelmisto, jota on käytetty vuosien mittaan lukuisiin sähköntuotantovaihtoehtojen taloudellisiin vertailuihin. Skenaariopohjaisissa tarkasteluissa ovat ydinvoimaa sisältäneet vaihtoehdot osoittautuneet aina taloudellisimmiksi, kun lähtökohtana on ollut todennäköisin kulutuksen kasvu- ja energian hintaskenaario. 80-luvun jälkipuoliskolla on mallinkehittelyssä palattu yleisempiin energiamalleihin pitäen lähtökohtana lineaarista optimointia. Tältä pohjalta on kehitetty energia- ja ympäristömalleja eri energiasektoreille ja tutkittu mm. säästövaihtoehtoja energiataloudessa, metsäteollisuuden skenaarioita sekä uusien energiamuotojen mahdollisuuksia Suomen energiahuollossa. Myös matemaattisia menetelmiä on kehitetty käytön optimointiin.

Sähkön tuotantotekniikan kehittämiseen laboratorio ei ole panostanut suurten voimalaitosten osalta, koska se vaatisi suuren mittaluokan tutkimus- ja koetoimintaa. Sensijaan

Kaikkea huurretta ei tuulikaan irrottanut. Tässä valmistaudutaan mittaamaan koevoimalan siipiin kertyneen jään painoa.

pienimuotoista ja hajautettua voimantuotantoa on selvitetty. Erityisesti tuulienergiatutkimus on Suomessa ollut pitkälle laboratorion varassa. Työ käynnistyi 80-luvun alussa yleisillä selvityksillä sekä koetoiminnalla, jossa laboratoriolla oli lähinnä vastuu kokeilujen seurantatutkimuksista. Tulokset eivät tuolloin olleet aina kovin rohkaisevia, sillä useimmiten kotimaisten pienvalmistajien rakentamat tuulimyllyt eivät toimineet odotetusti. Esimerkiksi Rajavartiolaitos tilasi koerakennuskohteeksi Kökarin merivartioasemalle tuulimyllyn, jolla piti osittain hoitaa syrjäisen aseman lämmitys. Laitos rakennettiin, mutta käytännössä se oli useimmiten rikki, ja huollon ollessa kaukana pienenkin vian korjaaminen kesti päiväkausia. Lopulta syysmyrsky rikkoi laitoksen korjauskelvottomaksi ja se piti purkaa.

Viime vuosien kehitys on kuitenkin ollut lupaavampaa, ja maahan on noussut ja nousemassa uusia standardikokoihin perustuvia tuulivoimalaitoksia ja -puistoja. Erityisen tutkimuksen ja kehityksen kohteena ovat Lapin arktisiin oloihin soveltuvat tuulivoimalaitokset, sillä tunturialueen tuuliolot ovat osoittautuneet odotettuakin suotuisimmiksi tuulienergian tuotantoa ajatellen. Laboratorio on osallistunut arktisten laitosten hankinnan valmisteluihin ja seurantaan. Talvella 1990-1991 Pelkosenniemen Pyhätunturilla läpiviedyn pienen koetuulivoimalaitoksen mittaushankkeen yhteydessä koettiin konkreettisesti olosuhteiden vaativuus Lapin tuntureilla. Ote tutkijan pitämästä päiväkirjasta kertoo:



Yhteistyössä Helsingin kaupungin energialaitoksen kanssa suunniteltiin ja toteutettiin 110 kV sähköverkon valvonnan asiantuntijajärjestelmä. Järjestelmä toteutettiin tekoälykoneella ja sisälsi pitkälti kolmattakymmenettätuhatta oliota. Kuvassa järjestelmän päänäyttö.

"21.2.91. Lumimyrsky noin 10-12 m/s, -13°C, ei huurtumista vaan tuuli puhdistaa (!) koetangot. Takana on vielä vähän huurretta, edessä ei. Sama tilanne lavoissa, lumi ei pysy kiinni lavoissa".

Pienimuotoinen ja hajautettu energiatuotanto kiinnostaa myös suurta yleisöä ja erilaisia keksijäpiirejä. Laboratorio on joutunut ottamaan kantaa useihin tällaisiin ideoihin (ks. luku Omaperäisiä ideoita ja ikiliikkujia). Eräs omaperäisimmistä ideoista oli elefanttivoimala, joka perustui siihen, että elefantti suurena eläimenä voisi kävellessään pyörittää generaattoria ja tuottaa sähköä. Lausunnossaan laboratorio totesi idean periaatteessa toimivaksi, mutta hyötysuhde elefantin ruuan ja tuotetun energian välillä on pieni samoin kuin voimalaitoksen tehokin ja lisäksi elefantin jatkuva kävelyttäminen voisi olla eläinrääkkäystä!

Sähkön siirtotekniikasta todettiin jo 70-luvulla, että siihen ei erityisiä satsauksia tehdä, koska voimayhtiöt hoitavat asian omilla resursseillaan paljon paremmin. Sensijaan sähkönjakelun ja -käytön tutkimusta on tehty 70-luvulta lähtien. Ensimmäisiä laajempia tutkimuksia oli sähkönjakeluverkkojen luotettavuuslaskentamenetelmien kehitysprojekti, joka toteutettiin yhteistyössä norjalaisen EFI:n kanssa. Samoihin aikoihin tehtiin sähkölaitosautomaation kehitysnäkymiä kartoittava projekti Oy Strömberg Ab:n kanssa. Molemmat projektit olivat siihen aikaan varsin edistyksellisiä, ja ko. järjestelmien

systemaattisempi kehittäminen ja soveltaminen alkoi varsinaisesti 80-luvun jälkipuolella, kun tietotekniikka ja elektroniikka ovat luoneet taloudelliset edellytykset sovelluksille.

Sähkön kysynnän hallinta, demand-side management, DSM, on termi, jonka amerikkalaiset ovat kehittäneet ja lanseeranneet 80-luvun puolivälin jälkeen kuvaamaan mm. sähkökuormien suoraa ja epäsuoraa ohjausta sekä sähkön säästöä sähkölaitoksen näkökulmasta. Tässä suhteessa laboratorio on ollut aktiivinen 70-luvulta lähtien ennenkuin oli mitään tietoa siitä, että kysymyksessä on niin hieno asia kuin DSM. Aluksi tutkimus keskittyi sähkölämmityksen ohjaukseen sekä sen vaikutuksiin valtakunnallisesti ja sähkölaitosten kannalta. Vuonna 1983 käynnistettiin noin kolmivuotinen projekti "Sähkön kulutuksen energiataloudellinen ohjaus", jossa kartoitettiin laajemmin ohjausmahdollisuuksia ja ohjauksen vaikutuksia samalla hyödyntäen samoihin aikoihin käynnistyneen Sähkölaitosyhdistys ry:n (SLY) kuormitusmittausprojektin tuloksia. Tämän jälkeen on tarkasteltu lähemmin ohjaustekniikkaa, ohjauksen soveltamista mm. pk-teollisuuteen, palvelusektorille ja -rakennuksiin sekä suoritettu niihin liittyviä kenttäkokeita. Lisäksi selvitettiin ja kokeiltiin varadieseleitten käyttöä huipputehon tuottamiseen. Parhaillaan kehitellään "älykästä käyttäjäliityntää" sähkönkäyttäjän ja sähkölaitoksen välille, jolla sähkölaitoksen esim. reaaliaikaisella hinnoittelulla ilmaisemat ohjaustarpeet voitaisiin parhaiten toteuttaa kuluttajapäässä.

Eräs osa sähkön kysynnän hallintaa on sähkön säästö. Energian tuotannon ympäristöpäästöjen rajoittamisvaatimukset sekä rajalliset raaka-aineresurssit ovat tuoneet sähkön säästön vahvasti esille 80-luvun lopulla. Laboratorio on ollut tiiviisti mukana alueen kartoituksessa sekä säästöstrategioiden kehittelyssä yhteistyössä KTM:n kanssa viimeisten 2-3 vuoden aikana. Sähkön säästön painoarvo tullee säilymään energiapolitiikassa jatkossakin ja sähkölaitosten rooli säästön edistäjänä kasvamaan. Laboratorio onkin selvittänyt säästön merkitystä sähkölaitoksille sekä käynnistänyt muutenkin valmiuksien kehittämisen ko. alueella.

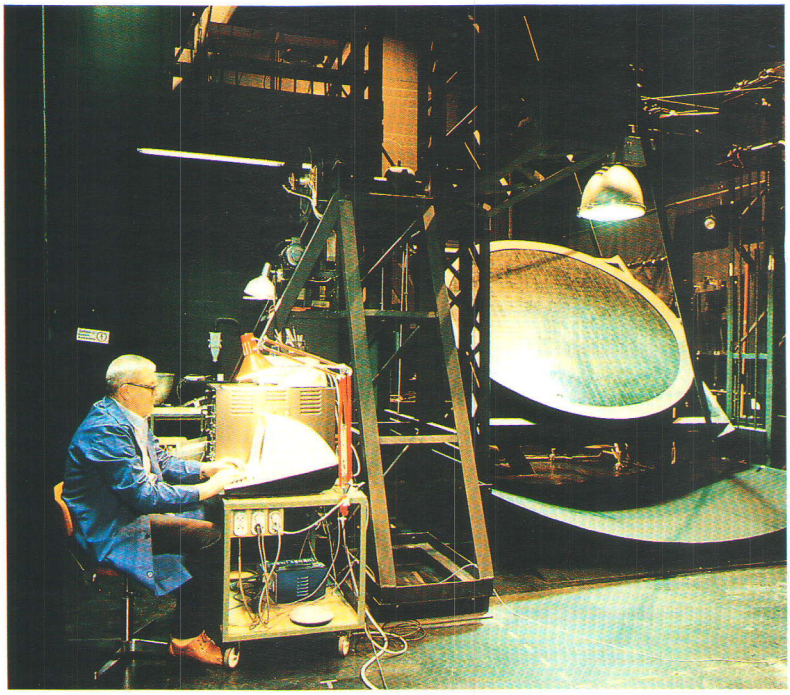
Sähkön jakelutekniikan osalta pohdittiin 70-80-lukujen vaihteessa vakavasti sitä, ryhdytäänkö kehittämään atk-pohjaisia suunnittelun ja käytön apuvälineitä, joilla nähtiin kysyntää. Lopulta kuitenkin päätettiin, että tähän ei lähdetä lähinnä sen vuoksi, että toiminta olisi johtanut melko pian kaupallisen atk-yrityksen suuntaan. Tämä olisi edellyttänyt jatkuvia ylläpito- ja markkinointiresursseja, jotka olisivat olleet pois varsinaisesta tutkimustoiminnasta. Sensijaan päätettiin suuntautua enemmän sähköjärjestelmien käyttöön ja automaatioon. Tekoälytekniikka nähtiin eräänä tulevaisuuden tekniikkana myös energiajärjestelmissä, ja asiaa koskeva tutkimus käynnistettiin vuonna 1984. Pari vuotta myöhemmin palattiin uudestaan sähkölaitosautomaatioon. Molemmat aihepiirit ovat siitä lähtien olleet tutkimusalueita, joilla laboratorio on oman tutkimuksen ohella myös koordinoinut osaltaan valtakunnallista tutkimustoimintaa. Myös tulevaisuudessa on nähtävissä, että sähköjärjestelmien käyttö, automaatio ja ylläpito ovat toiminnan painoaluetta.

XIV. VALOTEKNIIKAN TESTAUSTOIMINTA

Valotekniikan testausten tärkeimpiä kohteita 60-luvulla olivat valaisimien valonjakokäyrien mittaukset, paluuheijastinten heijastuskykymittaukset, autojen sumuvalojen mittaukset ja valaistusvoimakkuusmittareiden kalibroinnit. Koska kaikki mittaukset tehtiin silloin käsityönä, mittausten suorittajia tarvittiin usein kaksi. Toinen luki mittaria ja kirjasi tulokset muistiin, toinen suoritti varsinaisen mittauksen edellyttämät toimenpiteet kuten valaisimen kääntelyn oikeisiin asentoihin valonjakokäyriä mitattaessa.

60-luvun lopussa tapahtunut tietokoneiden käytön voimakas lisääntyminen hyödynnettiin siten, että myös valaistussuunnittelua alettiin suorittaa tietokoneen avulla. Valaisinten valonjakokäyrien mittaustarve kasvoi tällöin huomattavasti, ja lisäksi tievalaistuksessa siirryttiin valaistusvoimakkuuksien laskennan sijasta luminanssilaskentaan, jolloin myös tienpäällysteiden heijastusominaisuuksien mittaaminen tuli tarpeelliseksi. Täysin uusilla periaatteilla toimivat tienpäällysteiden heijastusominaisuuksien sekä valaisimien valonjakokäyrien mittauslaitteistot rakennettiin 70-luvun alkupuoliskolla uuteen, silloin avaralta tuntuneeseen valolaboratoriohuoneeseen Otaniemeen. Tulosten keruu tapahtui näissä laitteistoissa reikänauhalle, varsinaiset tulostenkäsittelyt suoritettiin TKK:n laskentakeskuksessa eräajoina tavallisimmin mittausta seuraavan yön aikana.

Erilaisten viranomaismääräysten, standardien tai suositusten kehittyminen on voimakkaasti



Valotekniikan testauksia on harrastettu laboratoriossa pitkään. Eräs tavallisimmista testeistä on valaisimen nk. valojakokäyrän mittaaminen. Kuvassa on laboratorion omaan käyttöön rakennettu valojakokäyrien mittauslaite.

Luminanssimittaria käytettiin mm. heijastimien valoteknisten ominaisuuksien mittaamiseen.

vaikuttanut testaustoiminnan kohteisiin ja laajuuteen eri aikoina. Valotekniikan testaukset lisääntyivät voimakkaasti 60-luvun lopussa, kun silloinen Tie- ja vesirakennushallitus (TVH) antoi laatuvaatimukset tietyömaiden varoitusvilkuista. Tällöin testattiin lyhyessä ajassa useita kymmeniä erityyppisiä varoitusvilkkuja. Liikenneturva puolestaan antoi omat suosituksensa jalankulkijan heijastimista 70-luvun alussa. Seuraavaksi tulivat audiovisuaalisten opetusvälineiden testaukset, sekä polkupyörien heijastimet ja valot 70-luvun puolivälissä, kun niitä koskevat SFS-standardit määriteltiin.

Testaustoiminta lisääntyi edelleen 70-luvun loppupuoliskolla, kun Suomi liittyi Geneven tieliikennesopimukseen. Tällöin ajoneuvojen valolaitteiden E-hyväksyntä vaadittiin myös Suomessa. 70-luvun lopussa auton ajovalojen pesulaitteet muodostivat erittäin suuren yksittäisen testausryhmän niiden tultua pakollisiksi varusteiksi Suomessa. Laboratorio oli pesulaitteiden testauksessa ensimmäisiä virallisia testauslaboratorioita koko maailmassa, koska niitä ei muualla maailmassa, Ruotsia lukuunottamatta vielä vaadittu eikä oltu myöskään testattu.

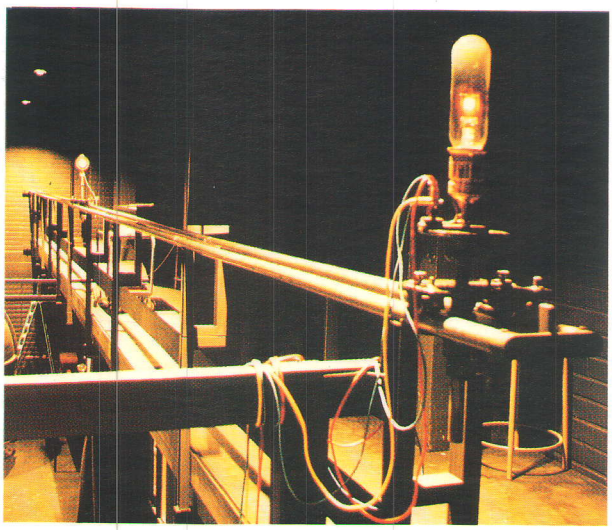
60-luvun lopussa valotekniikan testaukset eivät riittäneet työllistämään yhtäkään henkilöä. Kokopäivätoimiseksi testaustoiminta tuli seuraavan vuosikymmenen alkupuolella, ja vuosikymmenen loppupuolella testaukset työllistivät jo kaksi henkilöä. 80-luvun ensim-

mäisellä puoliskolla henkilökunta kasvoi nykyiseen vahvuuteensa eli noin viiteen henkilöön.

Vuonna 1966 päästiin sopimukseen Suomen Valoteknillisen Seuran kanssa seuran neuvonta- ja suunnittelutoimiston Valoston sijoittamisesta Sähkötekniikan laboratorion yhteyteen. Valoston edellyttämiä tehtäviä varten laboratorioon palkattiin oma henkilökunta, yksi työntekijä. Yhteistyö on osoittautunut hedelmälliseksi, sillä Valosto sijaitsee edelleenkin Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratoriossa. Valosto-projekti lienee pisimpiä yhtäjaksoisesti voimassa olleita projekteja VTT:llä. Parhaimmillaan Valoston tehtävien hoitoon tarvittiin vuosittain kahden henkilötyövuoden työpanos.

Valoston myötä tulivat hyvät yhteydet valaistusalan teollisuuteen ja kauppaan. Toiminta oli alusta alkaen hyvin monipuolista. Tutkimus-, tuotekehittely- ja koestustoimintaa kehitettiin hyvässä yhteisymmärryksessä lamppu- ja valaisinteollisuuden kanssa. Valoston tehtäviä olivat myös valaistusalan standardien, ohjeiden sekä suositusten laatiminen ja julkaiseminen sekä valaistustietouden levittäminen kurssien, esitelmien, artikkelien ym. muodossa. Valoston toiminta myötävaikutti myös hyvien kansainvälisten suhteiden syntymiseen. Suomen Valoteknillinen Seura on mm. kansainvälisen valaistusjärjestön Commission Internationale le l Eclairage (CIE) jäsen. Yhteydet CIE:hen hoidetaan keskitetysti Valoston kautta. Seuran pohjoismaisten yhteyksien ansiosta kanssakäyminen pohjoismaisten valaistuslaboratorioiden ja tutkijoiden kanssa sai uusia ulottuvuuksia.

Viimeisten kahdenkymmenenviiden vuoden aikana Valosto on jossain muodossa ollut mukana yli 1000 suunnittelutehtävässä sekä kotimaassa että ulkomailla. Alkuaikoina toimeksiannot olivat pääasiassa valaistuslaskentaa tietokoneella. Silloin tietokoneita oli yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten lisäksi vain suuryrityksillä. Siksi on ymmärrettävää, että valaistuslaskenta keskittyi Valostoon, jolla oli käytettävissään maan parhaat tietokoneresurssit.



Monta mittauslaitetta on rakennettu omaan käyttöön. Tällä tavalla on usein pysytty saamaan laitteita, joiden ominaisuudet ylittävät kaupallisesti saatavien laitteiden ominaisuudet. Kuvassa valotekniikan mittarata.

XV. OMAPERÄISIÄ IDEOITA JA IKILIIKKUJIA

Vuoden 1973 energiakriisi herätti monen uinuvan neron etsimään uusia ja "lopullisia" ratkaisuja energian tuotantoon. Kun monet näistä keksinnöistä liittyivät sähköenergia tuottamiseen, oli luonnollista, että Sähkötekniikan laboratorio joutui usein tutkimaan ja antamaan lausuntoja keksijöiden ideoista. Syntyneet ideat ja keksinnöt voitiin karkeasti jakaa kahteen luokkaan; osa niistä oli kyllä teknisesti mahdollisia ja toimivia, mutta kaatuivat taloudellisiin kysymyksiin, osa taas oli selvästi luonteeltaan ikiliikkujia, jotka synnyttivät energiaa tyhjästä. Yhteistä kummankin lajin keksijöille oli vankka usko omaan ideaan ja idean edistämisessä kohdatut vaikeudet; moni heistä oli onnistunut kehittämään itselleen ns. "väärin ymmärretyn neron" syndrooman. Suuri vastuu keksijän epätoivosta lankesi niiden yritysten niskoille, joiden valmistettavaksi keksijät aluksi ideoitaan tarjosivat. Yritykset eivät useinkaan vaivautuneet selittämään keksijälle idean kelvottomuutta, vaan tyytyivät vetäytymään asiasta helpointa tietä ja ilmoittivat keksijälle, että "keksintö ei valitettavasti sovellu yrityksemme tuotevalikoimaan" tms. Tästä keksijän oli helppo päätyä siihen johtopäätökseen, että keksintö sinänsä on kyllä hyvä ja toimiva, mutta firmat vaan eivät kateuttaan tai jostain muusta syystä suostu edistämään sen käyttöä ja jakamaan tuottoa keksijän kanssa. Eräs Sähkötekniikan laboratoriolta ja monelta muulta taholta kielteisen lausunnon saanut keksijä onnistui ujuttamaan Iltasanomiin lausunnon, jossa hän mm. totesi:

> "...VTT on vain omaa arvovaltaansa pönkittääkseen pysynyt itsepäisesti kannallaan, ettei laite toimi.
> - VTT tutki ensin keksintöni huonosti. Kun sain uusintatutkimuksen kirjoittamalla presidentin kansliaan ja esitin prototyypin, jota he pyysivät ja se toimi, niin VTT ei sittenkään voinut luopua kannastaan. Kun he kerran olivat päätyneet tulokseen, ettei voi toimia niin he eivät siitä luovu, vaikka näkivätkin keksintöni toimivan.
> - Kävivät täällä pihalla katsomassa prototyyppiä ja sanoivat mittakojeitaan katsellessaan, että turpiinirakennelman sisällä on varmaan joku sähkövehje."

Selvyyden vuoksi todettakoon, että VTT ei pyytänyt prototyypin tekemistä, vaan päinvastoin varoitti keksijää tuhlaamasta siihen rahojaan. Nähty prototyyppi tosin pyöri verkkaan, kun siihen laskettiin kolmen tuuman paloletkusta vettä Espoon vesijohtoverkon paineella, mutta pysähtyi heti, kun sitä kevyesti sormella kosketti. Jos laite olisi ollut asianmukaisesti rakennettu, sen olisi näillä edellytyksillä pitänyt tuottaa useiden kilowattien tehon. Keksijän väittämää energian lisäystä se ei tietenkään olisi saanut aikaan tässäkään tapauksessa.

Samaisen keksijän uraan tuli dramaattisella tavalla pitkähkö luova tauko, kun hän epätoivoissaan helmikuussa 1976 pistoolilla varustautuneena teki kommandohyökkäyksen Keksintösäätiön toimistoon, ja piti runsaan vuorokauden kahdeksaa säätiön toimihenkilöä panttivankinaan vaatien keksintönsä uutta tutkimista. Seurauksena oli yli kuuden vuoden vankilatuomio. Myös hänen Suomen valtiolle esittämäänsä 20 Mmk:n korvausvaatimusta ei hyväksytty. Keksijä lähetti myös laboratorionjohtaja Salmiselle kirjeen. Siinä keksijä suorasukaiseen tapaan totesi mm. palvelleensa aikoinaan muukalaislegioonassa ja sitä perua omaavansa sellaista osaamista ja aseistusta, että hän kyllä "pystyy saamaan laboratoriolta keksinnöstään sellaisen lausunnon kuin haluaa, eikä laboratorionjohtaja sen jälkeen muita lausuntoja enää annakaan". Tämän kirjeen jälkeen laboratorion ulko-ovia,

Kuvassa lehtileikkeitä keksinnön kiihkeään puolustamiseen liittyvistä tapahtumista vuonna 1976.

jotka siihen asti oli päivisin pidetty auki, alettiin lukitsemaan. Juhani Timonen, joka tuolloin nuorena aloittelevana tutkijana, sai myös tapauksen yhteydessä oivallista oppia tulevaa elämää varten. Keksijän lausuntopyyntö oli juuri sopivasti tullut Pentti Haapaselle, kun Juhani Timonen edellisen työn valmistuttua tuli kysymään, mitä hän nyt seuraavaksi tekisi. Pentti Haapanen sai ahaa-elämyksen ja antoi lausuntopyynnön Juhanin selvitettäväksi. Kun tapaus oli onnellisesti ohi ja keksijä turvassa telkien takana, totesi Juhani: "En kyllä enää ikinä kysy keneltäkään, mitä tekisin seuraavaksi".

Kuvaavaa tuon ajan käytännölle oli, että monet näistä kyselyistä tulivat VTT:lle tasavallan presidentin kanslian kautta; kun omasta mielestään nerokkaan keksinnön tekijä oli törmännyt umpiseinään joka puolella, näki tämä lopulta viimeisenä mahdollisuutenaan

kääntyä Presidentti Urho Kekkosen puoleen. Presidentti ei tällaisia kirjeitä varmaan käsiinsä saanut, vaan kanslia lähetti kirjeen lausunnolle sopivaksi katsomaansa valtion laitokseen. Energia-asioita koskevissa kirjeissä tämä valitettavan usein oli VTT.

Erään epätoivoisen keksijän kirje päätyi presidentin kansliasta Sähkötekniikan laboratorion vastattavaksi vuonna 1974. Kirje huokui uskonnollista herätystä muistuttavaa, vankkumatonta uskoa omaan ideaansa. Kirjeen mukaan keksijä oli anonut avustuksia tuloksetta SITRA:lta, eri ministeriöistä ja parilta säätiöltä. Lisäksi keksijä oli kertonut jättäneensä Valtioneuvostolle yhteensä 1.750.000,- markan hakemukset pienoismallin rakentamista ja oikeata, ponttonien päälle merellä rakennettavaa voimalaitosta varten. Keksijän mukaan voimalaitos takaisi tulevaisuudessa atomivoimaloille "todellisen kilpailun hurmahenkisesti niiden puolustajille".

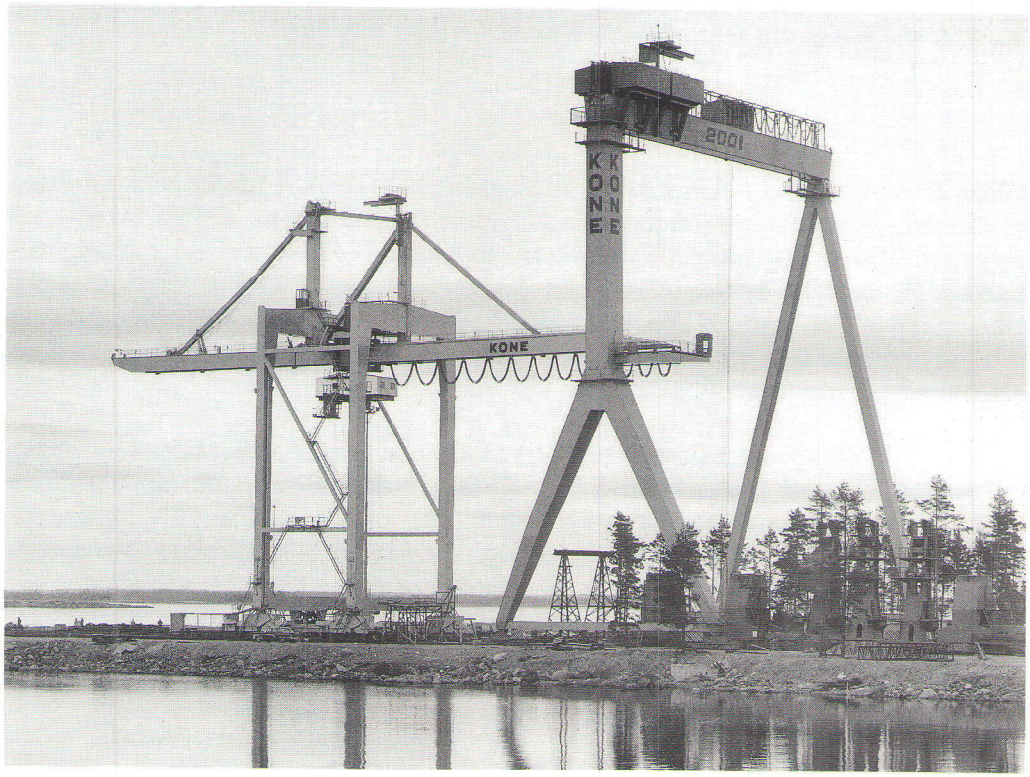
Energiakriisin vähitellen hellittäessä ikiliikkujan keksijäin määrä väheni, mutta sellaista aikaa ei varmaan koskaan tulekaan, että se kokonaan ehtyisi. Uudet lievemmät kriisit ovat tämän jo kyllä osoittaneet.

XVI. SIMULOINTIA JA AUTOMAATIOTUTKIMUSTA

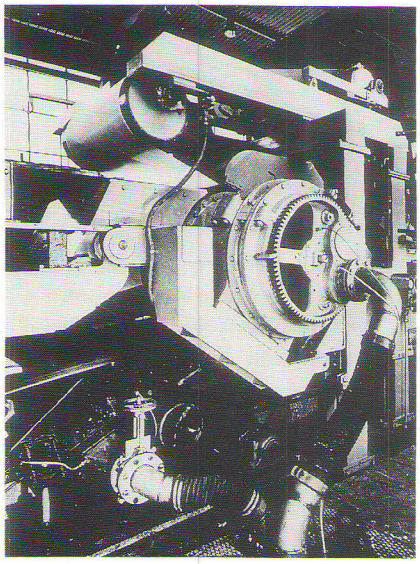
Björn Wahlström muistelee:

Olin tutustunut VTT:n sähkötekniikan laboratorion toimintaan vuodesta 1967 lähtien toimiessani professori Blombergin assistenttina TKK:ssa. Korkeakouluun mm. hankittiin erilaisia VTT:n kehittämiä ja rakentamia laitteita opetus- ja tutkimuskäyttöön, kuten viivegeneraattori, AD- ja DA-muuntimia, jne. Armeijan aikana tein erikoisupseerikokelaana tietokoneohjelmia VTT:n radiolaboratoriossa. Aloitin VTT:n sähkötekniikan laboratoriossa tutkijana heti armeijan jälkeen vuoden 1971 alusta. Tehtäväni VTT:llä oli soveltaa uutta ydinvoimasovellutuksiin hankittua hybridikonetta muun teollisuuden ongelmiin. Aloin innolla miettiä uuden koneen sovellutuksia, ja muutamista hankkeista, kuten suurnosturi, kaksoisviirapaperikone, tulikin varsin mielenkiintoisia simulointitehtäviä. Samalla käynnistyi pitkäaikainen yhteistyö lääketieteellisen simuloinnin alueella professori Matti Kekin, joka toimii HYKS:in 2.:lla sisätautien klinikalla.

Olin mukana myös Loviisan laitoksen koulutussimulaattorihankkeessa. Ensimmäisen selvitysprojektin jälkeen ehdotettiin tilattavaksi täysimittakaavainen simulaattori. Oli



Kone Oy:lle tehtiin 70-luvun alkupuolella simulointitutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää miten nosturin säätöjärjestelmä käyttäytyy erilaisissa kuormitusolosuhteissa. Kuvassa Hankoon tehtaan nosturi, jota käytettiin mallin validoinnissa.



Karlstads Mekaniska Werkstadille tehtiin kaksoisviirakoneen simulointitutkimus. Kuvassa olevalla laboratoriomittakaavan koneella pystyttiin kehitettyä mallia validoimaan. Kuva vasemmalla.

Lääketieteelliset simuloinnit olivat laboratorion sivuharrastuksena 70-luvulla. Kuvassa koe-eläin saa annoksen warfarinia, jonka aineenvaihdunnasta rakennettiin muutaman epälineaarisen algebrallisen ja differentiaaliyhtälön sisältävä malli. Kuva oikealla.

kuitenkin ilmeistä, että simulaattoria ei ehdittäisi saada valmiiksi Loviisan ensimmäisen yksikön käynnistämiseen mennessä. Koulutukseen käytettiin myös VTT:llä rakennettuja hybridimalleja ja ohjauspulpettia, ja tällä tavalla saatiin "köyhän miehen" koulutussimulaattori. Tämä toimi hyvin, ja laitoksen ensimmäiset vuorot kävivät harjoittelemassa laitoksen ajoa. Simulaattoria käytettiin myös laitoksen todellisen säätölaitteiston testaamiseen, ja suoritetut kokeet myötävaikuttivat siihen, että laitos pystyttiin ottamaan käyttöön ennätysmäisen lyhyen koekäyttövaiheen jälkeen.

Vuonna 1976 koulutussimulaattorihanke oli edennyt niin pitkälle, että yhteistyössä Nokian ja Imatran Voiman kanssa voitiin käynnistää koulutussimulaattorin toiminnallisten määrittelyjen laatiminen. Tämän työn valmistuttua neuvoteltiin varsinaisesta toimitussopimuksesta pitkään. Rakentaminen käynnistyi 29.4.1977 allekirjoitetun sopimuksen mukaisesti. VTT:n osuus simulaattorin rakentamisesta oli kaikkiaan 15 henkilötyövuotta, jotka jakaantuivat kahteen osaan: laitoksen mallien laatimiseen ja simulaattorin vastaanottoon liittyvään työhön. VTT:n työpanos rahoitettiin KTM:n momentilta ja VTT sai siten 15% käyttöoikeuden simulaattoriin. Käyttöoikeus edesauttoi myöhemmin tutkimushankkeiden käynnistymistä yhteistyössä IVO:n kanssa.

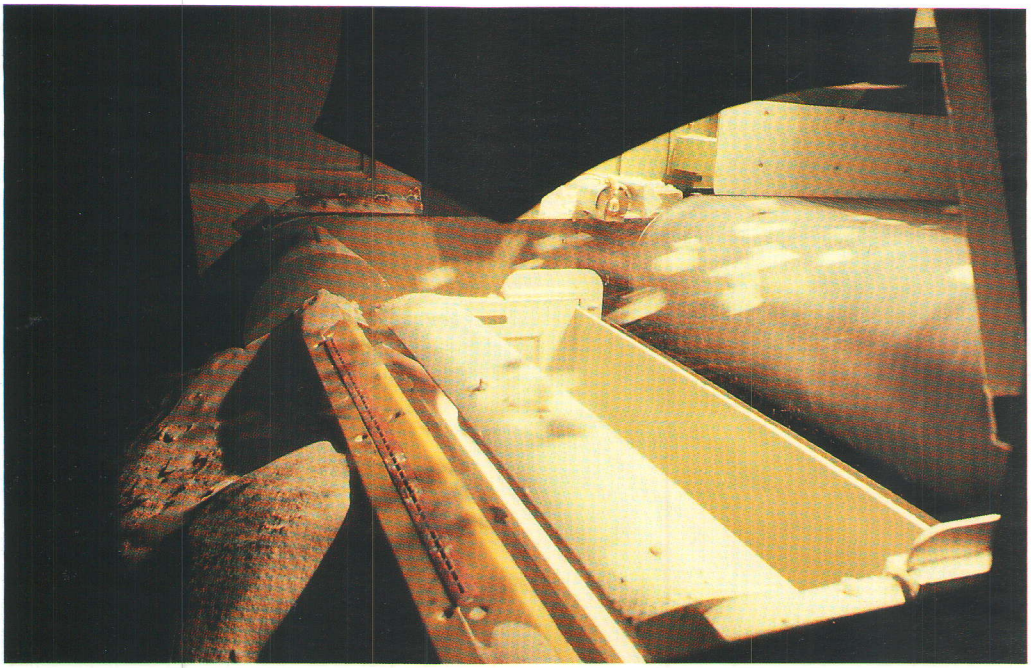
Koulutusohjelmat ja valvomotyön sisällön miettiminen tulivat tehtäviksi simulaattoriprojektin loppuvaiheessa. Tämä johti luontevasti toiseen suureen asiakokonaisuuteen, ihminen-kone liitäntöihin, joita sähkö- ja automaatiotekniikan laboratoriossa on tutkittu. Alkutyö rakennettiin pohjoismaisen yhteistyöprojektin puitteissa. Työn ensimmäinen vaihe

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) on tarjonnut tärkeän kontaktipinnan monelle tulevaisuuteen tähtäävälle tutkimushankkeelle. Kuvassa IIASA:n päämaja Wienin ulkopuolella.

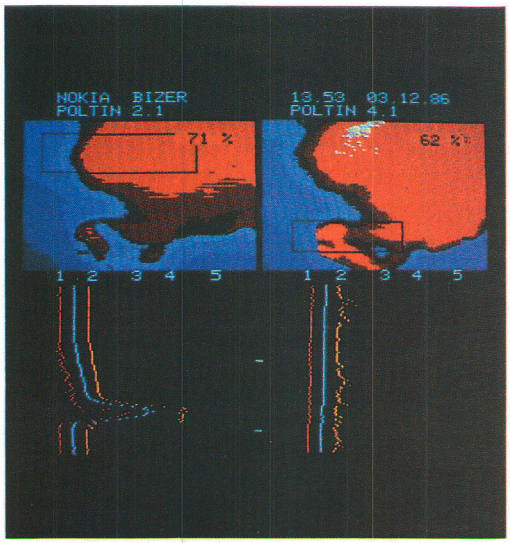
vuosina 1976-1981 käsitteli valvomon suunnittelua, toinen vaihe vuosina 1981-1985 ihmisen luotettavuutta ja kolmas vaihe vuosina 1986-1989 informaatiotekniikan käyttöä onnettomuustilanteissa. Ihminen-kone liitännöistä oli pieni askel siirtyä tarkastelemaan automaation yhteiskunnallisia vaikutuksia Työsuojelurahaston rahoittamassa tutkimusohjelmassa "Informaatiotekniikka ja työympäristö". Tätä tarkastelulähtökohtaa hyödynnettiin SITRA:n rahoittamassa tutkimuksessa "Tekniikka, talous ja yhteiskunta", joka suoritettiin yhteistyössä International Institute for Applied Systems Analysis:in (IIASA) kanssa. Tätä kirjoittaessa on myös käynnissä ko. tutkimussuuntauksen johdannaisprojekteja.

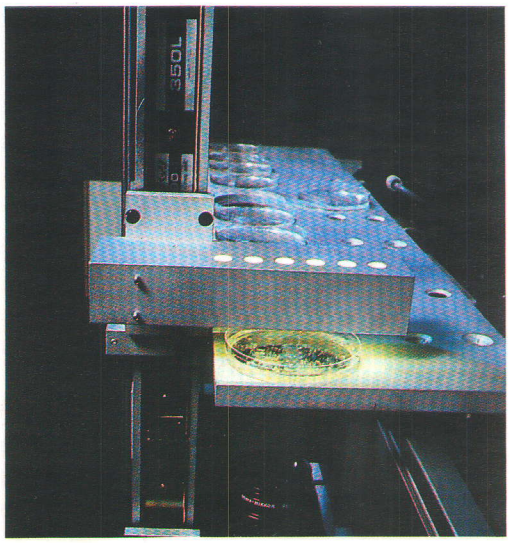
Toinen laboratorion suurhanke käynnistyi vuonna 1976, kun Valmetin Instrumenttitehdas oli menettänyt muutamia tärkeitä kauppoja Honeywell:in uudelle instrumentointijärjestelmälle TDC2000. Mikroprosessorit tekivät tuloaan, ja oli ilmeistä, että ne tulisivat korvaamaan analogiatekniikan. Valmetin huoli omasta business-segmentistä johti esiselvityksen tilaamiseen. Esiselvitys määritteli varsin pitkälle tuotekehitysprojektin, joka ehdotettiin käynnistettäväksi. Päätöksenteko viivästyi, mutta kun Valmet oli tehnyt kaksi toimitussopimusta, järjestelmä oli pakko kehittää. Koko tuotekehitysprojektiin oli varattu vajaa vuosi aikaa, joten ei oikeastaan voitu puhua projektin kriittisestä polusta koska kaikki tehtävät olivat kriittisiä.

Valmetin Damatic-järjestelmä onnistui yli odotusten. VTT:n työpanos järjestelmän



Yhteistyössä Partekin kanssa rakennettiin vuonna 1978 automaattinen kalkkikiven lajittelija. Kivet kuvataan lennossa rivikameralla ja huonot kivet puhalletaan pois vähän matkaa alempana paineilmalla. Kuvassa kivet ovat jättäneet kuljettimen ja ovat kameralla kuvattavina.





Arinakattilan digitaalisen kuvankäsittelyn hyvin onnistunut sovellus johti jatkotutkimuksiin. Puunjalostusteollisuuden soodakattilasovellus käynnistettiin toisena ja hiilipölypolton sovellus kolmantena. Vasemman puoleisessa kuvassa hiilipölypolton liekin kuvaa käsiteltynä.

Kuvankäsittelyä on sovellettu laajemminkin. Kuvassa puualkioiden mikrolisäystä, jota valvotaan kameralla. Kuvankäsittelytekniikan menetelmiä käyttäen tunnistetaan ja paikannetaan käyttökelpoiset alkiot siten, että ne voidaan poimia erilleen. Kuva oikealla.

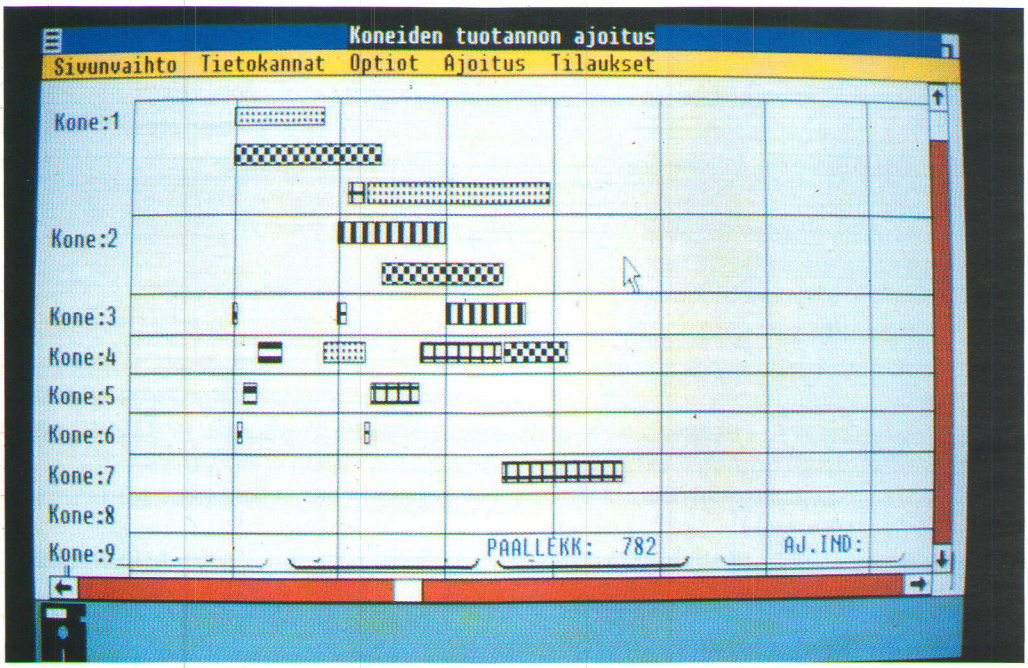
Betonilaattatehtaita varten ideoitiin ja toteutettiin tietokonetuetun suunnittelun ja valmistuksen integrointi. Konkreettisena tuloksena syntyi kuvan pitkälti toista tonnia painava automaattinen betonipetiin koloja kaivava kone.

kehityksestä oli noin 20%. Järjestelmän kokonaismyynti on arviolta 2 miljardia markkaa. Järjestelmän vaikutus on kuitenkin nähtävä laajemminkin. Valmet lähti vuonna 1985 kehittämään nk. Damatic Classic järjestelmän seuraajaa Damatic XD, joka julkistettiin vuonna 1988 ja esitettiin laajemmin käyttäjille Automaatiopäivillä samana vuonna. Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio oli mukana tukemassa Valmetia myös tämän järjestelmän kehittämisessä, tosin edellistä huomattavasti pienemmällä panoksella. Laboratorio on ollut näkyvästi esillä useilla Automaatiopäivillä, esimerkiksi vuoden 1987 Automaatiopäivillä avajaisesitelmässä /5/.

Laboratorioon oli Loviisan laitosprojektin ja Damaticin tuotekehitysprojektin yhteydessä saatu varsin hyvää kokemusta teollisuuden instrumentointi- ja automaatiotarpeista. Tämä yhdistettynä teoreettisempaan osaamiseen osoittautui varsin käyttökelpoiseksi erilaisten automaatio-ongelmien ratkaisuissa. Rinnakkain koulutussimulaattori- ja Damatic-projektien kanssa toteutettiin myös Partekille prototyyppi oppivasta ja näkevästä kalkkikiven lajittelijasta. Tämä hanke johti uuteen alueeseen, kuvankäsittelyyn ja sen automaatiosovellutuksiin. Myöhäisempiä sovelluskohteita ovat olleet esim. kattiloiden tulipesien liekinvalvonta, robottinäön sovellukset, kasvien mikrolisäys ja taimitarhojen automaatioratkaisut.

Automaatio-osaamista oli myös luonnollista soveltaa valmistavan teollisuuden ongelmiin. Esimerkkejä tällaisista hankkeista ovat olleet mm. betonisten ontelolaattojen reikien

Laboratorion osaamista on hyödynnetty myös käytännöllisellä tasolla tukemaan prosessiteollisuuden ohjausstrategioiden kehittämistä. Kuvassa tutkijat miettivät paperikoneen ohjattavuusongelmia.



Tehdastuotannon oikealla ajoituksella pystytään saamaan huomattaviakin säästöjä aikaan. Kuvassa laboratoriossa suunnitellun ja rakennetun ajoituksen suunnittelujärjestelmän näyttö.

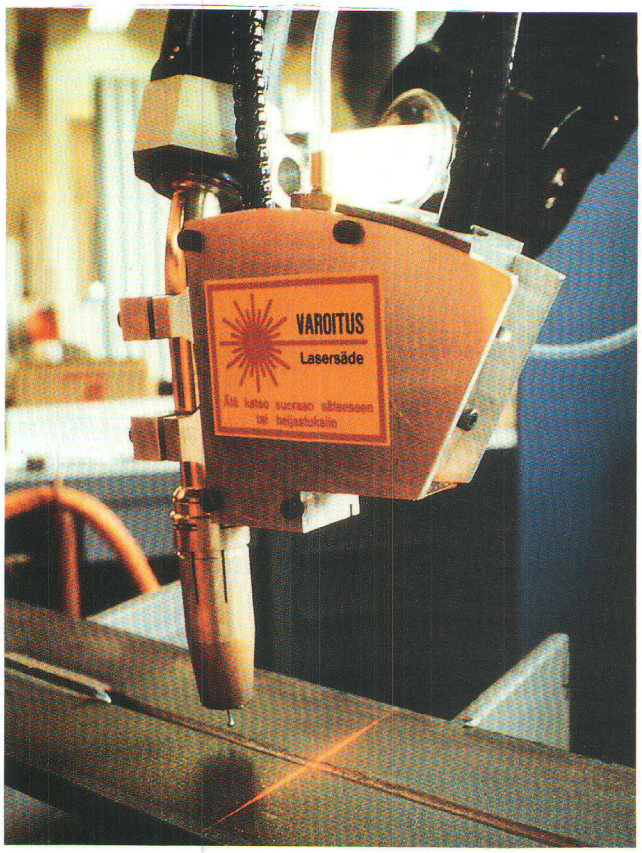
VTT:n graafisen laboratorion kanssa suunniteltiin monta tuotantoteknillistä parannusta kirja- ja lehtipainotalojen käyttöön. Kuvassa VTT:n patentoima robottisovellus käyttäjäyrityksen tiloissa.

kairauskoneen toimintojen suunnittelu ja toteutus sekä elektrolyyttialtaan panostustoiminnan automaation periaatteiden suunnittelu. Vuonna 1986 kappaletavara-automaatioprojektien volyymi oli kasvanut niin suureksi, että laboratorioon muodostettiin oma tuotantoautomaation jaosto.

Tekoäly oli toinen uusi teknologia, johon lähdettiin varhaisessa vaiheessa mukaan. Sitä oli sovellettu ydinvoimalaitosten ohjaajien tukijärjestelmissä, ja lisää sovellutuksia löytyi sähköverkkojen suunnittelu- ja valvontatehtävistä sekä luotettavuustekniikasta.

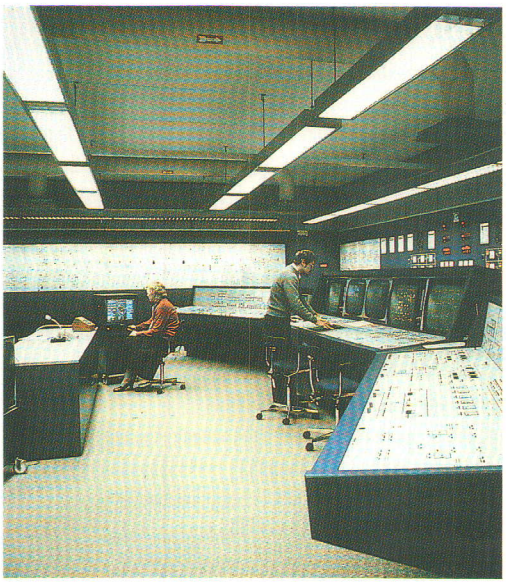
Laboratorion automaatio-osaaminen on näytellyt tärkeätä osaa monessa VTT:n tutkimusohjelmassa. Näistä voidaan erityisesti mainita seuraavat tutkimusohjelmat: tuotantoautomaatio (1982-1984), digitaalisen kuvainformaation käsittely (1982-1984), tekoälyn sovellukset (1985-1988), prosessien numeerinen simulointi (1986-1988), ohjausjärjestelmien suunnittelu ja automaattinen verifiointi (1988-1990) sekä joustava tuotantoautomaatio piensarjatuotannossa (1989-1991). VTT:n tutkimusohjelmat ovat myös olleet mukana muokkaamassa teknologiaohjelmakäytäntöä sellaiseksi kuin se 80-luvun aikana on vakiintunut. Tutkimusohjelmat mahdollistivat myös laboratorion tulo- ja menorahoituksen säilyttämisen noin kolmanneksena siitäkin huolimatta, että ulkopuolinen tilauskanta on kehittynyt hyvin voimakkaasti. Automaatiotutkimuksen saadessa yhä enemmän sijaa sähkötekniikan laboratorion tutkimustoiminnassa muutettiin laboratorion nimi 15.3.1989 sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorioksi.

VTT:n tutkimusohjelmat mahdollistivat yhteistyön myös VTT:n muiden laboratorioiden



VTT:n konepajan tuotantotekniikan laboratorion kanssa on ollut paljon yhteistyötä automaation alueella. Viereisessä kuvassa on digitaalisen kuvankäsittelyn avulla toteutettu hitsausrobotti. Railonseuranta tapahtuu automaattisesti tulkitsemalla laserilla synnytetty kuvio.

Tuotantosolut ovat pitkälle automatisoituja pienoistehtaita. Yhteistyössä VTT:n konepajan tuotantotekniikan laboratorion kanssa on viety läpi monta tuotantosoluihin kohdistuvaa hanketta. Kuvassa erityisesti kokoonpanoratkaisuja varten rakennettu VTT:n tutkimussolu. Kuva alhaalla vasemmalla.



Loviisan laitoksen koulutussimulaattoria käytettiin IVO:n ja VTT:n välisen sopimuksen mukaan myös tutkimukseen. Eräs suurimmista projekteista toteutettiin vuonna 1982 yhteistyössä VTT:n, IVO:n, Halden-projektin ja Combustion Engineeringin välillä. Kuvassa VTT:n henkilöt valmistelemassa suoritettavia kokeita. Kuva oikealla.

Laboratorio on 70-luvun puolivälistä lähtien ollut kiinteässä yhteistyössä Norjassa toimivan OECD Halden Reactor Projectin kanssa. Eräs suurimmista yhteistyöprojekteista liittyi tutkimussimulaattorin toimittamiseen Suomesta Norjaan. Kuvassa simulaattori erään valvomokokeen aikana.

Kuvassa eräs laboratorion uusimmista rakentamiskohteista. Yhteistyössä TKK:n automaatiotekniikan laitoksen kanssa on rakennettu kävelevä kone. Vaikkakin teolliset sovellukset ovat vielä tulevaisuudessa, uskomme, että erityistarkoituksiin tällainen kone tulee olemaan varsin edullinen.

kanssa. Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio on ollut mukana kehittämässä mm. graafisen alan automaatioratkaisuja, alusten käsittelysimulaattoreita, rakennusteollisuuden automaatiota, tutkimusreaktorin instrumentointia, kemian teollisuuden simulointimalleja, mekaanisen puunjalostusteollisuuden automaatiota, liikenteen simulointimalleja, konepajojen automaatioratkaisuja, elintarvikeautomaatiota ja ydinvoimalaitoksen simulaattoreita.

Yhteistyö Suomessa ja Suomen ulkopuolella on myös toiminut hyvin. TKK:n systeemitekniikan laboratorio on kouluttanut monta sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorion tutkijaa. TKK:n automaatiotekniikan laitoksen kanssa on 80-luvun loppupuolelta alkaen ollut varsin kiinteätä yhteistyötä. Studsvik Energiteknik Ruotsissa, OECD Halden Reactor Project Norjassa, Risø National Laboratory Tanskassa ja Sintef Norjassa ovat olleet tärkeitä yhteistyökumppaneita pohjoismaisessa yhteistyössä. Fraunhofer Institut Saksassa, IIASA Itävallassa ja Harvard Business School Yhdysvalloissa ovat puolestaan esimerkkejä muista kansainvälisistä yhteistyöpartnereista.

Laboratorion henkilöt ovat osallistuneet aktiivisesti yhdistystoimintaan, ja Suomen Automaatioseura, entinen Säätöteknillinen Seura, on automaatiopuolella ollut tärkeä kanava yhteyksien luomisessa potentiaalisiin asiakkaisiin. Kansainvälisesti International Federation of Automatic Control (IFAC) on tarjonnut samantapaista yhteysverkostoa.

XVII. DAMATIC-JÄRJESTELMÄ - HAASTE TUOTEKEHITYKSELLE

Damatic-järjestelmän tuotekehitysprojekti käynnistyi vasta, kun oli tehty ensimmäiset kahdet isot kaupat vuonna 1978. Valmista, myytävää järjestelmää ei vielä tuolloin ollut, oli olemassa paperilla ainoastaan alustavia järjestelmäkuvauksia. Projektin edellyttämiä digitaalitekniikkaan perehtyneitä suunnittelijoita ei ollut, puhumattakaan mikroprosessoreihin perehtyneistä. Projektia varten kerätyssä työryhmässä harvalla oli kokemusta sovellettavasta uudesta tekniikasta. Koulutustarve oli siis suunnaton. Työryhmän koulutus alkoi mikroprosessorin ohjelmointikurssilla syyskuun alussa, ja varsinainen työ projektissa pääsi alkamaan kunnolla vasta koulutuksen jälkeen lokakuussa 1978. Tehokkaaksi työajaksi näin ollen muodostui 9 kuukautta. Jälkeenpäin todettiinkin, että syntynyt lapsi oli kaunis.

Toinen ostaja ilmeisesti vaistosi, että projekti oli vaikeuksissa, ja vaati toimivaa demojärjestelmää jo maaliskuussa sillä uhalla, että kauppa peruuntuisi muussa tapauksessa. Projektin kaikki resurssit oli suunnattava toimivan demon toteuttamiseen. Järjestelmän oli määrä lähteä Tampereelta eräänä maanantaina. Ensimmäiset ohjelmoitavat elektroniikkakortit (keskusyksikkö-, liikenne- ja liitäntäkortit) saatiin tuotannosta vasta edellisenä lauantaina. Ohjelmisto ja laitteisto olivat ensimmäistä kertaa yhteistestauksessa samana lauantaina. Oli siis vain 2 vuorokautta suunniteltuun lähtöhetkeen. Tehtävä oli luonnollisesti mahdoton, joten siihen tarvittiin hieman lisäaikaa. Järjestelmä saatiin matkaan Tampereelta noin klo 4 tiistaiaamuna. Tämän jälkeen kävivät väsyneet testaajat majapaikassaan vaihtamassa paitaa ja lähtivät varhaisella aamulennolla Helsinkiin. Sieltä jatkettiin suoraan asiakkaan luokse hoitamaan demoa samana päivänä. Demo onnistui, ja uhkaava kaupan irtisanominen voitiin välttää.

Toukokuussa 1979 havaittiin, että minkäänlaisia sovellussuunnittelun työkaluja ei ollut olemassa. Tehtiin nopea väliaikaisratkaisuksi tarkoitettu järjestely, joka saatiin toimimaan kahdessa viikossa. Tämä järjestely, kuten yleensä tilapäisjärjestelyt, jäi pysyväksi. Kesti melkein neljä vuotta ennenkuin saatiin aikaan alunperin suunniteltu sovellussuunnittelun liitäntä.

Täysin uuden tekniikan ollessa kyseessä ei aina ollut tarpeeksi laitteita ja komponentteja. Mikroprosessoriohjelmien kehityslaitteistoihin oli jatkuvasti jonoja. Eräässä vaiheessa sähköisesti pyyhkäistävistä ohjelmoitavista lukumuisteista tuli paha pullonkaula. Niitä ei kerta kaikkiaan saatu riittävästi maahantuojalta. Jouduttiin tilanteeseen, että kun toinen suunnittelija testasi omaa sovellustaan, toinen oli vieressä odottamassa, ja kun testi oli ohi, hän irrotti muistipiirit, pyyhkäisi ne tyhjiksi, latasi niihin omat ohjelmansa ja siirsi ne omiin testattaviin kortteihin. Tilannetta yritettiin myös helpottaa sillä, että yrityksen johtajat toivat muistipiirejä Amerikkaan suuntautuneilta työmatkoilta. Ongelma ratkesi lopullisesti, kun Japanista löytyi toinen komponenttivalmistaja. Nämä ongelmat muiden ongelmien lisäksi pidensivät työryhmän työpäiviä.

Ensimmäisen järjestelmän käyttöönotto tapahtui kesällä 1979. Järjestelmä, jossa satakunta mikroprosessoria kommunikoivat keskenään, kytkettiin ohjaamaan ensimmäistä kertaa kartonkikonetta. Oli selvää, ettei käynnistys onnistunut heti. Korjauksia tehtiin ympäri vuorokaudet. Tyypillinen työtuntimäärä vuorokautta kohti oli yli 20 tuntia. Kun toista

Valmetin rakentama Damatic-järjestelmä on ollut Suomen menestyksellisimpiä teollisuuselektroniikan tuotteita. Päätös järjestelmän kehittämisestä tehtiin laboratorion suorittaman selvitysprojektin tulosten perusteella. Laboratorio oli myös mukana konkreettisessa tuotekehitysprojektissa tehden noin viidesosan kehitystyöstä. Kuva Valmetin ensimmäisen toimituksen käyttöönotosta.

Uusi järjestelmä tarjosi mahdollisuuden suunnitella paikallisia valvomoja. Kuvassa Pankakosken paikallinen valvomo, joka sijaitsi yli kilometrin matkan päässä päävalvomosta.

viikkoa oli näin toimittu, väsyneiden suunnittelijoiden korjaustoimenpiteet johtivat helposti uusiin virheisiin. Parin viikon aikalisän aikana saatiin järjestelmä toimimaan, ja tehtaan käynnistys onnistui.

Koska järjestelmässä käytetty tekniikka oli embargon alaista, edellytti sen vienti Itä-Eurooppaan Yhdysvaltojen kauppaministeriön luvan. Ensimmäinen idänkaupan lupa jumittui Pentagonin epäilyksiin siitä, että ko. hajautettu ohjausjärjestelmä sopisi erillään olevien ohjuspatterien laukaisujärjestelmäksi. Tämän johdosta joutui VTT antamaan lausunnon siitä, miten kiinteästi järjestelmä on kytketty ohjattavaan paperikoneeseen, ja sen virittäminen ohjusten laukaisun ohjaukseen on melkein mahdotonta. Tämän ja muiden selvitysten jälkeen vientilupa saatiin.

Kilpailevan automaatiojärjestelmän edustaja kysyi kerran, paljonko työaikaa järjestelmään kehittämiseen oli kulunut? Vastauksena annettiin tietyistä syistä hieman yläkanttiin arvioitu luku. Edustaja ei uskonut vaan syytti valehtelemisesta, koska kilpailevan järjestelmän kehittämiseen oli kulunut satakertainen työmäärä. Kymmenkertaiseen työmäärään olisi ehkä vielä uskottu.

Yksi ensimmäisiä järjestelmätoimituksia tehtiin Nesteelle Sköldvikin jalostamoon. VTT:n tutkijat olivat tässä toimituksessa Valmetin sovellutussuunnittelun konsulttina ja toimituksen jälkeen oli ideoitu ja rakennettu monta uutta piirrettä järjestelmään. Kuvassa valvomo käyttöönoton jälkeen.

XVIII. VTT:N ROOLIT SUOMEN ELINKEINOELÄMÄSSÄ

Keskustelemassa Pekka Salminen (PS), Markku Mannerkoski (MM), Björn Wahlström (BW).

Kuvassa keskustelemassa vasemmalta lukien Markku Mannerkoski, Pekka Salminen ja Björn Wahlström.

BW: Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio on viisikymmenvuotisen toiminnan aikana käynyt läpi monta vaihetta. Ajattelin, että voisimme tällä keskustelulla valaista muutamia VTT:n toimintaan vaikuttavia seikkoja ja samalla hahmotella näkemystä siitä, miten tulisi edetä tulevaisuudessa. On selvää, että tulevaisuus tulee sisältämään muutoksia, mutta jos ymmärtäisimme paremmin toiminnan dynamiikkaa, olisi tällöin helpompaa reagoida ja suunnitella. Tällä tavalla meillä on parempia edellytyksiä säilyttää se tärkeä rooli, mitä VTT:llä on tänään Suomen elinkeinoelämässä ja kehittää sitä edelleen.

VTT:n vahvuudet

MM: VTT on käsitykseni mukaan nykyaikainen tutkimus- ja kehitystyötä suorittava laitos seuraavassa kolmessa suhteessa. Ensinnäkin olemme monialaisia. Toiseksi näillä monilla aloilla on kullakin toimintayksikkö, jonka toimiala on niin määritelty, että yksiköt ovat valtakunnallisia. Kolmanneksi me olemme asiakas- ja korkeakoululäheisiä. Nämä kolme tekijää ovat VTT:n vahvuuksia. Toinen asia sitten on, miten ne saadaan hyödynnetyksi.

PS: Nuo mainitsemasi asiat ovat aina olleet VTT:n tunnuspiirteet. Mielestäni on kuitenkin

tunnistettavissa jonkinlaista aaltoliikettä. Joskus asiat ovat ollet paremmalla ja joskus huonommalla tolalla vuosien varrella. Kun minä tulin taloon vuonna 1964, ei VTT silloin ollut kovin dynaaminen. Voidaan jopa sanoa, että VTT:llä vallitsi ummehtunut ilmapiiri. Ilmapiiri muuttui oleellisesti silloisen Laurilan työryhmän uudelleenorganisoinnin jälkeen, ja vaikka siellä oli täsmälleen samoja ihmisiä tilanne muuttui oleellisesti. Sen jälkeen ei ole ollut vastaavaa stagnaatiota VTT:n sisäisestä syystä. Joskus toki on ollut vaikeampaa ja joskus helpompaa siitä syystä että VTT:n ulkopuolella taloudelliset resurssit ovat olleet isoimmat tai pienemmät. Yhdyn kuitenkin täysin siihen, että noilla argumenteilla VTT toimii jatkossakin.

MM: Johtokunnan piirissä olemme käyttäneet sanontaa, että hyvä kello kauas kuuluu! Eli VTT edistää parhaiten palvelujensa markkinointia tyytyväisten asiakkaitten ja rahoittajien kautta.

Asiakkaina suurteollisuus tai PKT-yritykset

PS: Tarkasteltaessa VTT:n teollisuusasiakkaita minulle on jäänyt se kuva, että ehkä enemmän kuin jotkut haluavat, VTT:stä on tullut suomalaisen ison teollisuuden yhteistyökumppani. Suomalainen PK-teollisuus ei ehkä sittenkään samassa määrin pysty käyttämään VTT:n palveluja.

MM: Näin asia varmaan on, vaikkakin meillä on velvoitus kiinnittää huomiota myös PK-teollisuuteen. Maailmalla on meihin verrattavia laitoksia, jotka jopa keskittyvät PK-teollisuuteen, esimerkiksi Dansk Teknologisk Institut. He saavat tuloistaan peräti 60% PKT-sektorilta. He eivät tosin tee varsinaista tutkimustyötä oikeastaan ollenkaan, mutta meille se kuuluu. PKT-sektoriin on kiinnitettävä suurta huomiota, koska osa siitä on high-techiä ja koska se on sektori, jolla työpaikat voivat lisääntyä. Työllisyyden parantamisessa PKT-sektorilla on olennainen osuus ja VTT:ltä odotetaan siihen myös panosta.

PS: Näin on. Mutta kun on kyseessä VTT ja isompi teollisuus, tulee kansainvälinen aspekti hyvin nopeasti. Firmat ovat monikansallisia tai monikotimaisia ja silloin tulee mukaan kaikenlaista muuta.

BW: Konkreettisen yhteistyön kannalta on kuitenkin huomattu, että PKT-yritykset ovat suuryrityksiä vaikeimpia yhteistyökumppaneja. Ne ovat pieniä ja niillä ei ole mahdollisuuksia satsata johonkin hankkeeseen samalla tavalla kuin suuryrityksellä. Jos projekti menee, saattaa tapahtua välistävetoja.

PS: Tämän laboratorion historiassa on ollut myös PK-teollisuuden onnistuneita hankkeita. Yksi niistä oli Talmu-tuote ja heidän heijastimensa. Monien temppujen, mutkien ja väärinkäsitysten jälkeen huomattiin, miten homma piti tehdä ja se tehtiin. Talmu sai hyvän tuotteen ja VTT sai toimeksiannoista tuntipalkan.

BW: Talmun kanssa on edelleenkin yhteistyötä testauspuolella. Testauspuolella on ollut toimeksiantoja toista sataa tuhatta vuodessa useiden vuosien ajan. Mainitsen yhden esimerkin VTT:n ja PKT-yritysten välisistä ongelmista. Erääseen projektiin etsittiin rahoittajan toivomuksesta PKT-yritystä. Etsinnän tuloksena löytyi yksi yritys. Kun projektin piti käynnistyä, yritys vetäytyi ja paljon työtä oli tehty turhaan.

MM: Selvää lienee, että VTT:llä on jatkossakin koko kirjo asiakkaita ja rahoittajia. Tutkimus on osin pitkäjänteistä, teknillistieteellistä tutkimustyötä, mikä on tietysti julkisrahoitteista. Toista ääripäätä edustavat yksityisten testaustoimeksiannot. Koko tämä kirjo tulee säilymään, mutta se ei tarkoita, että olisi tasainen peitto kaikissa. Resurssien tasajaolla ei päästä missään pitkälle. Entä kuinka pitäisi painottaa? Jos Suomessa jotkut firmat ovat päässeet pitkälle, tuleeko VTT:n nimenomaan silloin olla mukana varmistamassa, että tällainen keihäänkärki pysyykin terävänä, vai tuleeko ajatella, että me sitten vetäydymme ja siirrymme muihin asioihin. Emmeköhän esimerkiksi osallistu matkapuhelinten kehittämiseen jatkossakin, vaikka kysymyksessä on suuryritys. Se on loistava suomalainen menestystarina, jossa VTT:llä on varsin merkittävä osuus. Toisaalta emme voi jättää pois hankalia PKT-yritysten asioita, vaikka ne eivät olekaan tutkimuksellisesti yleensä niin haastavia.

Tehtävien priorisointi

PS: Mitä enemmän olen seurannut sovellettua tutkimustyötä, sitä vakuuttuneemmaksi olen tullut siitä, että meidän täytyy osata priorisoida. Meidän täytyy jättää eräitä asioita pois, jos ne eivät vedä, jos niissä ei onnistuta tai jos ne eivät ole meille luontaisia. Me olemme kuitenkin niin kielitaitoisia ja kykeneviä, että jos yllätykseksi jotakin yhtäkkiä lähdemme vetämään ja huomaamme myöhemmin hieman erehtyneemme, niin kyllä me sen jälkeenpäin selvitämme. On pidettävä yllä sellaista priorisointiajattelua, että jos jokin asia on menestynyt tai näyttää menestyvän, niin siinä pitäisi olla mukana sovitulla tavalla. Jos jokin yritys haluaa VTT:n mukaan omaan kehitystyöhönsä ja on myös aidosti kiinnostunut siitä, niin tällöin VTT:n on tehtävä osuutensa, vaikka tämä merkitsisi luopumista jostain muusta. Mikäli yritys ei halua VTT:tä mukaan yhteistyöhön, on VTT:n harkittava, onko ko. alueelle yleensä järkevää panostaa.

MM: Ehkä juuri niin päin, että priorisointi on aktiivista etsittäessä lupaavia painosuuntia, eikä niin, että ollaan innokkaimpia joidenkin asioiden hylkäämisessä. Kyllä se kysyntä voidaan huippututkimuksen ohella tyydyttää, joka tulee PKT-sektorilta. Pienet toimeksiannot ovat usein tavattoman tärkeitä pienille yrityksille. Miksi me kieltäytyisimme tyydyttämästä tällaista kysyntää omakustannushintaan. Tämä fokusointi on tietysti vaikeata, koska siinä otetaan se vastuu, että tähän me uskomme ja tähän heittäydymme.

BW: Tutkijoiden kannalta tämä on oikea tapa, koska heitä kiinnostaa tehdä jotain merkittävää. Samanlaista innostusta ei synny, kun toistetaan sellaista, jota jo osataan.

MM: Heittäytyminen joidenkin asioiden taakse ja voimavarojen onnistunut keskittäminen edellyttää hyvää vuorovaikutusta teollisuuden ja muiden ulkopuolisten kanssa.

Kansainvälistyminen

MM: VTT tietysti palvelee nimenomaan Suomea ja suomalaista teollisuutta. Sen kansainvälistyessä kansainvälistyy palvelututkimuskin. Kansainvälinen yhteistyö on tietysti perustutkimuksessa aina ollut mukana. Tällainen yhteistyö on yksi menetelmistä. Jotta taso säilyy ja kehittyy, on syytä palvella myös ulkomaalaisia yrityksiä. Pyrimmekin lisäämään toimeksiantoja ulkomaille, mutta kohtuullisessa mitassa ja niin, että suomalaisella teollisuudella on jatkossakin ns. "first refusal" oikeus. Ensin pitää tänne tarjota ja sen

jälkeen vasta sitten muualle. Arvokasta tietoa ei pidä luovuttaa halvalla tai omalle teollisuudelle haitallisesti.

PS: Kun ajattelee kansainvälistymisen näkökulmaa ja erityisesti suomalaisen teollisuuden kannalta, on se periaatteessa hyvä asia. Mittari työn laadusta ja kelvollisuudesta tulee uusia kanavia pitkin. VTT on luonnollinen osapuoli EY-ohjelmissa. Teollisuudessa tämä on ehkä vaikeampaa, koska voimat eivät yksinkertaisesti kaikkeen riitä, ja se ei myöskään ole sellaista "core business" aluetta eli sen keskeisen toiminnan ulkopuolella. Minä olen muutaman kerran törmännyt sellaiseen näkökulmaan, mikä on ehkä VTT:lle tuttu. Suomalaisen teollisuuden ja VTT:n yhteisvoimin on muodossa tai toisessa viety jotain teknologiaohjelmaa. Ohjelma on sitten saatu jossain vaiheessa Suomessa valmiiksi. Tämän jälkeen teollisuus on ottanut ohjelman jatkokehityksen itselleen eli tuotekehitykseen eikä ole enää tarvinnut VTT:tä ko. asiassa. VTT:n puolelle jää pulma siitä, miten tästä jatketaan. Hyvin helposti VTT:lle tulee luonnollinen kuvio siinä, että haetaan ulkomaisia kumppaneja ja liitytään ulkomaiseen ohjelmaan. Tämän seurauksena teollisuuden puolella nousee kysymys, että VTT on meidän kanssa kehittänyt ko. teknologian ja nyt VTT on myymässä sitä tätä kautta aivan liian halvalla. Se on tunnistamani vaara tällä hetkellä. Kaikki muu toimii, mutta tämän kysymyksen pitäisi pystyä hoitamaan tapaus tapaukselta taitavasti siten, ettei Suomessa rakennettua tietotaitoa myydä liian halvalla.

MM: Tämä on hyvin huomionarvoinen asia, johon todella jatkossa pitää kiinnittää suurempaa huomiota. Lienee vaikea antaa yleispäteviä etukäteissääntöjä. Terve itsekkyys Suomen puolesta on yleisohje.

PS: Voimateollisuuden alueella ovat kehittymässä paineistetun polttotekniikan voimalaitossovellukset. Paineistettu polttotekniikka ei ole Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorion aluetta vaan sen perusosaaminen ja avainkysymykset ovat Polttoainetekniikan laboratorion (POV) aluetta. POV on kehittänyt perusosaamisensa KTM:n tutkimusohjelmissa ja nyt alan yritykset kehittävät saavutettuja ratkaisuja kupallisiksi tuotteiksi. Tässä kehitystyössä VTT on jäänyt hieman taka-alalle. VTT:n on nyt mietittävä, mitä osaamisella pitää tehdä, mennäänkö ulkomaisten yritysten kanssa asioimaan, jotka ovat vastaavien kotimaisten yritysten kilpailijoita.

Kasvun rajoitukset

MM: VTT kasvoi 70-luvulla niin nopeasti, että sille asetettiin kasvurajoituksia. Pelättiin, että jos huonommat ajat koittavat, väki jää valtiolle ja palvelutuloja ei tule riittävästi. Kasvurajat saatiin pois muutama vuosi sitten. Nyt valtionhallinnon julkisen hallinnon paisumisen vuoksi esitetään supistamisvaatimuksia. Ne ovat kokonaisuuden kannalta perusteltuja. Valitettavasti ne kohdistuvat myöskin tutkimusta tekeviin laitoksiin, siitä huolimatta, että tutkimus- ja kehitystyö on yhteiskunnan painosuuntia. Olemme tietyssä ristiriitatilanteessa. VTT:lakin on nämä supistamisvelvoitteet, vaikka meillä on toisaalta velvoite kehittää maassa tutkimus- ja kehitystyötä myös volyymiltaan.

BW: Edellisen kerran, kun henkilörajoitukset olivat voimassa, olivat suhdanteet hyvät ja Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio eli melkoisessa kysyntäpaineessa. Silloin meillä reagoitiin kysyntään TKK:n ja VTT Technology Oy:n kautta palkatuilla henkilöillä. Yhteen aikaan meillä oli melkein 10% koko laboratorion henkilömäärästä virallisen

kirjanpidon ulkopuolella.

MM: VTT:n rahoitus yksityiseltä sektorilta oli viime vuoden loppupuoliskolla pienempi kuin edellisen vuoden vastaavana aikana. Sama trendi näyttää nyt jatkuvan. VTT:n henkilömäärän supistukset, joita ministeriötasolta edellytetään, ovat hoidettavissa luonnollisen poistuman kautta. VTT:ssä on otettu käyttöön henkilöstöpankki, johon voi ilmoittaa vajaatyöllistetyt. Se ei ole sellaisten ihmisten työnvälityspaikka, jotka ovat huonouttaan listoilla. Pankkiin ilmoitetaan henkilöitä, jotka ovat täysin palvelukelpoisia, mutta joiden kohdalla työt vain ovat vähentyneet.

Palautteen varmistaminen

PS: Tässä herää kysymys, miten VTT kerää tekemistään töistä palautteita ja miten muodostaa näistä palautteista strategioita ja suunnitelmia. Tiedän, että pidätte seminaareja, suunnittelupalavereita, jne. Osittain VTT saa impulsseja TEKES:in, KTM:n ja vastaavien elimien tutkimusohjelmien suunnittelun kautta. Mutta missä määrin muut asiakkaat ovat valmiit keskustelemaan muista kuin tilauksista. Onko teillä ollut yritysten kanssa strategiakeskusteluja tai muita sen tapaisia keskusteluja?

BW: Selvää tietenkin on, että sellaisia keskusteluja pitäisi saada enemmän aikaan kuin meillä tällä hetkellä on. Keskusteluja yritysten strategioista on kyllä erittäin vaikeita käydä. Onko syynä sitten pelko, että keskustelujen sisällöt vuotavat kilpailijoille vai mistä se on kiinni.

PS: Yritykset käyvät kyllä omia strategiakeskustelujaan, mutta keskustelujen tulokset ovat usein VTT:n kannalta sopimattomassa muodossa. Eräs tapa voisi olla eri asiakasryhmien kanssa pidettävät keskustelut tai pikkuseminaarit, joissa käytäisiin valittua teemaa läpi esityksin ja samalla kysyttäisiin, mitä mieltä asiasta ollaan ja tällä tavalla saataisiin keskustelua aikaan.

MM: Tällaisia teollisuuden alakohtaisia seminaareja on järjestetty laboratorioiden toimesta ja osastokohtaisestikin. Tätä voisi edistää. Minulla on hyvä kuva niistä tilaisuuksista.

PS: Tilaisuudet voisivat olla eräänlainen pitkän tähtäyksen markkinointikeino. Muutamat VTT:n laboratoriot ovat järjestäneet tällaisia tilaisuuksia. Tilaisuudessa käsitellään esimerkiksi yhden jaoston asioita ja pidetään esitelmiä omista tutkimuksista. Osanottajiksi kutsutaan alan ihmisiä teollisuudesta ja ministeriöistä keskustelemaan asioista. Mielestäni tämä olisi ainoa toimiva tapa, jolla voidaan kerätä yritysten strategioita ja näkemyksiä. Niitä pitää sitten itse tulkita ja selvittää, mitä ne tarkoittavat VTT:n tutkimusstrategioiden valinnassa. Missä määrin VTT:ssä arvioidaan esimerkiksi monivuotisia projekteja? Onko sellaisia käytäntöjä nykyään olemassa?

MM: Kyllä kaikki projektitkin pitäisi arvioida. Mutta kun viime vuonna oli projekteiksi nimettyjä hankkeita 4200, niin minä otaksun, että kaikkia ei samanlaisella tekniikalla arvioida.

BW: Jos projekti on hyvin toteutettu, niin siinä suoritetaan jatkuvaa arviointia työn ohella. Näin sen pitääkin olla. Toinen asia on kuitenkin, pitääkö kaikkia pieniä hankkeita arvioida

formaalisti. Jos näin tehtäisiin, kärsisi todennäköisesti arvioinnin laatu.

PS: Kyllä se tulisi raskaaksi ja lisäksi turhauttaisi. Meillä IVO:ssa on tutkimus- ja kehityshankkeiden yhteydessä sellainen käytäntö, että vähän isommasta hankkeesta, noin 1 Mmk vuodessa, johtoryhmä kerran vuodessa täyttää yhden liuskan. Liuskassa on valmiiksi asetetut kysymykset ja lisäksi annetaan arvosanoja.

MM: Tämä systeemi on VTT:ssä ohjetasolla ja kyllä se käsitykseni mukaan jo melko hyvin toteutuukin.

Tutkimuksen hallinnolliset rutiinit

BW: Hallinnolliset rutiinit ovat muodostuneet raskaammiksi. Ongelmana on materiaalin ja taustatietojen hankkiminen eri esitysten tueksi. Esimerkiksi meriittikorotus- ja tehtäväryhmämuutosesitysten yhteydessä usein hyvä esitys palautetaan keskushallinnosta lisäselvityksiä varten. Paljon aikaa joutuu uhraamaan yksinkertaisiin asioihin. Ongelmaksi tulee löytää aikaa tehdä kaikki asiat järjestelmien edellyttämällä tavalla.

MM: Helposti käy niin, että ne, jotka kehittävät systeemit, eivät tiedä, paljonko aikaa systeemien noudattamiseen menee. Pitääkin käyttää omaa järkeä ja rationalisoida homma niin, että se sujuu. Tarkoitus ei ole, että laboratorionjohtajat pääasiassa pöllyttävät papereita, vaan heidän pitää johtaa tutkimustyötä laitoksessa. Siihen pitää olla riittävästi aikaa.

PS: Kaikki asiat menevät laboratoriojohtajalle eli pitäisi pystyä jakamaan tehtäviä.

MM: Ja karsimaan niin, että tehdään sitä, mikä on tarkoitettu tehtäväksi. Jos kaikkia hallintorutiineja tehdään viimeisen tapin takaa siten kuin hyvät ekspertit omalta kannaltaan täydelliseksi näkevät, on seurauksena pattitilanne. Aika ei riitä.

PS: Sillä tavalla työllistetään joukko ihmisiä.

MM: Meillä oli eilen keskustelu tietojärjestelmistä ja siellä joku viisaasti sanoi, että mieluummin pyritään 80 prosentin järjestelmään, joka toimii 100 prosenttisesti kuin kääntäen.

Suurhankkeita

BW: Monesti on todettu, että nykyisin hankkeet ovat pieniä. Suurhankkeita on erittäin vaikeita saada liikkeelle. Tällaisia on ollut laboratorion historiassa ja niillä on ollut erittäin tärkeä osa laboratorion kehityksessä. Ongelmana teollisuudessa on, että päätöksenteko on delegoitu. Tämä on sinänsä hyvä asia, mutta sen seurauksena hankkeita pitää kerätä kokoon monista varsin pienistä osista. Mitä mieltä olette?

PS: Jos tarkastellaan Damatic-projektia, niin sellaista mahdollisesti ei saada syntymään VTT:n sisältä. Projekti käynnistyi ja otti vauhtia yhdestä Timo Talvisen kanssa käydystä keskustelusta. Tällaisia hankkeita saadaan tuskin syntymään VTT:n sisäisillä toimenpiteillä, vaan se on VTT:n ulkopuolella olevien tapahtumien synnyttämä tilanne, joka pitää

käyttää hyväksi. Seuraavat isot asiat, missä VTT on mukana, ovat mahdollisesti eurooppalaiset hankkeet. On melkein puhdas sattuma, miten ne lähtevät liikkeelle, mutta ei se välttämättä aina riipu VTT:stä.

BW: Löytyisikö jokin tapa tai menetelmä, jolla voisi vaikuttaa edellä mainittujen tapahtumien syntymiseen?

PS: Tuskin siinä mikään muu auttaa kuin mukanaolo ja markkinointi toimialan sisältä. Se on työtä, mistä ei saa palkkiota silloin, vaan tulevaisuus näyttää, onko riskinotto ollut vaivan arvoista.

BW: Yksi tällainen tapahtuma voisi olla viidennen ydinvoimalaitoksen rakentaminen. Kun Loviisan laitos rakennettiin, siinä oli samalla Suomessa melkoinen teknologiaponnistus monella alueella.

PS: Näin oli, mutta ajat ovat muuttuneet. Nyt ostetaan valmista tekniikkaa, eli rakennettava laitos on melkein samanlainen kuin edelliset. On muistettava, että ydinvoimaa vastustetaan poliittisesta syystä ja sen takia ei ole sijaa mihinkään erityiseen teknologiaponnistukseen. Jos se olisi vapaasti teknis-taloudellinen kysymys, niin ehkä silloin voitaisiin asioita miettiä. On kuitenkin selvää, että jos tähän hankkeeseen ryhdytään, niin löytyy kaikenlaista pikku selvitettävää kuten automaatioratkaisut, automaation luotettavuus, logiikan virheettömyys, koulutussimulaattori, jne.

BW: Tosiasia on kuitenkin, että Suomessa pitää rakentaa uutta, jotta saisimme myös uutta myytävää kansainvälisillä markkinoilla.

PS: Saattaisi olla, että VTT:n mukaantulo riskien ottamiseen voisi jossakin määrin edesauttaa suurempien ja merkittävämpien hankkeiden syntymistä.

BW: Toinen asia, johon me olemme törmänneet keskusteltaessa teollisuuden kanssa, on että aikaikkuna on kapea. Joko sanotaan, että tuota jo osataan tai että ideaa ei voida kaupallisesti toteuttaa ainakaan kymmenen vuoden sisällä. Ajoitus, milloin mitäkin ehdottaa, on siten erittäin tärkeä.

PS: VTT:n toimintakenttä voidaan jakaa kategorioihin tutkimus, teknologian kehitys, tuotekehitys ja testaus. Luonnollinen alue toimia yhteistyössä yritysten kanssa, on teknologian kehitys. Silloin tapaus tapaukselta täytyy harkita, kuinka pitkällä etuajassa ollaan markkinoinnista. Hyvin helposti eri yritysten välisissä yhteydenotoissa keskustellaan tuotekehitysihmisten kanssa. Heiltä odotetaan, että kyseinen tuote on seuraavana vuonna markkinoilla. On myös löydettävä ihmisiä, joiden tehtävä on ajatella aika-akselia koko viiden vuoden jaksolta tai kuinka pitkä se aika kussakin yrityksessä on.

MM: Kun osallistutaan tuotekehitykseen, se tapahtuu juuri niin, että VTT:llä on hankittuja ja myöskin osittain itse kehitettyjä ns. geneerisiä teknologioita ja niitä sovelletaan tapauskohtaisesti erityiskysymyksiin maksullisessa toiminnassa. VTT:ssä voidaan kyllä ominkin voimavaroin kehittää tuote prototyyppiasteelle, mutta puhtaasti omien keksintöjen teko on ilman muuta vain pieni osa tuotekehityksestä. Markkinalähtöisyys on olennaisen tärkeätä. Siksi on parempi, että olemme alunpitäen yhteistyössä firmojen kanssa.

BW: Toinen ongelma liittyy varovaisuuteen. Aina halutaan käytössä kokeiltua tekniikkaa eikä olla valmiita ottamaan prototyyppiin liittyviä riskejä kannettavakseen. Ellei kukaan ole mukana ottamassa tällaisia riskejä, ei Suomessa myöskään kehitetä mitään uutta.

PS: Tähän pitäisi rakentaa mekanismeja siten, että mahdollinen riskinottaja myös hyötyisi ottamistaan riskeistä. Sellaisia mekanismeja tarvittaisiin madaltamaan kynnystä. Jos edetään ainoastaan peruskaavan mukaisesti, että jonkun pitää ostaa se ensimmäinen ja maksaa täysi hinta niin kauppa ei käy. Siihen täytyy saada porkkanoita mukaan kuten riskipääoma, royalty-ehto, eksklusiivi oikeus, jne.

VTT mukaan riskirahoitukseen?

PS: Onko mietitty, millä tavalla VTT voisi tulla mukaan riskinottamiseen tuotekehitysprojektissa? Normaalimalli on, että VTT saa tekemästään työstä maksun. Voisi myös ajatella, että VTT ryhtyisi yrittäjäksi tämän laatuisessa tapauksessa. Silloin voitaisiin ajatella, että osa yrityksen maksamista maksuista olisi sidottu tuotteen kaupalliseen menestykseen, eli projektiin rakennettaisiin jonkinlainen royalty.

MM: Nythän maksullisen toiminnan tulokset siirtyvät kokonaan ulkopuoliselle tilaajalle. Ehkä royalty motivoisi. Nyt VTT voi saada tähän tapaan hyötyä vain omarahoitteisen toimintansa puitteissa tehdyistä ja kehitetyistä keksinnöistä.

PS: Tämä voisi jossakin tapauksessa PKT-sektorilla lievittää osaa pulmista.

MM: Aivan. Kun VTT:n omarahoitteisessa toiminnassa tehdään keksintö ja se patentoidaan ja ruvetaan hyödyntämään, niin keksijä saa yhden kolmasosan, laboratorio yhden ja VTT yhden kolmasosan. Jotain tällaista vastaavaa kannustinta voitaisiin ehkä käyttää.

PS: Jotain sen tapaista kannattaisi käyttää. Sopimuksen teko voisi olla helpompi teollisuudelle, jos nähdään, että myös VTT:n puolella on rakennettu porkkana onnistumiselle.

MM: Tämä on sopimuskysymys, mutta tällaisia sopimuksia ei tietääkseni ole ollut. Käytännössä ei varmaankaan olisi kovin helppoa määritellä oikeata osuutta tuloksesta.

PS: Tällaista voitaisiin mielestäni soveltaa johonkin tapaukseen. Jos idea on sellainen, että VTT uskoo siihen, voitaneen asiat argumentoida riittävän vakuuttavasti.

MM: Tämä olisi modifikaatio siitä, miten VTT voi keksintöjä kehittää. Tähän liittyy tietysti se, että VTT katsoo tehtäviinsä implisiittisesti kuuluvan myös uuden yritystoiminnan synnyttämisen. Paitsi että palvelemme ulkopuolisia, yritystensä laajentamiseen halukkaita asiakkaita, palvelemme myös sillä tavoin, että me pyrimme luomaan edellytyksiä kokonaan uusille yrityksille. Jos me laskemme keskimäärän pitemmältä ajalta, voidaan sanoa, että kymmenkunta yritystä vuodessa on syntynyt sellaisten ideoitten varassa, joita VTT on ollut mukana kehittämässä.

PS: Varsin hyvä luku sinänsä. Ideaa, että VTT voisi sopia royaltysta, voitaisiin harkita. Sitä ei olla kovinkaan paljon teollisuudessa harrastettu, mutta IVO on tehnyt tietyn määrän tällaisia sopimuksia toisten yritysten kanssa. Neuvotteluissa on todettu, että se on

teidän busineksenne, mutta jos onnistutte, te maksatte osan tuotosta meille, koska olemme olleet sitä käynnistämässä.

MM: SITRA on ollut kiitettävän aktiivinen. On luotu verkosto, jonka avulla tuetaan keksintöjen hyödyntämistä. On tarkoitus haravoida ideoita koko maasta. Näiden hyödyntämistä ja kaupallistamista SITRA tukee. Juuri tämäntapaisia järjestelyjä, jotka tuossa kuvasit, SITRA on ollut edistämässä. Erilaisia konsortioita on tässä kehittämisvaiheessa rakenneltu.

PS: Edellä olevan kaltainen riskirahoitus mahdollistaisi ehkä sen, että teollisuus ottaisi halukkaammin VTT:n mukaan omiin tuotekehityshankkeisiinsa.

Huippuryhmät ja tulospalkkiot

MM: VTT on nyt tulospalkkiokokeilussa. Toissa vuonna aloitettiin hyvässä yhteisymmärryksessä valtion työmarkkinalaitoksen ja VTT:n järjestöedustajien kanssa toimintayksiköiden johtajista. Viime vuonna oli koko VTT:n henkilöstö mukana. Ensimmäiset tulospalkkiot koko VTT:lle on nyt jaettu ja saatu myös palautetta, pääosin positiivista. Tärkeintä ovat tavoitteenasettamis- ja tulosarviointikeskustelut. Tämän pitäisi mennä läpi koko VTT:n sillä tavoin, että eri esimiesportaissa olevat keskustelevat avoimesti alaistensa kanssa.

PS: Tulosarviointikeskustelut pitää käydä läpi koko organisaation. Tärkeät projektit voidaan myös arvioida siten, että jokainen johtoryhmän jäsen arvioisi, miten projekti on onnistunut. Se on ensisijaisesti palaute projektipäällikölle, mutta vaikuttaa myös koko ryhmän asemaan. Olen huomannut järjestelmän toimivan. Ensimmäisessä vaiheessa se saa aikaan muutosvastarintaa, mutta vähitellen se hyväksytään. Jos projektien arviointimenetelmä saadaan ajettua sisään, on se hyvä mekanismi, joka tuottaa tyytyväisten tai tyytymättömien asiakkaiden palautetta.

MM: Tulospalkkiota sai kahdeksan laboratoriota, mikä on alle neljäsosa laboratorioista. Mikään laboratorio ei siis voi katsoa, että se oli huono, kun ei palkkiota saanut. Kaikista laboratorioista saattoi myös esittää ryhmiä, joille annettiin tulospalkkiota. Näin kenenkään ei tarvitse ajatella, että kun minä nyt olen tämmöisessä laboratoriossa, joka syystä tai toisesta ei yllä näihin kokonaistulospalkkioihin, minä en voi itsekään saada, vaikka tekisin kuinka hyvää työtä tahansa.

BW: Mielestäni tulospalkkiojärjestelmä on erittäin positiivinen. Kuitenkin on osattava motivoida myös niitä, jotka eivät ole saaneet palkkiota. Sama asia huippuryhmistä, pitää pystyä pitämään käynnissä myös niitä, jotka eivät kuulu mihinkään huippuryhmään.

MM: Olisi erittäin huono juttu, jos me tulospalkkiojärjestelmällä demotivoisimme osan ihmisistä.

BW: Olen samaa mieltä asiasta. Mutta valintamenettelyyn sisältyy aina satunnaistekijöitä.

MM: Ilman muuta, mutta kun olemme kirjanneet strategiseen suunnitelmaan sellaisia alueita, joilla VTT on vahva ja joihin panostamme, me olemme todenneet niiden olevan

esimerkkejä ja että aihepiirit täsmentyvät yksityiskohtaisemmin vuorovaikutteisessa keskustelussa. Tämmöisen laitoksen kehitys tietysti perustuu hyvin suurelta määrin aloitteellisuuteen" bottom up" ja motivointi on A ja O.

PS: IVO:ssa olemme ostaneet yrityksiä ja hallituksen puheenjohtajana olen joutunut seuraamaan muutosprosesseja niissä. Olen huomannut, että nämä yksinkertaiset kannustemekanismit toimivat.

MM: Kun annetaan tulospalkkio, ei tärkeintä liene käteen jäävä raha, vaan se, että arvostetaan.

Vanhenevat tutkijat

PS: Kuinka VTT:n ikäjakautuma on kehittynyt? Tässä keskustelussa todettiin aikaisemmin, että 70-luvulla VTT:lle palkattiin paljon henkilökuntaa ja kasvu oli nopea. Nyt kasvu on ollut hiljaisempi. Henkilökunnassa on ilmeisesti ryhmä, joka vanhenee vuosi vuodelta. Samat henkilöt joutuvat olemaan vuosia jopa vuosikymmeniä muodollisesti samassa organisaatioasemassa, koska organisaatiotasoja ei ole kovinkaan paljon. Täytyy olla mekanismeja, joilla kannustetaan näitä henkilöitä olemaan edelleen ahkeria ja aikaansaavia.

MM: Tämä on ongelma monissa vastaavissa organisaatioissa. VTT:ssä vaihtuvuus on ollut suurimmillaan 10 prosentin luokkaa vuodessa, ehkä vähän enemmän. Tällä hetkellä se on n. 5%. Me katsomme, että VTT:n tehtävään kuuluu olla osaltaan koulutuslaitos, eli on luonnollista, että VTT:n lävitse virtaa tutkijoita teollisuuteen. On kuitenkin tärkeää, että virtaus ei ole pelkästään yksisuuntaista. Taloudellisesti huonompina aikoina pyrkii keski-ikä nousemaan, kun taas korkeasuhdanteessa virtaa henkilöitä ulos enemmän. Ongelma varsinaisesti on siinä, että päätoimisesti tehtynä luova tutkimustyö on tavattoman raskasta työtä. Jos ihminen havaitsee, että nyt alkaa tilanne olla sellainen, että tutkijana ei enää kehity, olisi paikallaan, että itse etsiytyisi uusiin tehtäviin.

PS: Teollisuuden palvelukseen hakeutuu luultavasti henkilöitä, jotka ovat olleet VTT:llä vuoden kaksi. Eräs osa kuitenkin jatkaa, ja syntyy keski-ikäisten joukko.

MM: Tämäkin on aika luonnollinen asia, että läpivirtaus on voimakkaampaa nuorissa ikäluokissa.

PS: Siinä on muutaman vuoden porras, jolloin ollaan aika herkkiä lähtemään. Heitä myös teollisuus hakee.

MM: Ne, joilla on jotain kokemusta ja näyttöä korkeakoulun jälkeen, ovat juuri herkullisia palkata.

BW: Meillä on laboratoriossa monta tutkijaa, jotka ovat olleet meillä 15-20 vuotta. Heillä on pitkä ura ja voitaneen olettaa, että he tulevat jäämään laboratorioon. Miten me voimme taata, että heille löytyy järkevää tekemistä 10-15 vuotta lisää? Tämä on tärkeä kysymys, johon meidän on löydettävä vastaus.

PS: Esimerkkinä muualta tulee mieleen Studsvik ja on puhuttukin Studsvik-syndroomasta.

MM: Sen näkee kulkiessaan siinä laitoksessa. Siellä on sellaisia minun ikäisiäni aika tasainen ikäluokka. Viime vuosina taloon ei ole ollut riittävää pyrkyä, kun tehtiin päätös, että ydinvoimalat ajetaan alas. On aivan luonnollista, että nuoret eivät enää ole hakeutuneet sinne.

PS: Kun markkinavolyymia ei voitu kasvattaa, niin sisäänotto jopa pysäytettiin ja kiellettiin. Tämän seurauksena Studsvikiin jäi vanhenevien työntekijöiden joukko.

MM: VTT:n 70-luvun hyvin voimakas kasvu on tekijä, joka aiheuttaa sopeutumishankaluuksia, niinkuin kaikki tämmöiset nopeat heilahdukset.

PS: VTT:n pitää pystyä riittävästi rakentamaan sisäisiä kannustintekijöitä ja sillä tavalla saamaan ikääntyvä henkilökunta tekemään hyvin töitä. Jos vaan motiivit ovat ihmisillä tallella, niin kyllä loputkin hoituu.

VTT:n kaksoisurajärjestelmä

MM: Viime vuosina on erityisesti panostettu tutkimusprofessuureihin. Tämä järjestelmä on kauan sitten ansiokkaasti aloitettu, mutta virkojen perustaminen oli hankalaa koska ne piti saada valtion budjetissa eduskunnan päätöksellä. Nyt me voimme itse perustaa niitä resurssiemme puitteissa. Laboratorioita emme juurikaan perusta lisää.

PS: Minusta nämä on niitä parhaimpia keksintöjä, mitä VTT on organisaationsa kehittämiseksi tehnyt.

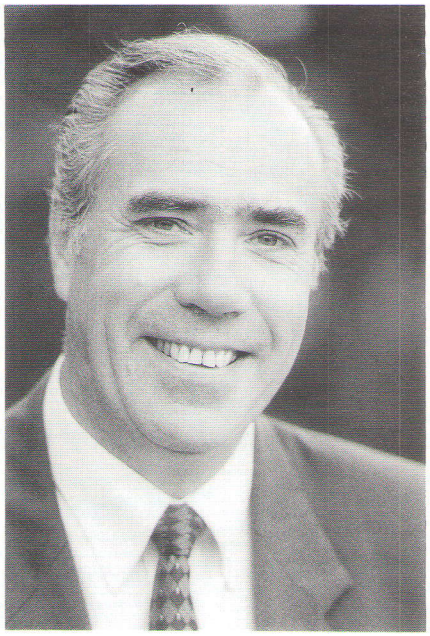
MM: Kaikista ei voi tulla tietenkään tutkimusprofessoreja, mutta me olemme kehittäneet myös johtavan tutkijan kategorian. Tutkimuslaitoksessa varsinaisen urakehityksen tulisi painottua tutkimustehtäviin, ei hallinnon portailla etenemiseen.

PS: Ei tarvitse odottaa, että joku lähtee eläkkeelle.

MM: On tärkeätä, että voi edetä nimenomaan tutkimustyössä. Meillä onkin nyt nämä portaat tutkija, erikoistutkija, johtava tutkija, tutkimusprofessori. Nämä ovat työsuhteisia paitsi tutkimusprofessorit. Ne taas ovat yleensä määräaikaisia nimityksiä, yleensä viisivuotisia.

XIX. STRATEGIES AND MANAGEMENT OF APPLIED RESEARCH

A record of discussions between Knut Herstad (KH), Thomas Moss (TM) and Björn Wahlström (BW)



Knut Herstad

Preface

The Laboratory of Electrical and Automation Engineering was reviewed by outside reviewers during 1992. The review was concurrent together with the fiftieth anniversary of the laboratory giving an incentive to consider aims and content of applied research in a more general framework. The two reviewers selected were Dr. Knut Herstad, the Managing Director of the Norwegian Electric Power Institute (EFI a member of the SINTEF-group), Trondheim, Norway and Professor Thomas Moss, the Dean of Graduate Studies and Research at the Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA. Both have distinguished careers in managing applied research. Scoping discussions were carried out on two occasions aiming for an exchange of experience of strategies and management of applied research. These discussions have been edited into one single document which provides a reflection of the knowledge and experience of the three persons who participated.

Thomas Moss

What is applied research?

KH: In Norway we are using the OECD definition of applied research, but I would speak about using existing knowledge and scientific methods for getting new products and services. In basic research you are searching for new knowledge.

TM: I am not happy with the separation into basic and applied research. I would not argue with your definition, but we would like to focus more on research for strategic goals. Research for strategic goals can include some key basic research step where there is a gap. Research for strategic goals can even include

demonstration and building of prototypes. The justification of any task is given by whether it move towards the goal or not. This allows basic science also to be stimulated by the research as it brings you back to the basic questions. Research is not a linear progression from basic to applied research, but it is a continuous iteration between two views. Applied research can imply commercial goals, but also other goals can be pursued.

BW: In applied or strategic research I think it is important to recognize that existing knowledge has to be ennobled and this often means that a very considerable effort has to be spent. It is not just taking the idea of somebody and applying it.

KH: The use of scientific methods in this effort makes a difference to consulting activities. In the consulting existing knowledge is transferred directly to the user, but in applied research you are actually getting new results. A new product of some kind is the goal of applied research, but I do not think it is realistic to establish an applied research unit with the only goal to generate innovations. Innovations are certainly an important component of applied research, but applied research is actually broader encompassing interactions with customers and even the whole society.

TM: The notion of goal oriented or strategic research allows you to think of the final application instead of a number of small permutation on some body of basic knowledge. You may actually think of an entirely new way of doing some application which may be either evolutionary or revolutionary.

Indicators of good performance

KH: An easy way to recognize good research is to say that you have done a good job if your customer is coming back. I think however that it is important to see applied research as a step in an economic chain or in a total socio-economic activity. Basic research is evidently also this, but a result from basic research can have a value in itself. A result from applied research gets its value only when has been taken further to be applied in the economic process. If this succeeds then the customer will be back with new assignments. Pure economic considerations can also be used to assess if applied research has been successful. It is however very much easier to assess industrial research projects in this way, because applied research projects are often giving a more diffuse benefit to the whole society.

TM: The simple answer I would give is to say that if the research moves towards the goals fairly promptly then it is good strategic research. The difficulty with this definition is that someone may do a brilliant piece of work which we would love to recognize and yet it has nothing to do with moving towards the strategic goals.

BW: I agree with both of you. Still I would like to make some clarifications. If customers are coming back this is certainly an indication that they are satisfied, but we have at VTT tried to concentrate on unique things, that means things others in Finland are not able to do. A customer should therefore not come back with the same task, because he should have learnt to do it himself. I think it is important to aim at a throughflux of ideas which gradually are transferred to the industry. Using only the goals for a definition of good strategic research can sometimes also be difficult, because we are often in addition to the

main goal trying to meet a number of subgoals.

KH: This is true, but customers comes back with similar or different assignments, only if they have enough confidence in the research institute. The main problem is however to ensure that the results actually will be used. When we have generated something useful either for the industry or for the society this should be forced out in the field. If the results are transferred only to a report collecting dust at someones shelf, then the research has failed its mission. I think it is necessary to emphasize the process by which the results of the research are applied.

TM: You actually have two goals: one is to serve your customers and the other is to strengthen your capacity for future customers. Those two goals may not be exactly the same. You have to keep an institutional memory that you build on. People have various indicators for the effectiveness of strategic research, but these are often mere intermediate steps rather than true indicators of meeting the purpose. Patents, for instance, are often taken as examples of successful applied research, but a patent is useless if it does not move towards the goal of commercialization. I think one has to be very careful about such indicators. Take also publications; the internationally refereed ones are indicators of something, but they may not be indicators of moving towards your strategic goal.

Utilization of research results

KH: We have observed that it is really important to be able to actively demonstrate that our results have been used. EFI is perhaps working slightly differently from VTT, but we have become very active in establishing and maintaining contacts with customers. Some years ago we identified our contacts as a strategic issue and saw it as a challenge to improve ourselves. In that process we also were able to demonstrate for our customers that the problem was not entirely ours. Our customers themselves had also to improve their abilities to receive research results. It is also necessary to stress that it is extremely difficult to maintain the professional level with a basic funding of only 6%. We are aware of the need to follow international developments, to read and learn, but we have very few opportunities to invest in the future.

BW: The main goal of VTT is to serve the needs of the Finnish industry. This goal implies that we should be able to serve both present and future customers. It is however difficult to respond in a way we would like, if we do not already have something done when a new customer appears. When we have the results in advance it is sometimes difficult to demonstrate their usefulness, because research results often diffuse in rather peculiar ways.

TM: There are examples of unexpected uses of results. We had some very fundamental research in the phenomena of Langmuir-Blodgett films. We had a group working on long range fundamental electronics applications with enormous implications. When we started to talk with commercial people they listened politely, but they were not in tune with our excitement. Then they came to think that this could be useful for sunglasses. This was not so exciting for us, but much more important for their immediate applications. The way it worked out was probably a good thing, because it was possible to get useful things much faster. The results were even useful for the long range research.

Visits, seminars and written material

KH: We are actively supporting the idea that our people should spend a part of their time in our customers facilities and in research institutes abroad. We also have representatives for our customers working in our facilities. A few months is the most typical period of a stay. For our people going to our customers it could either be fully paid by them, by us or anything in between. When our customers are coming to EFI their stay is fully paid from the outside with no costs for us. We are requiring that at least 25% of the work should be spent in our projects, but a fifty fifty basis is most typical. Our goal is to spend twelve person-months on a yearly basis in our customers facilities. Presently we have four persons from our customers working here at EFI. There are naturally sometimes practical difficulties in arranging these visits, because we are located in Trondheim and most of our customers are in the Oslo area.

BW: I agree that it is important to have an efficient contact network. How do you actually maintain that? Seminars can be efficient in making it possible to establish personal contacts. I guess that you are as we depending on good people with the ability to imagine themselves in the situation of other persons. That is really one important skill in selling and doing research.

TM: I believe strongly in people to people information transfer. It needs to be people moving back and forth between the different organizations and layers in the organizations. Scientific people organizing presentations to industrial people must realize, however that the industrial side may not have the leisure for long detailed exposition. You have to be very clear and prompt. If you have something important to say, then just say it in a few sentences. I think we scientific people tend to ramble and this is a way to make our industrial partners bored very quickly. Our industrial people often say that one of the disadvantages of the research centers is that there are too many meetings. We need some meetings for the interactions, but we have to make the meetings very efficient and targeted towards some goals.

KH: We are stressing three components: Meetings, visits and written information. Meetings are held with representatives of the electricity producers, the electrotechnical companies and with other customers. We have divided Norway into regions and each region has a contact person. These are visited at least once every year with one day of presentations and discussions. We are also visiting the top management in the companies for a short discussion of one or two hours on recent results. We are publishing our own journal EFI-News together with two kinds of newsletters called Results and Glimpses. The journal will typically contain more detailed presentations on recent projects. The Results are published whenever a project is finished and the Glimpses when a project is started.

TM: We have had some so called "technology days" for our centers and they are structured so that our people will give presentations in the morning and then the industry people talk about their needs in the afternoon. To me this is a very dry stereotype. It is much more exciting when we can get them into brainstorming sessions. A deadening presentation is one with a pile of viewgraphs which are flashed on just one after the other with people dozing off. Perhaps we ought to have some specialists in the psychology of

transferring ideas. It is important to structure all the interactions so that there is a pay off for all parties. Scientific people love to talk about their projects but have to be aware of that the listeners also have to get something to take home.

BW: We had one experience which I found very good. A large group from many VTT laboratories was visiting one large Finnish company. In the discussions we had no formal presentations, but the company people were coming in with their problems and we were allowed to throw in ideas how to solve the problems. In the meeting we did not stop for more extensive discussions, but agreed on follow up actions.

KH: Our contact networks are now working relatively well. We have actually been able to establish a certain position in Norway. Many people are using the statement "... that's important, I think we have to ask EFI about it". Still such contact activities are difficult to motivate on a direct pay off basis.

TM: The Japanese are clever in actually sending their researchers to residencies in centers of excellence all over the world. Some of our students do post doctoral fellowships, but their mobility is not enough. Some faculty members take effective sabbaticals, and that is also enriching. A sad thing, however, is that our younger faculty members often seem to be the least mobile, because of their worries about tenure and their careers. When we have only people in the mature stages of their careers near their retirement taking a year off, I do not think it is optimal.

Publically funded research programs

BW: What is your experience with the publically funded research programs? Have they been efficient? Have they been able to generate new business? My own experience from Finland is that success has been relatively modest.

KH: That is also my experience. There have been successful examples, but considering the amount of money, I think there has been only a moderate success. In Norway the funds are now channeled through something which is called user-governed programs. A proposal is started and a management of the program is set up. NTNF is the giving the program some X millions Norwegian crowns and the users are supposed to come up with the same amount. When we are applying for money we are directing our proposals to these user governed programs. The management committee is then deciding on the funding of the projects without any interference with NTNF. I think that this arrangement is a good one, but we have had only some 2-3 years of experience with the system. Certainly there are some difficulties for instance in defining who is an user and when there are competing companies involved.

TM: The conventional wisdom is that such programs are often efficient only in the first phase. After that the program may become fixed in self preservation and is no longer at the frontiers. There has been a great enthusiasm about centers started by individual states in the US in the eighties. You might argue cynically that these were incidently successful only because they were new, and that now they will move to a stage of becoming less effective. I think again the key will be a kind of iterative renewal of ideas, as opposed to getting locked into patterns of the past. I think each strategic research center will have the

challenge of keeping that iterative renewal healthy and vital. Some examples are the US national laboratories, such as Oak Ridge and Los Alamos. They are often accused of being locked in the patterns of their past and unable to break out. Also, in publically funded projects, I think it is important to bring in outside people at an early stage to discuss the directions. It is good in substance and it is good politically, because they become stakeholders in your selected directions. When a project starts you should try to define proper evaluation criteria for the project. This is better than trying to go back retrospectively with a midpoint evaluation without any prior thinking. Evaluation thinking in advance also helps in planning the projects.

BW: Do you have contacts with the political decision-makers concerning science and research?

KH: We have very few direct channels. A general policy in Norway is that the scientists should not be allowed to speak to their own case. There is, however, an association of the research institutes which takes stands on science and research politics. Many research managers are also participating in the public debate.

A growing bureaucracy

BW: In the publically funded research we have seen a growth in bureaucracy. To compete for the money the project applications have to be very good. The administrative reporting during and after the projects is heavy. To write a project application and lobby for it we might easily have to spend several person-months. For that we have to use our best people, those who have ideas and are able to write and speak with people. With that system I think we have to accept that quite a lot of the funding is going to be nonproductive in the sense of being devoted to this kind of overhead activity.

TM: This takes a lot of time on both ends, because someone also has to take the time to read the applications. We are sometimes using a system where we have a panel of industry people listening to presentations of staffmembers of the centers, who will present proposals. They are then voted up or down. In many cases the panel goes just by instincts. This has of course disadvantages, but in retrospect those instincts are fairly good. On the other hand, the documentation forces a discipline of our researchers. They have to think a little bit more carefully what they are proposing and why. It is not so much that it is essential for the review process, but it is important for the preparation process.

KH: Many of us research managers in Norway have been asking ourselves if it would not be possible to give these funds directly to the institutions. Still I do not think it is a good idea, because just to get a sack of gifts without any obligations can have a deteriorating effect. There is the paradox of involving more and more people in administrating research and thereby decreasing the efforts spent on research all the time.

BW: Looking at the path we have been moving, I find it increasingly difficult to be able to allocate enough time for all the different things a laboratory director is supposed to do. The same applies to my section leaders. Things which in principle are simple and straightforward seems to take too much time from the more important things. For

example the information for managing projects, sections and laboratories has been increasing all the time.

TM: I have the same problem and I think everyone has it to some extent. When I have a feeling of accomplishment, it is often because I have turned a project over to some other group or organization which is totally committed to it. Even if I or other senior managers might, in principal, be able to make "better" decision than they do, we do not have the time to really concentrate on those decisions. Even a relatively experienced group may make better decisions, because they are totally focussed on them. It is really hard sometimes for our people to watch others make mistakes when a project is turned over, but those mistakes are very good learning experiences.

Base and outside funding

TM: The traditional Department of Energy laboratories in US have very small outside funding, partly because many of them had a weapons emphasis. For their civilian segments there was more outside funding, but even there only a small amount. The small outside funding is considered as one of their weaknesses, but now with the emphasis on commercial applications this is likely to change.

BW: VTT has total of about 30% base funding. At EFI you have only 6% and this is in my opinion very little. How are you able to maintain your competence? Are you able to do strategic research at all?

KH: We have a high overhead on the work we do and we have been able to raise the amount of paid hours per year to 1350. Our 6% base funding we are directing entirely to strategic research. Participation in committees, contact activities, etc. are funded by the surplus generated. We have about 15% funding from NTNF and this together with our base funding gives slightly more than 20% to be used for long term projects. This is very little and forces us to be extremely market oriented.

TM: We have to remember that there are differences in how "base" and "outside" funding are calculated. The existence of buildings is for instance an internal resource. You may argue that even with only 6% internal money the fact that the institute exists is a commitment. The other extreme is when people use their own money to underprice projects to customers, because they think they will get external support in that way. That is a very poor use of internal money, because it can loosen the commitment of the customers. If the 30% is used for long range investments and building up internal capabilities toward long range applications then I think 30% is a good level. If the 30% is used to meet current obligations like subsidizing bids to customers, then I think it is a too high level. If the 30% included all the capital investments for the future without buildings and facilities then I think it is too low. On the other hand what often happens is that a laboratory operates at a level replenishing its infrastucture assets and then suddenly gets some major amount of money to revitalize the laboratory outside of the normal budget process. That is another way to manage.

KH: I agree completely with you. We could naturally argue if the base funding should be 20% or 25%, but the message is clear. If we are moving too low we will impoverish our

competency. The danger has been recognized and our association of energy producers has agreed to spend money on more long-term work for building up a competency. There has been a marked improvement over some two three years. The research used to have a term of only one to two years and that is certainly too short. If we however had 50% base funding, I think it would be too much. We would then easily loose the contacts to the users of our results. I think efficiency is connected to having a short path between founders and users of research results. This would propose that we should get rid of the administrators and establish more direct contacts between the departments of state and the research institutes.

The innovation process

BW: If we are looking on the whole innovation process from an idea to a successful product on the market, do you have any suggestions on how this process could be improved?

KH: In my mind there are two critical steps in this process. The first step is to acquire funds to cultivate the idea and the second step to get it out in the production. The problem with the second step is that very much money will be required. In Norway during the eighties it was popular to start new companies. Sometimes it may have been more efficient to use already existing companies instead.

TM: I think it is important to involve your partners early. In this way you can move in the right directions from the beginning. Secondly you have to take a close look at your timing. As you go along there are a lot of decision points in the road of development and at each point you have to ask yourself not only if is this a good idea, but is it really an idea that will help to move toward the goals. We in the university probably tend to hold on to our projects too long. We like to keep perfecting them, before we turn them over to the product development people. In getting them out of our hands faster we would not only be able to get the innovation process speeded up, but we would probably also get better feedback and ask better questions about additional development needs. Sometimes we may find that it is too soon, but then we just have to go back. I think it is better to try it early and have it sent back than to wait too long. It is not only that we are spending money, but it is also preventing researchers from doing new things. It is a waste to have really innovative researchers just working on minor improvements when somebody else could do that better.

Identifying good ideas

BW: The most difficult step is the go - no go decision in starting a new research project or the development of a new product. The ability of managing applied research is connected to the ability of identifying good ideas for further cultivation. In later phases the role of the research manager changes to a marketing of the idea. If he can convince industrial leaders that the product will fly then he has done his task. In addition to the more objective criteria I sometimes just look at the guy making a presentation. If he is convincing enough he gets the money, otherwise not.

KH: This judgement of the potential of an idea is the essence of managing research. I

also think that enthusiasm has a very important role to play. The enthusiasm of the researcher should be brought along the process from idea to a finished product. By supporting this enthusiasm with existing structures it should be possible to do better than always force the inventor to start his own company.

TM: I often learn important things from the venture capitalists. They are usually investing their own money, so their decisions may be much tougher than ours. One of them said to me: "Well we always talks about business plans and the importance of having a good business plan. It is true when someone comes to me and wants me to invest money, then I demand a business plan, but when they come I put the plan aside and I look at the person. The business plan has to be there and all the elements of it. I have to know that he can think through all these things. But then I look hardest at the commitment of the person, and if I sense that he will do anything to succeed, then I know that my investment probably is safe".

Building future capabilities

BW: If we accept that our future capabilities are important, how could we define them more concretely?

TM: This is a difficult question. I think especially for organizations like EFI and VTT the industrial user can be very useful even for setting long range goals. My experience with my industrial colleagues is they have multiple tracks in their mind. They are able to keep in their heads things they need to do tomorrow, next month, next year, etc. They have the sense of where the long-term horizons are for their businesses, and often I find them frustrated, because in their own environment they have difficulties in paying due attention to them. They are pleased when our centers are able to allow their foresight to come out and be utilized. They may give examples of products they see within ten years and volunteer to invest in them. We are trying to get our industrial people occasionally into a quiet setting with us where we can brainstorm for the long range future. It also helps our researchers, because they may have been making invalid assumptions as compared with what the industrial people see.

BW: Pekka Salminen made a comment which is in line with what you are saying. I was complaining about the difficulty to engage industrialist to look at things three to five years in the future. He said that in the efficient companies there is at least one person with the task of looking into the future. His advice was, that we should identify these persons and get in direct contacts with them.

TM: That process of discussions between the laboratory people and the far-seeing industrial people can be very stimulating in an interactive way, because some of the industrial people may not realize some of the latest achievements in the basic sciences. They may be thinking in their terms in foresight, but limiting themselves by some limiting parameter, temperature or stability for instance that the latest scientific literature indicates could be overcome. You then ask the question: if we did not have that barrier, then what could we do. That can stimulate a whole flood of new thinking.

KH: I think that it would be possible to get better research if we would be able to give

the researchers themselves more influence on the research directions. I think they have a better understanding of the issues than the research administrators.

TM: It is a fashion of today to manage not by disciplines, but just by projects. I think it is dangerous to go entirely to that mode. Some US consulting firms work excessively in this mode. They have a team for just a specific contract. At the end the team dissipates and some other team takes over a new project. They are never able to store knowledge and abilities. So there has to be a balance between project matrix management and disciplinary management, otherwise you loose the accumulated wisdom of the organization.

Strategic planning

KH: One component in managing an applied research organization is the development of a strategic planning document. This should actually be a process involving many persons. This process has a large number of elements where you are checking with your own people and with the people in your contact networks on what they think you should be doing. Preliminary papers are written, discussed and changed. They are broken down into more concrete action plans within the research groups of which we have eleven. I get four plans from my department leaders, which I combine to a plan for EFI. As a result of this process we get a strategic plan which gives the essence of what we are doing. It is in this process important to discuss with your stakeholders, but still to have your own vision of what should be done. It is a challenge to try to combine the elements of market orientated efficiency and quality with the characteristics of an academic institution.

BW: In the writing of the strategic plan the final result it is not the most important thing, but to force people into a kind of structural thinking. Another important thing is that it is necessary to have your own vision of what should be done.

TM: The strategic plan gets people to talk in more general terms as opposed to the next steps within a research area. You also keep focus on what is called the portfolio model, or more colorfully the clever gambler model. You have to accept that research is gambling and managing research then becomes a search for an optimal gambling strategy. You have to have some regular pay off conservative projects to keep a return flowing, but you also have to have some high risk, long range things which can be your big winners. You cannot ignore either one, because if you ignore the big winners then you are always being very mundane. On the other hand if you do only those long range high risk things, suddenly all your resources will be drained. I think it is important to keep such a portfolio, and the question is only of its balance. It can be reviewed by joint commercial and scientific people. It is important that all feel comfortable about the balance of that portfolio

BW: If we have been able to make our strategy clear and been able to describe what we are doing then it is very much easier to get response and feedback.

TM: In the long range relationships between the board of the laboratory and the industrial people it is important that everybody review the portfolio in fairly close terms. It is disastrous if you know something has a high risk but somehow you sell it as a fairly sure

project. Then you have a mismatch and can get retribution afterwards when the actual situation is revealed. On the other hand, you can say to the industrial people there is a low probability of succeeding, but good profit if it succeeds. If they really understand that and are willing to commit to the gamble, there is no bitterness afterwards even if it fails.

Size of projects

BW: What are your views on the size of the projects you have? It is evident that the projects have to be large enough to make a difference. The delegated decision making in the companies and the funding organizations implies however, that the funds one person is controlling are getting smaller and smaller.

KH: I know the problem. A direct comparison between EFI and VTT indicates that our projects are slightly larger, but this is actually the result of a conscious effort. We have for many years tried to convince our customers, that they will not get very much for small sums of money. In the branch associations we have been able to find an ear for such arguments, but additional convincing has to done before our industrial leaders believes in this.

TM: We worry about this too. It is related to the question of timing. We need what I would call "shifting coalitions" among industrial partners as a project develops. In a fairly generic stage of research we may have a center project with twentyfive supporting members. Later on, five of them decide that this area of research is particularly important to them. They may be then major financial supporters of the project, but they are also key political supporters when we allocate common resources of the centers. This is a better system than to have to convince one of them that they should carry the load alone even later, when the generic research comes to a stage of real product application we cannot have four or five companies making the same product, so at the right time we have to say to the coalition that they now individually can take a segment of this technology and support it for themselves. At this point we drop all public funds for it, because we really are obligated to use the public money only for the consortia projects. The other concept is using leveraging operation where you spin off results from one project to another, and that of course helps to get the critical mass of support. That requires tricky management, to see where you can make one investment to cover needs of four or five different areas.

Internal cooperation and competition

BW: You have a considerable amount of contacts within SINTEF. Is that a conscious policy or is it more a matter of natural interactions? Do you have competition between the SINTEF units?

KH: We are very aware of the need to do multidisciplinary research and we are trying to promote that. This does not however prevent a competition between different units within SINTEF. For resolving unwanted competition we do not have any formal apparatus. It is the top management which takes stand on the problems when they occur and the solution is then depending on their views on who should do what. On the concern level of SINTEF the objective is to make the different units more aware of each other and to establish contacts across the organizational borders.

BW: Within VTT the situation has probably been more complicated, because there has been cases with severe competition.

KH: We are afraid that too much competition will lead to a situation where our customers will see two competing SINTEF units. From a professional point of view it would be important to locate any work based on who would be the most suited to do it. It should also be possible to use the synergy effects of being a large research institute. Common research funds are given only for projects where at least two SINTEF units are cooperating.

BW: It is a usual pattern that the concern management is forcing cooperation by paying for it. Do you have cooperation with other research institutes in Norway?

KH: Not very much. We have some specific cooperation in the field of wind power and in the field of energy economics. Many here in Norway believe that there is a considerable overlap between research organizations, but this is not true. We know the other institutes in Norway through the association of research institutes, but our concrete cooperation is mostly here in Trondheim.

TM: In US there has been more competition than cooperation. The states have argued that nationally there should be more recognition for the strengths of the state programs, but the federal bodies sometimes point out the competition as wasteful. People begin to think that the states should collaborate either within regional groupings or perhaps in subject area groupings where they are strong. If we want to build national strength we have to form some sort of consortia.

Internationalization of research

BW: Research has always been international, but there has been a recent surge in the internationalization through the programs of the European Commission. What are your comments on this development?

KH: There are large sums of money paid for participation and this means that there is a challenge in getting this money back to Norway. I think it is very positive that the research is opened up. We will have a possibility to increase the quality of the work by getting a reference from international research. It will become easier to get research results and so on. There are certainly also additional difficulties, because I think things will be more bureaucratic. We were already discussing the path between the users of results and research, I think this path will be grow as a result of the changes we see. It should be possible to obtain synergy effects, but another scenario is that groups in Europe are sitting there doing exactly the same things as always and all the money is spent on administration. In general I am very positive to the development and I think that in the Nordic countries both SINTEF and VTT have good opportunities to meet the challenges of the European research programs.

TM: In the US research have been often been international, but that has largely meant people coming to the US from many countries. We have benefitted by international visitors and students in our graduate schools. Our strength is that our graduate schools are

perceived as uniquely excellent places to get doctoral education, and that brings in people from all over the world. Many of those people are staying in one way or another. If we did not have that, I do not know how we could find the trained manpower to compete international technology. Our universities have a tradition of working internationally, through the network of contacts between faculty and former students. One of the problems in country to country collaboration for us are our government budgeting structures which have led to difficulties in making long term commitments. We are often considered an unreliable partner, because we may enlist among the associated countries in a project and then decide the next year to stop it.

KH: I think it is clear that we must have a positive attitude to these projects and there is certainly large sums of money involved. We have always been active both in Norway and Finland for instance in IEC, CIGRE, etc. I think we always have been able to have a larger influence than a count of the inhabitants in our countries would suggest.

BW: Could you comment on the results of the internationalization process in the Norwegian industry. Do you compete with research institutes abroad?

KH: Yes and no. You have to remember that most of our industrial customers actually are international companies. They have their own corporate research divisions and we are actually competing with them. On the other hand the Norwegian parts of these industries have typically been given a world wide responsibility for some specific product. By selecting these areas for our suggestions we are together with the industry actually searching for corporate research funds. We have actually been able to get such funds. We have however no competition with research institutes abroad, but that may naturally change.

TM: Internationalization is such an important area now. We cannot think nationally any longer, not just because we may be missing some little development in our own field, but because we might miss a whole new field, but which we did not even dream that existed.

Recruiting and training

BW: The most important thing in being able to do good research is your people. Do you have some thoughts on how to select people and keep them going. What are the skills and abilities we should look for?

TM: The recruiting for any organization becomes very important and it also becomes important that we do not overburden our good people to just use inside capabilities trying. I think it is really useful to get a number of outside views from people you know are different from you and your approach. Getting some clear recommendations from people who have actual experience with the person to be recruited is also important.

BW: What about training? Should you use formal training or should you have only on the job training by letting them be involved in projects of various kinds.

TM: I think for us something we would call "mentoring" is better than training. That is, working with a variety of very skilled and experienced people in different settings and

watching how they do it is better than setting them in a room with a trainer. Often our faculty members have what I call a "just in time" mentality about training. They do not want to hear about anything until the time they really need something. I think the mentoring role, and making sure that senior people understand that they really do have a very important function in helping younger people understand the field, are very important.

BW: I have the experience of sometimes being forced to give young persons tasks almost on the limit of what they are able to do. Coming out successfully of such a task can be a wonderful learning experience for people with initiative. They should not always be pushed and showed how to do things, but they should know when they need something and be able to take or ask for it by themselves.

TM: That is important. In our tenure process the young people have to establish that they are good independent researchers and not just good "assistants" to somebody else. Younger people are sometimes afraid or unwilling to ask questions when they should, perhaps because they are afraid to look ignorant or their pride forbids them. We have to try to get them understand that knowing when to draw on somebody else experience is a part of being a good researcher. I have also noticed how important students are for us. It is not only a way of getting new researchers, but it is a way to enhance your organization with young minds. It is not only that the students bring ideas, but through the discussions with them you can in a way renew the whole organization.

Conclusions

BW: If you would be asked to brief your successor on how strategic research should be managed, what kind of message would you give him or her. For instance if we are trying to improve the efficiency of strategic research what is your advice?

KH: In improving efficiency I think you should strive for a short path between research and its user. The longer the path is between the client and the research, the more difficult it is to get this process working. If for instance a district heating association is paying 10% of a project and the other 90% is funded with public money, then the path between the users of the results and the researchers is very long. In this case it is a real challenge for the researchers and for you as a manager of the research to proceed along that path.

TM: Perhaps most important in my experience is very early and very close interaction between scientific and commercial people. Then I would list the exchange of actual people between each others settings, as opposed to just reports and presentations. A regular review of the research portfolio is also crucial where a proper balance between short term and long term projects is ensured. An efficient and retrievable way to mothball ideas is also important, that is a way to put them temporarily aside. A natural mechanism to probe when some piece of research is ready to move into a product development phase is also needed. The consciousness of competitive applied research ideas is another important factor for successful management. Sometimes ideas are good, but the trouble is that they are not quite as good as other ideas. Finally, and very similar, is close awareness of competitive technologies for the same application. If an entirely different way to reach the same endpoint can be used and is cheaper, then the industry will prefer that.

KH: I think one of the secrets is to have an open mind. You have to navigate in a triangle of existing knowledge, user needs and your own visions. An active search for solutions in that triangle should make it possible to stay abreast with the development. It may certainly be so that future research managers will have completely different visions and interests.

TM: I think we have to be honest about each others constraints. It does not help to talk only symbolically about what we want to do. A laboratory director has, for instance, to be able to say to the industry people that I need things to catch the imagination of my people, and make them exited and stimulated. Something that is purely scheduled in time and function may not meet this goal. On the other hand the industrial people have to be able to say: I have to answer to my board about return on investment and give them some figures. This honest talk about constraints in each others worlds leads to better understanding of what is really feasible in the innovation process. I would actually add honesty in all discussions as a very important factor. We are in a relation of buying and selling and sometimes we have to be very blunt with each other. This comes back to building good long range trust in your stakeholders and staff so that they are willing to make new commitments.

BW: I think it is necessary for a research manager to understand the dynamics of research. You have to be able to speak with your researchers about technical things and ask insightful questions. That is actually a kind of feedback to them that the work they are doing is important. Is it then necessary to do something yourself? I have had a goal to do something at least as a hobby and thereby to keep myself in a position to understand what my researchers is talking about.

KH: The need to understand research is also demonstrated by the fact that most research directors are professionals and very seldom economists or lawyers. I do not have that kind of a hobby, but I think you may be right. I have however selected to be heavily involved in those areas EFI has selected as its key areas. Here I read, speak with people and even take care of the formal project management. This area is for the time being export of electricity. My own background is electrical insulations, but I have not actively been following this area since 1990.

XX. NEUVOTTELUKUNNAT

Laboratorion toiminnan tukena on ollut neuvottelukuntia, joiden jäsenet on valittu alan teollisuuden, järjestöjen ja tutkimuksen piiristä. Ensimmäisen neuvottelukunnan, vuonna 1948 nimetyn, jäsenet olivat:

Diplomi-insinööri Arvo Bäcktröm, Suomen Kaapelitehdas Oy
Diplomi-insinööri Tauno Hakanen, Oy Strömberg Ab
Johtaja K.E. Svanström, Turun Porsliinitehdas Oy
Diplomi-insinööri Björn Westerlund, Suomen Kaapelitehdas Oy
Tekniikan tohtori Eero K. Saraoja, Suomen Sähkölaitosghdistys r.y.
Toimitusjohtaja, diplomi-insinööri V Veijola, Sähkötarkastuslaitos
Johtaja Harry Juselius, Posti- ja Lennätinhallitus
Diplomi-insinööri K.S. Sainio, Oy Yleisradio Ab
Insinööri B. Nordqvist, Ekono
Insinööri K.E. Ranko, Oy LM Ericsson Ab
Tekniikan tohtori Jouko Pohjanpalo, VTT

Lisäksi neuvottelukuntaan ovat vuosina 1949 - 1954 kuuluneet:

Diplomi-insinööri E. Heino
Diplomi-insinööri A. Kierimo
Professori M. Paavola
Professori M. Levon
Diplomi-insinööri M. Laurila
Professori E. Wegelius
Filosofian maisteri K-E. Olsoni

Neuvottelukuntaa ei ollut vuosina 1955 - 1970. Vuosina 1971 - 1972 olivat neuvottelukunnan jäseninä:

Diplomi-insinööri Erkki Yrjölä, Sähkötarkastuslaitos, puheenjohtaja
Filosofian tohtori Aito Airola, Oy Airam Ab
Tekniikan lisensiaatti Jaakko Kattelus, Imatran Voima Oy
Diplomi-insinööri Alpo Kännö, Oy Strömberg Ab
Tekniikan tohtori Kalevi Leino, Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y.
Professori Erkki Voipio, Teknillinen korkeakoulu, Sähköosasto

Vuosina 1973 - 1975

Diplomi-insinööri Erkki Yrjölä, Sähkötarkastuslaitos, puheenjohtaja
Toimitusjohtaja Henrik Bergroth, Oy Airam Ab
Professori Pauli Karttunen, Tampereen teknillinen korkeakoulu
Professori Antti Niemi, Teknillinen korkeakoulu, Sähköosasto
Diplomi-insinööri Kalevi Ryynänen, Oy Strömberg Ab, Vaasa
Diplomi-insinööri Pertti Voutilainen, Imatran Voima Oy

Vuosina 1976 - 1977

Johtaja Pertti Voutilainen, Imatran Voima Oy, puheenjohtaja
Professori Hans Blomberg, TekniIlinen korkeakoulu, Sähköosasto
Diplomi-insinööri Topi Nieminen, Oy Strömberg Ab
Toimitusjohtaja Ilmari Peltola, Hämeen Sähkö Oy

Vuosina 1978 - 1980

Toimitusjohtaja Ilmari Peltola, Hämeen Sähkö Oy, puheenjohtaja
Diplomi-insinööri Martti Aho, Helsingin kaupungin energialaitos
Professori Hans Blomberg, Teknillinen korkeakoulu, Sähköosasto
Tekniikan tohtori Matti Karttunen, Oy Strömberg Ab
Diplomi-insinööri Timo Talvinen, Valmet Oy
Toimitusjohtaja Hannu Vapaamies, Oy Helvar Ab

Vuosina 1981 - 1984

Professori Hans Blomberg, Teknillinen korkeakoulu, puheenjohtaja
Osastopäällikkö Martti Aho, Helsingin kaupungin energialaitos
Kehitysjohtaja Jaakko Juntunen, Oy Airam Ab
Tekniikan tohtori Matti Karttunen, Oy Strömberg Ab
Toimitusjohtaja Tauno Leppämäki, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy
Diplomi-insinööri Perttu Simola, Imatran Voima Oy

Vuosina 1985 - 1987

Professori Matti Karttunen, Kymi-Strömberg Oy, puheenjohtaja
Osastopäällikkö Martti Aho, Helsingin kaupungin energialaitos
Teknillinen johtaja Rolf Hyöky, Kemira Engineering
Kehitysjohtaja Jaakko Juntunen, Oy Airam Ab
Professori Heikki Koivo, Tampereen teknillinen korkeakoulu
Toimitusjohtaja Tauno Leppämäki, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy
Tutkimusjohtaja Pekka Salminen, Imatran Voima Oy
Johtaja Olli Suominen, Oy Nokia Ab Elektroniikka
Ylijohtaja Taisto Turunen, Kauppa- ja teollisuusministeriö

Vuosina 1988 - 1990

Tutkimusjohtaja Pekka Salminen, Imatran Voima Oy, puheenjohtaja
Toimitusjohtaja Esa Hellgren, Suomen Sähkölaitosyhdistys ry
Johtaja Rolf Hyöky, Kemira Engineering
Kehitysjohtaja Esa Jutila, Oy Wärtsilä Ab
Toimitusjohtaja Pauli Juuti, Afora Oy
Toimistopäällikkö Juha Kekkonen, Kauppa- ja teollisuusministeriö, vain 1988
Professori Heikki Koivo, Tampereen teknillinen korkeakoulu
Toimitusjohtaja Pentti Korkka, Oy Airam Ab

Apulaisjohtaja Pertti Kärkkäinen, Teknologian kehittämiskeskus, 1989 alk.
Suunnittelupäällikkö Seppo Pettissalo, Strömberg Oy

Vuodesta 1991 lähtien

Tutkimusjohtaja Pekka Salminen, Imatran Voima Oy, puheenjohtaja
Toimitusjohtaja Esa Hellgren, Suomen Sähkölaitosyhdistys ry
Liikkeenjohdon konsultti Esa Jutila, Mecrastor Oy
Johtaja Markku Kangas, Valmet Oy, Keskusjohto
Professori Heikki Koivo, Tampereen teknillinen korkeakoulu
Johtaja Lauri Nyyssönen, Nokia Kaapeli Oy
Suunnittelupäällikkö Seppo Pettissalo, ABB Strömberg Power Oy
Projektipäällikkö Bror Salmelin, Tekniikan kehittämiskeskus
Apulaisjohtaja Stefan Swanström, Kemira Engineering

XXI. LABORATORIONJOHTAJAT

Paavola Martti	Johtaja	1.2.42 - 31.12.61
Blomberg Hans	Johtaja	1.1.62 - 31.12.72
	Tutkimusinsinööri	1.4.44 - 31.7.56
Salminen Pekka	Laboratorionjohtaja	1.9.73 - 29.2.84
	Vt. laboratorionjohtaja	1.2.73 - 31.8.73
	Tutkija	1.3.68 - 31.1.73
	Tutkimusinsinööri	1.3.64 - 28.2.68
Wahlström Björn	Laboratorionjohtaja	1.10.85 -
	Vt. laboratorionjohtaja	1.3.84 - 30.9.85
	Erikoistutkija	1.7.79 - 29.2.84
	Tutkija	1.2.79 - 30.6.79
	Vt. tutkimusprofessori	1.11.78 - 31.1.79
	Tutkija	1.8.78 - 31.10.78
	Vt. tutkimusprofessori	1.5.78 - 31.7.78
	Tutkija	1.1.71 - 30.4.78
	virkavapaa	1.10.89 - 31.7.91
Kärkkäinen Seppo	Vt. laboratorionjohtaja	1.10.89 - 31.7.91
	Johtava tutkija	1.8.91 -
	Johtava tutkija	1.2.89 - 30.9.89
	Erikoistutkija	1.11.78 - 31.1.89
	Tutkija	1.4.75 - 31.10.78

XXII. HENKILÖSTÖ 1.4.1992

		PALV.SUHT.ALKUPVM
Ahponen Veikko	Erikoistutkija	1.5.67
Anderssen Rita	Laskentasihteeri	1.8.73
Arpiainen Leena	Suunnittelija	1.6.87
ElMahgary Yehia	Erikoistutkija	15.1.75
Farin Juho	Erikoistutkija	15.12.69
Fieandt Jorma	Erikoistutkija	1.10.78
Forsström Juha	Tutkija	15.10.84
Haapanen Pentti	Erikoistutkija	1.1.72
Halme Aarne	Erikoistutkija	1.1.85
Hanhijärvi Jussi	Tutkija	21.4.83
Harju Hannu	Erikoistutkija	1.8.84
Heikkinen Jari	Tutkimusinsinööri	14.5.90
Heinonen Rauno	Erikoistutkija	16.1.74
Hirvonen Juhani	Erikoistutkija	1.4.84
Holmberg Jan	Tutkija	28.3.89
Hossi Hannu	Erikoistutkija	4.11.74
Hovi Antti	Tutkija	9.11.88
Hukka Sari	Jaostosihteeri	22.5.89
Huovinen Tapio	Tutkija	1.8.81
Hyötyläinen Raimo	Erikoistutkija	15.10.84
Hämäläinen Jari	Erikoistutkija	1.9.88
Hänninen Seppo	Tutkija	1.8.87
Immonen Pekka	Tutkija	1.8.82
Ingman Jyrki	Tutkija	29.9.86
Jaakkola Olli	Tutkimusharj.	1.6.91
Jakobsson Stefan	Tutkija	1.1.85
Jansson Kim	Tutkija	1.5.90
Jetsonen Olavi	Tutkija	1.1.84
Juslin Kaj	Erikoistutkija	1.6.70
Kallela Jari	Tutkija	1.12.88
Kalliomäki Kalevi	Erikoistutkija	1.1.85
Karlsson Sirpa	Tyk-sihteeri	15.7.81
Karttunen Eila	Mikrotukihenkilö	18.10.91
Karvonen Ari	Työteknikko	24.5.82
Karvonen Iris	Erikoistutkija	1.5.79
Kauppi Ilkka	Tutkija	17.4.90
Kekkonen Veikko	Erikoistutkija	1.5.81
Kempe Raoul	Tutkimusinsinööri	9.3.87
Kiviranta Mikko	Tutkimusharj.	1.2.92
Kohola Pekka	Erikoistutkija	1.5.79
Kohtamäki Arto	Tutkimusinsinööri	24.6.85
Koljonen Tatu	Tutkija	1.1.91

Kondelin Kalle	ATK-suunnittelija	1.10.88
Koponen Pekka	Tutkija	1.11.88
Koponen Soili	Jaostosihteeri	28.9.83
Kortesoja Pentti	Tutkija	1.8.88
Koskinen Kari	Erikoistutkija	1.1.80
Kuhakoski Kalle	Tutkija	4.7.83
Kärkkäinen Seppo	Johtava tutkija	1.4.75
Laakso Kari	Erikoistutkija	1.6.85
Lehtinen Esko	Erikoistutkija	1.10.76
Lehtinen Hannu	Tutkija	9.11.87
Lehtonen Matti	Tutkija	1.5.87
Leino Sami	Tutkija	7.5.90
Lemström Bettina	Tutkija	1.10.90
Lepistö Arto	Erikoistutkija	1.8.89
Lepistö Seija	Jaostosihteeri	1.3.78
Liinaharja Markku	Tutkimusharj.	5.6.89
Lilja Reijo	Erikoistutkija	13.1.72
Lindström Paul	Erikoistutkija	1.1.73
Linna Riku	Tutkija	1.6.90
Ludvigsen Hanne	Tutkija	1.8.85
Luhtalampi Veikko	Tutkimusavustaja	13.6.61
Luukkonen Irma	Toimistosihteeri	17.10.83
Majapuro Reijo	Tutkija	1.10.88
Malinen Merja	Suunnittelija	1.10.74
Mansten Tapio	Erikoistutkija	1.6.83
Maskuniitty Matti	Tutkija	29.1.90
Matikainen Mika	Tutkija	1.1.90
Mattila Veli-Pekka	Erikoistutkija	1.1.89
Mattsson Esa	Tutkimusinsinööri	15.8.77
Muhonen Anne	Sihteeri	11.11.91
Mäkelä Hannu	Tutkija	1.9.85
Mälkki Helena	Tutkija	20.1.89
Neuvonen Hannele	Tutkija	1.6.90
Nevala Kari	Tutkimusharj.	1.2.92
Norros Leena	Erikoistutkija	1.8.81
Nummila Hanna	Jaostosihteeri	1.6.89
Ollus Martin	Erikoistutkija	1.6.72
Peltola Esa	Tutkija	18.2.80
Pihala Hannu	Tutkija	1.8.82
Pulkkinen Urho	Erikoistutkija	1.11.81
Pykälä Marja-Leena	Tutkija	22.10.84
Pyy Pekka	Tutkija	1.5.85
Rajala Eeva	Toimistosihteeri	11.2.91
Rajala Risto	Tutkimusinsinööri	1.1.86
Ranne Aulis	Erikoistutkija	16.9.75
Ranta Jukka	Tutkimusprof.	28.1.80
Rantanen Henry	Työteknikko	1.6.72
Rantanen Yrjö	Erikoistutkija	1.2.74

Rautiainen Anssi	Tutkimusharj.	9.5.88
Rintanen Kari	Tutkija	1.6.89
Rouvali Juhani	Tutkija	16.9.85
Rummukainen Raili	Jaostosihteeri	27.6.83
Saari Juha-Matti	Tutkija	1.5.87
Salerma Raija	Tyk-sihteeri	1.8.86
Satrapinski Alexandre	Tutkija	16.9.91
Seilonen Ilkka	Tutkija	1.9.88
Seppä Heikki	Tutkimusprof.	1.10.79
Siirola Martti	Tutkija	1.1.82
Simola Kaisa	Tutkija	11.5.87
Simons Magnus	Tutkija	1.6.88
Sipilä Kari	Erikoistutkija	1.2.77
Sipola Hannu	Tutkija	1.4.90
Sirola Miki	Tutkija	1.1.89
Smolander Arto	Tutkija	1.11.89
Takala Juha	Tutkija	1.1.88
Talja Pekka	Teknikko	1.1.87
Tamminen Eero	Erikoistutkija	1.1.83
Timonen Tapani	Erikoistutkija	14.10.69
Toikka Kari	Tutkija	1.5.85
Tommila Teemu	Erikoistutkija	21.4.84
Tommiska Jaana	Tutkija	1.1.89
Tossavainen Maria	Toimistosihteeri	1.3.90
Tuominen Leena	Erikoistutkija	15.9.77
Tuuri Sami	Tutkija	1.5.91
Tähkäpää Jarmo	Työteknikko	1.9.81
Tähkäpää Pertti	Työteknikko	1.6.63
Uuspää Pentti	Erikoistutkija	1.11.74
Varpula Timo	Erikoistutkija	1.11.86
Ventä Olli	Erikoistutkija	7.5.90
Viitamäki Paavo	Tutkija	24.4.84
Vikeväinen Paula	Sihteeri	8.10.73
Virtanen Yrjö	Erikoistutkija	1.12.91
Välisuo Heikki	Erikoistutkija	18.8.86
Wager Stefan	Tutkimusharj.	29.5.91
Wahlström Björn	Laboratorionjoht.	1.1.71
Wistbacka Magnus	Tutkija	1.10.89
Ylikoski Kari	Tutkija	6.6.88

Tiedot VTT:n henkilö- ja palkkatietojärjestelmästä, palvelussuhteen alkupäivä on VTT:lle tulopäivä (ei SÄHköön tulopäivä, paitsi jos se on sama). Luettelossa ei ole eritelty palkattomia jaksoja eikä osa-aikaisuuksia ja nimikkeenä on mainittu vain viimeisin. Tehnyt 6.4.92/Raija Salerma

XXIII. HENKILÖSTÖ 1942 - 31.3.1992

Aalto	Marja	Tutkija	1.1.86-30.11.87
Aaltonen	Pekka	Tutkija	1.10.78-28.2.83
Aho	Anne	Konekirjoittaja	30.1.85-11.11.85
Aho-Mantila	Jorma	Tutkimusharjoittelija	1.8.75-31.8.80
Ahti	Olavi	Mekaanikko	1.6.46-31.5.63
Airaksinen	Risto	Tutkimusinsinööri	1.2.80-31.12.84
Almark	Marina	Toimistosihteeri	2.10.78-26.5.81
Antikainen	Juhani	Tutkimusharjoittelija	1.1.73-15.6.73
Anttila	Liisa	Kanslisti	12.11.90-22.11.90
Apajalahti	Marja	Tutkimusinsinööri	1.1.78- 7.7.88
Aro	Martti	Tutkija	1.1.76-31.8.80
Arpalahti	Timo	Tutkimusharjoittelija	1.3.76-24.8.80
Baranyai	Attila	Tutkija	1.3.82-15.9.82
Bjarland	Bert	Tutkija	1.5.81-31.8.88
Björk	Harry		1.3.46-30.3.47
Blomberg	Hans	Tutkimusinsinööri	1.4.44-31.7.56
		Johtaja	1.1.62-31.12.72
Blomberg	Olavi	Tutkimusharjoittelija	1.6.87-31.12.89
Böhmeke	Georg	Tutkija	1.9.90-31.12.91
Ekström	Jarmo	Laboratorioapulainen	11.6.75-17.8.75
			31.5.76-10.8.76
Elovaara	Jarmo	Tutkija	1.8.73-30.4.80
Eriksson	Jarl-Thure	Tutkija	1.2.74-31.5.75
Ervamaa	Juhani	Tutkija	1.1.72-31.7.76
Fagerholm	Leila	Jaostosihteeri	28.9.87-16.12.90
Forsman	Tytti	Toimistosihteeri	1.1.72-30.6.83
Föhr	Sari	Toimistoapulainen	1.6.82-31.7.82
Gorman	Michael	Tutkija	22.10.90-30.4.91
Haajanen	Jouni	Tutkimusharjoittelija	22.5.89- 4.8.89
Haarla	Jyrki	Tutkija	1.10.83-23.3.88
Hagman	Esa	Tutkija	1.9.80-31.5.81
Halonen	Eeva-Liisa	Tutkija	1.3.78-31.7.78
Harju	Hannu J.	Tutkija	2.8.82-31.1.87
Hautomäki	Jarmo	DI	1.5.48-15.3.49
		Radio-os	-
Heikkilä	Kari	Tutkija	1.12.80-30.11.81
Heimbürger	Harri	Erikoistutkija	1.1.72-31.7.87
Heinola	Tauno	Tutkija	1.10.80- 5.7.81
Heinrichs	Karl-Magnus	Tutkimusharjoittelija	1.5.75-31.7.75
Heiskanen	Timo	Tutkimusinsinööri	15.12.78-31.3.90
Himanen	Risto	Tutkija	20.7.76-15.10.78
			1.9.79-14.2.84
Hippeläinen	Leo	Tutkija	15.8.78-14.10.79
Holappa	Timo	Tutkimusinsinööri	15.9.83-15.3.85
Hovi	Teemu	Tutkimusharjoittelija	1.4.80-31.3.81

Huhta	Pertti	Tutkimusharjoittelija	1.6.75-30.6.77
Hulmi	Riitta	Tutkimusharjoittelija	1.6.77-31.8.77
Hyppönen	Anni	Siivooja	1.10.50-31.8.51
Häkkinen	Esa	Tutkija	1.5.79-31.7.82
Hätönen	Mauri	Tutkija	1.1.80-31.7.80
Hölsö	Jari-Matti	Tutkija	1.6.74-31.1.78
Iivarinen	Timo	Tutkija	7.1.81-30.4.82
Ikonen	Erkki	Tutkija	1.5.88-30.4.89
Immonen	Pirjo	Toimistosihteeri	2.6.87-14.4.89
Jahkonen	Pekka	Tutkimusharjoittelija	1.6.79-31.8.79
Jokela	Simo	Tutkija	15.1.75-15.9.76
Jokinen	Antti	Tutkija	1.10.83-26.7.88
Junttila	Marja-Leena	Tutkija	1.5.85-30.4.90
Jussila	Juha	Tutkimusinsinööri	24.6.85-14.2.87
Jutila	Sakari	Insinööri	15.9.52-31.12.52
		Radio-os	-
Juusela	Arto	Erikoistutkija	1.1.72-20.11.83
Juvonen	Kaisa	Konekirjoittaja	1.4.76-31.8.76
Jämsä	Sirkka-Liisa	Erikoistutkija	1.1.80-31.7.83
Järvinen	Jari	Tutkija	14.5.85- 3.5.87
Jäävalo	Juha	Vahtimestari	18.1.89-18.4.89
Kalevi	Juhani	Tutkija	1.11.77-14.5.82
Kallio	Esa	Tutkimusharjoittelija	6.6.78-30.4.79
Kantanen	Risto	Harjoittelija	1.6.71-30.7.71
Karhu	Raijaliisa	Konekirjoittaja	1.1.82-18.9.83
Karppanen	Terttu	Toimistoapulainen	1.9.48-31.8.51
		Radio-os	-
Karsikko	Ilmari	Virastovaratyöntekijä	4.1.45-28.2.45
Karttunen	Pauli	Tutkimusinsinööri	1.8.55-31.7.63
Kauhanen	Mia	Toimistoharjoittelija	1.9.88- 8.1.89
Kauppinen	Jyrki	Erikoistutkija	1.6.84-31.8.89
Kautto	Anneli	Konekirjoittaja	10.9.75- 6.2.85
Kautto	Ari	Tutkija	17.4.79-30.4.86
Kehvola	Matti	Assistentti	1.3.45-31.3.45
Keronen	Jouni	Erikoistutkija	13.9.83-24.6.90
Kettunen	Anu	Tutkimusharjoittelija	1.5.91-31.1.92
Kilpinen	Martti	Mekaanikko	1.5.48-31.12.52
		Radio-os	-
Kinnunen	Pekka	Tutkija	1.1.76- 7.3.77
Klobut	Liisi	Jaostosihteeri	19.3.81-30.4.81
			23.5.83-23.8.89
Koivukoski	Jouko	Tutkimusharjoittelija	1.6.74-30.9.75
Koivula	Anni	Jaostosihteeri	24.11.86-27.11.87
Kokko	Kari	Tutkimusharjoittelija	1.11.82-31.8.83
Koli	Keijo	Tutkimusharjoittelija	13.1.75-31.8.75
Komsi	Markku	Tutkimusharjoittelija	1.6.88-21.8.88
Komsi	Matti	Tutkija	1.7.73-31.12.75
Kontio	Esa	Assistentti	15.11.65- 3.2.66

Kontkanen	Ida	Siivooja	1.9.51-31.12.51
Koppanen	Eevi	Toimistoapulainen	10.11.47-21.5.48
Korhonen	Riitta	Tutkimusharjoittelija	1.6.77-31.8.77
Korkiamäki	Markku	Tutkimusharjoittelija	28.5.90-31.12.91
Korkolainen	Tuomo	Tutkimusharjoittelija	1.1.85-31.12.86
Koskinen	Ahti	Laboratorioapulainen	1.9.60-12.10.60
Koskinen	Ilpo	Tutkimusharjoittelija	1.2.74-27.1.85
Kotilainen	Paavo	DI	1.3.49-15.5.51
		Radio-os	-
Kuikka	Aarne	Mekaanikko	1.5.48-15.8.49
		Radio-os	-
Kuikka	Seppo	Tutkija	1.10.81-31.7.85
Kuivalainen	Aarne	Työteknikko	1.9.84-31.12.89
Kuusama	Juha	Tutkimusharjoittelija	1.1.84-31.12.84
			1.2.87-31.12.87
Kuusisto	Timo	Tutkimusinsinööri	1.6.62-31.8.66
Kymäläinen	Matti	Apulaistutkija	23.2.78- 5.4.81
Kyrö	Esko	Erikoistutkija	1.11.84-31.1.86
Kärnä	Juhani	Tutkija	1.9.66-31.3.70
Laakso	Pirjo	Sihteeri	20.3.72- 2.8.73
Lahdenperä	Arja	Harjoittelija	1.7.74-31.12.75
Lahdenperä	Kari	Tutkija	1.4.76-30.9.76
Lahti	Jaakko	Tutkija	9.9.75-31.5.86
Lahti	Jarmo	Tutkimusharjoittelija	17.5.77-31.8.77
			1.10.77-28.2.78
Lahtinen	Jarkko	Tutkimusharjoittelija	1.6.87-31.8.87
			1.1.88-31.5.90
Lahtivirta	Antti	Laboratorioharjoittelija	2.5.69- 6.8.69
			22.12.69-31.12.69
			1.6.70- 7.8.70
Laine	Urpo	Mekaanikko	15.8.49-31.12.52
		Radio-os	-
Lakervi	Erkki	Erikoistutkija	9.5.83-12.6.83
Lampio	Eero	Tutkimusinsinööri	1.11.59-31.3.60
Lappalainen	Leena-Riitta	Toimistosihteeri	15.3.72-30.6.72
Lappalainen	Veikko	Erikoistutkija	1.9.84-31.10.86
Lappalainen	Veli-Pekka	Tutkimusharjoittelija	1.9.88-30.11.88
Latvala	Timojukka	Tutkija	14.6.85-22.11.87
Laukkanen	Ritva	Konekirjoittaja	30.1.50-30.6.50
Laurila	Martti	Insinööri	1.3.43- 1.7.44
Lehdonvirta	Herkko	Tutkimusharjoittelija	1.2.75-14.2.77
Lehikoinen	Jarmo	Tutkimusharjoittelija	26.11.90-31.5.91
Lehikoinen	Pertti	Tutkija	9.9.75-11.9.78
Lehtelä	Pentti	Assistentti	16.2.68- 8.1.69
Leikas	Veikko	Tekn.yo	21.4.70-15.10.71
Leino	Kalevi	Rakennussuunnittelija	1.5.67-31.3.68
Leinonen	Anna	Vahtimestari	1.6.79-31.8.79
Lento	Rauli	Tutkija	16.2.76-31.1.82

Leppänen	Veli-Matti	Tutkimusharjoittelija	1.2.85-30.9.85
Lewing	Raimo	Tutkija	15.6.76-14.2.82
Lindfors	Mirjami	Tutkimusharjoittelija	29.6.82-31.8.82
Linnavuo	Matti	Tutkija	1.1.85-31.12.85
Lipsanen	Jari	Tutkimusharjoittelija	1.7.84-31.7.84
Loikkanen	Antti	Tutkimusharjoittelija	15.3.82-30.4.83
Luhtalampi	Jukka	Laboratoriomekaanikko	1.6.82-31.7.82
Luhtalampi	Vesa	Teknikko	1.6.78-27.8.78
			1.5.79-31.8.79
			5.5.82-31.12.83
			1.6.84-31.7.84
Lukkaroinen	Erkki	Assistentti	1.1.48-31.8.51
Lumme	Olavi	Tutkimusinsinööri	12.5.88-11.5.89
Lyytikäinen	Antti	Erikoistutkija	1.3.84-31.7.90
Mankamo	Tuomas	Erikoistutkija	1.7.73-31.10.84
Mankki	Pirjo	Tutkija	1.6.76-31.12.84
Martikainen	Pekka	Tutkimusharjoittelija	22.10.80- 3.3.81
Mattila	Pentti	Tekn.tri	1.5.48- 7.1.50
		Radio-os	1.8.51-31.12.52
Meri	Martti	Tutkija	1.6.88-28.2.90
Meriläinen	Eila	Piirtäjä	1.5.74-31.5.75
Merivirta	Väinö	Virastovaratyöntekijä	1.12.51-15.10.59
			1.6.61-30.11.61
			11.12.61-31.12.74
Metsä	Tapio	Tutkija	1.4.70-30.6.75
Metsä	Timo	Tutkimusharjoittelija	5.5.80-31.8.80
Mieskonen	Jari	Tutkija	1.10.89-30.11.89
Moring	Mikael	Tutkimusharjoittelija	1.7.90-31.8.90
Muinonen	Eero	Tutkija	1.7.69-23.12.69
Murtoviita	Esko	Tutkija	4.6.84-31.10.90
Mäkinen	Kari	Tutkija	1.6.75-31.12.79
Mäkinen	Väinö	Teknikko	1.5.76-31.5.90
Narikka	Jorma	Tutkija	15.2.80- 8.2.81
Niemelä	Ilkka	Tutkija	1.6.79-31.8.79
			1.6.80-31.8.80
			1.12.80-11.11.88
Niemi	Antti	Tutkimusprofessori	1.6.79-31.8.83
Nissinen	Jorma	Laboratorioteknikko	7.10.80-30.6.81
Nummi	Juha	Tutkimusinsinööri	19.1.81- 9.9.84
Nurmi	Sinikka	Toimistoapulainen	11.10.78-24.11.78
Nyberg	Henri	Tutkimusharjoittelija	11.6.90-31.8.90
Ortila	Joel	Tutkimusharjoittelija	17.12.81-31.7.82
Paavola	Martti	Johtaja	1.2.42-31.12.61
Pakkala	Olli	Tutkimusharjoittelija	30.5.77-31.8.77
Pakkala	Unto	Laboratorioapulainen	5.6.46-31.8.46
Pallaskorpi	Maarit	Kanslisti	2.1.86-31.8.88
Palmu	Juhani	Tutkija	1.1.89-16.9.90

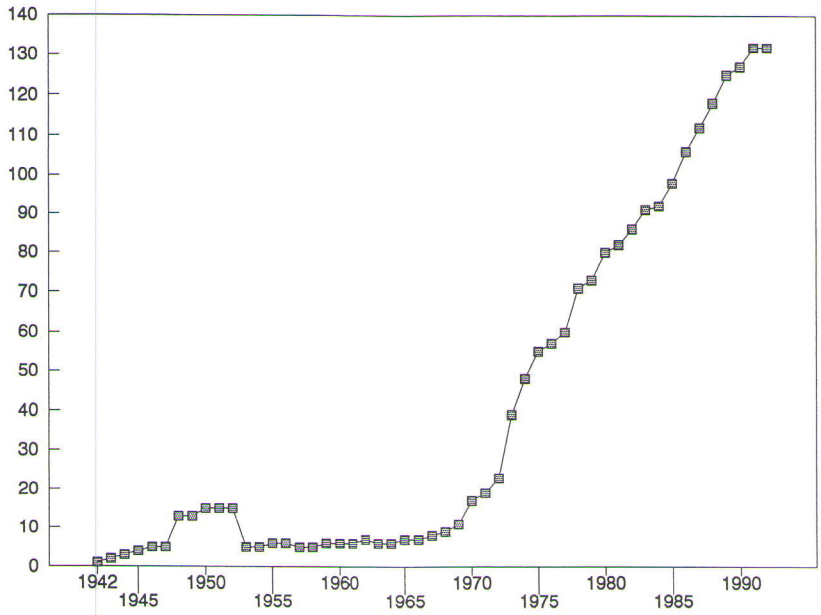
Paloheimo	Jouko	Tutkimusinsinööri	1.5.48-31.12.52
		Radio-os	-
Palva	Riitta	Sihteeri	1.10.73-31.7.74
Pantsu	Aimo	Mekaanikko	1.12.69-31.5.70
Partanen	Sirpa	Apulaistutkija	2.5.73-31.7.73
			22.4.74-31.8.74
			1.1.75-16.8.77
Parttimaa	Anneli	Konekirjoittaja	1.9.84-14.11.85
Paukkonen	Osmo	Tutkija	1.8.79-30.9.79
Paul	Måns	Tutkimusharjoittelija	25.3.83-21.8.83
			19.12.83-15.1.84
Paunela	Kirsti	Toimistosihteeri	2.4.73-30.6.73
Pekkonen	Antti	Tutkimusharjoittelija	20.5.91-31.8.91
Peltola	Hannu	Tutkimusharjoittelija	1.6.73-31.8.73
Peltola	Raimo	Tutkija	1.1.81-19.7.85
Perhonen	Harri	Tutkija	1.5.83-13.9.85
Pikkarainen	Hannu	Tutkimusharjoittelija	1.9.88-30.11.88
Pohjanpalo	Hannu	Tutkija	1.3.75-31.7.81
Pollari	Heikki	Tutkimusharjoittelija	1.6.90-31.8.90
			1.6.91-31.8.91
Pollari	Orvo	Insinööri	1.2.50-31.12.52
		Radio-os	-
Porvari	Paavo	Tutkija	1.1.78-30.11.81
Poukari	Eila	Sihteeri	1.10.73-31.8.74
Puhakka	Marita	Toimistoapulainen	4.2.76-31.1.78
Puheloinen	Erkki	Tutkimusharjoittelija	1.6.73-16.6.74
Pulli	Tapio	Erikoistutkija	1.2.82-11.11.88
Päkkilä	Sauli	Tutkija	2.5.79-29.2.84
Pöllänen	Eeva	Toimistoapulainen	18.9.50-30.4.51
Raiko	Risto	Tutkija	1.10.78-31.7.79
Raiskinen	Ilkka	Tutkija	1.1.88-17.9.89
Ranta	Leila	Suunnittelija	15.8.83-26.7.87
Rantala	Teuvo	Erikoistutkija	1.1.80-31.3.88
Rask	Tauno	Assistentti	1.3.47-30.9.47
Ruusunen	Pekka	Tutkija	1.1.85-30.9.87
Rydman	Kaarina	Jaostosihteeri	23.2.87-21.2.88
Ryhänen	Tapani	Tutkija	1.1.88-31.12.89
Ryynänen	Sakari	Tutkimusharjoittelija	1.6.78-31.8.78
Räihä	Jarmo	Tutkija	22.9.80-30.11.80
			1.1.81-31.12.81
			1.2.82- 9.12.86
Rämö	Jouko	Tutkija	24.1.83-13.5.87
Räty	Juha	Tutkija	6.2.84-30.4.86
Saarenpää	Matti	Tutkija	1.12.86- 6.3.88
Salmela	Tuomo	Tutkimusharjoittelija	1.6.76-30.9.76
Salmensuu	Pentti	Tutkimusharjoittelija	3.12.73-31.10.75
Salminen	Arto	Tutkija	1.5.87-31.7.90

Salminen	Pekka	Tutkimusinsinööri	1.3.64-28.2.68
		Tutkija	1.3.68-31.1.73
		Laboratorionjohtaja	1.2.73-29.2.84
Salo	Rainer	Tutkija	1.6.79-31.7.85
Salo	Seppo	Tutkija	1.6.74-30.6.75
Samy	Mohamed	Harjoittelija	1.6.83-30.6.83
Sandholm	Jan	Toimistoapulainen	5.3.91-22.8.91
Sarpila	Timo	Tutkija	1.1.72-31.12.72
Saukkonen	Esko	Tutkimusinsinööri	15.4.66-30.4.88
Selander	Eino	Mekaanikko	1.6.44-31.5.46
Seppäläinen	Timo	Tutkimusharjoittelija	30.5.83-31.8.83
Silvennoinen	Eero	Tutkija	14.5.84-31.5.88
Sinervo	Jyrki	Assistentti	1.6.66-31.7.66
Sivonen	Sakari	Tutkimusharjoittelija	1.6.78-21.1.79
Stam	Erkki	Tutkimusharjoittelija	1.1.72-14.6.72
Stubb	Tor	Insinööri	1.5.48-31.12.52
		Radio-os	-
Ståhlberg	Birger	Erikoistutkija	1.2.86-31.12.86
Ståhlberg	Helge	Insinööri	1.5.48-30.9.48
		Radio-os	1.5.50-30.8.50
			1.5.52-31.12.52
Sulonen	Risto	Tutkimusharjoittelija	1.8.77-30.11.77
Sundholm	Rita	Tutkimusharjoittelija	16.2.78-31.1.79
Sunila	Pirjo	Apulaistutkija	1.9.79-15.10.79
Suominen	Jaakko	Tutkimusharjoittelija	1.11.78-31.3.79
Suominen	Risto	Tutkija	1.7.86-31.3.87
Suurnäkki	Leena	Tutkija	1.9.79-15.10.79
Sved	Marja	Jaostosihteeri	23.10.89-17.12.89
Söderholm	Anna-Mari	Jaostosihteeri	1.9.79-24.9.89
Takala	Juha A	Laboratoriomekaanikko	28.5.76-26.6.77
Talsio	Martti	Tutkija	1.7.74-30.9.74
Tanskanen	Petri	Tutkimusinsinööri	1.12.84-20.12.90
Temmes	Jaakko	Erikoistutkija	1.9.82- 4.9.88
Tervo	Jarmo	Tutkimusharjoittelija	1.11.88-31.12.89
Tervo	Ritva	Toimistoapulainen	5.11.73-31.7.84
Tiala	Erkki	Tutkimusharjoittelija	1.6.75-30.6.75
Tiihonen	Jorma	Tutkimusinsinööri	8.5.81-14.8.83
Tiilikainen	Teuvo	Tutkija	28.4.80-31.8.80
Tiira	Hanna	Toimistoapulainen	1.6.81-31.8.81
Timonen	Juhani	Tutkija	11.8.75-31.12.79
Tiuri	Martti	Professori	1.5.51-31.12.52
		Radio-os	-
Toikkanen	Risto	Tutkimusharjoittelija	1.7.74-30.9.74
			1.6.75-31.8.75
			11.6.76-31.8.76
Toissalo	Timo	Tutkija	17.9.88-23.10.89
Toivanen	Jarmo	Tutkija	11.5.71-31.12.74
Toivanen	Mikko	Tutkimusharjoittelija	15.11.78-31.3.80

Toivonen	Lassi	Tutkija	24.4.85-30.6.85
Toppila	Jussi	Tutkija	1.4.87-31.5.88
Torsti	Sari	Kanslisti	25.6.84-10.8.84
			1.6.85-31.7.85
			7.4.86-28.8.87
			18.5.88- 3.7.88
Tunkelo	Lauri	Tutkija	1.4.90-30.4.91
Tuomala	Kari	Tutkija	1.6.87-15.12.88
Tähkäpää	Timo	Laboratorioapulainen	1.6.78-15.8.78
			6.6.79-12.8.79
Tähti	Erkki	Tutkija	13.1.76-30.6.85
Törmä	Erkki	Tutkimusharjoittelija	4.2.82-30.6.82
Törönen	Juha	Tutkimusharjoittelija	1.6.77-31.7.77
Töytäri	Pekka	Tutkimusharjoittelija	1.6.80-30.6.81
Uitto	Harri	Tutkija	1.6.87-31.5.89
Ullakko	Kari	Tutkimusharjoittelija	6.6.77-31.8.77
			30.5.78-31.8.78
Uotila	Esko	Tutkija	1.3.75-31.12.79
Utriainen	Seppo	Laboratoriomestari	1.6.79-15.8.79
Vainikainen	Anu	Konekirjoittaja	23.9.74- 8.9.75
Vaittinen	Risto	Tutkimusharjoittelija	1.11.73-13.10.74
Valkeiskangas	Tapio	Tutkimusharjoittelija	1.6.73- 7.2.75
Valtonen	Tuovi	Tutkija	12.1.87-31.1.90
Vanhala	Juhani	Tutkija	1.8.82-31.12.83
Vauhkonen	Vesa	Tutkimusharjoittelija	1.7.77-15.10.78
Veijola	Timo	Tutkija	1.3.87-31.12.87
Vento	Aarne	Tutkimusinsinööri	1.4.66-31.8.67
Verronen	Jukka	Tutkija	1.8.75-30.6.76
Viinikainen	Tuula	Vahtimestari	6.3.78-16.9.79
Viitala	Heikki	Tutkimusharjoittelija	8.9.75-15.11.79
Vile	Pekka	Tutkija	1.4.84-15.11.85
Virtanen	Pentti	Teknikko	10.2.49-31.12.52
		Radio-os	-
Visala	Arto	Tutkija	1.2.87-31.12.91
Voipio	Veli-Erkki	Tutkija	1.10.73-13.10.74
			10.9.75-29.8.76
Vuonokari	Thelma	Tutkija	1.8.79-30.9.79
Vuorilehto	Jukka	Tutkimusharjoittelija	1.6.80-30.9.81
Vuorinen	Jorma	Tutkija	1.12.75-31.12.84
Vähä-Piikkiö	Jaakko	Tutkimusharjoittelija	6.1.75-20.1.76
Väkiparta	Jorma	Tutkija	1.1.72-30.9.77
Välimäki	Pekka	Tutkimusharjoittelija	1.11.81-31.10.82
Välimäki	Seppo	Tutkija	13.1.75-24.8.75
Wallin	Pekka	Erikoistutkija	1.12.75-31.12.87
Wallinvirta	Ari	Apulaistutkija	23.11.78-31.8.79
Weckström	Håkan	Tutkimusinsinööri	10.1.83-24.6.84
Weiss	Robert	Tutkimusharjoittelija	15.7.91-31.8.91
Wichmann	Ewald	Erikoistutkija	15.11.88-14.9.89

Wikström	Ensio	Assistentti	7.3.45-29.2.80
Winter	Markku	Tutkimusharjoittelija	11.1.72- 3.3.74
Wolff	Jonas	Tutkimusharjoittelija	4.6.90-31.8.90
Xu	Mingzhe	Tutkija	1.5.90-30.4.91
Yang	Haifeng	Tutkija	5.4.89-31.3.92
Ylinen	Maria	Toimistosihteeri	15.12.71-31.7.73
Ylinen	Raimo	Erikoistutkija	1.1.80-31.8.86
Åkman	Kari	Tutkimusharjoittelija	1.10.83-31.5.84

Tiedot koottu VTT:n henkilöstötoimiston arkiston kolmesta eri kortistosta ja SÄH:n arkistosta (luettelossa ei ole eritelty palkattomia jaksoja eikä osa-aikaisuuksia, nimikkeenä on mainittu vain viimeisin). Koonnut 6.4.1992/Raija Salerma



Henkilökunnan määrä ajan funktiona. Vuosina 1948-1952 laboratoriossa toimi radio-osasto eli nykyinen Teletekniikan laboratorio.

XXIV. TAPAHTUMIA VUOSI VUODELTA

1942 Laboratorio perustetaan 16. tammikuuta yhtenä kymmenestä VTT:n laboratoriosta. Toiminta aloitetaan ja ensimmäinen toimeksianto valmistuu 16. toukokuuta. Vuoden aikana valmistuu yhdeksän toimeksiantoa, joista laskutetaan yhteensä 4045 mk. Laboratoriossa on vuoden lopussa yksi sivutoiminen henkilö.

1943 Laboratorioon saadaan maaliskuun alusta toinen henkilö ins. Martti Laurila. Mekaanikon työt suoritetaan alihankintana korkeakoululla. Tutkimustehtäviä suoritetaan yhteensä 46 kpl. Laboratorioon tilataan mittausvälineitä 630000 markan arvosta. Toimitusajaksi oli kuitenkin ilmoitettu noin kaksi vuotta.

1944 Välttämättömiä tutkimusvälineitä on edelleen sodan vuoksi ollut mahdoton saada. Aineenkoetustoiminta on kuitenkin vuoden aikana vilkastunut. Laboratorion ensimmäinen täyspäiväinen henkilö dipl.ins. Hans Blomberg palkataan huhtikuun alusta. Professori Blomberg väittelee myöhemmin aiheena laboratoriossa kehitetty mittauslaite. Blomberg toimii laboratorionjohtajana ja neuvottelukunnan puheenjohtajana.

1945 Laboratorion tehtävät lisääntyvät jatkuvasti. Vuoden lopussa valmistuu tutkielma "Ryömijägalvanometri". Laboratorion kehittämis- ja kojehankintasuunnitelmat teettävät paljon työtä. Laboratorion toinen täysipäiväinen henkilö, ins. Ensio Wikström, palkataan maaliskuussa. Hänen työsuhteensa kestää ennen eläkkeelle siirtymistään yhteensä 35 vuotta.

1946 Erään asiakkaan pyynnöstä ryhdytään kehittämään menetelmää, jolla dynamo- ja muuntajalevyjen magneettisia ominaisuuksia ja häviöitä voitaisiin tarkkailla pienestä näytteestä. Blomberg kehittää uuden menetelmän epätahtikoneen jättämän mittausta varten. Menetelmästä julkaistaan artikkeli Voima ja Valo lehdessä.

1947 Differentiaalirelettä käsittelevät tutkimukset valmistuvat ja Valtion sähköpaja ryhtyy valmistamaan releitä. Tutkimustyö on vähäisempää, koska Hans Blomberg on Ruotsissa suuren osan vuodesta. Määrärahojen niukkuuden johdosta ei uusia laitetilauksia voida paljon tehdä. Yksinkertaisempia laitteita on kuitenkin mahdollista valmistaa itse, jolloin aineenkoetustöitä voidaan rationalisoida.

1948 Radio-osasto aloittaa toimintansa laboratoriossa toukokuun alusta. Radio-osasto suorittaa tutkimustyötään pääasiallisesti Ilmavoimien Esikunnan Viestiosaston laskuun. Jännitesysäyksien aikaintegraalin mittauslaitteen valmistuminen viivästyy, koska joudutaan odottamaan ulkomailta tilattuja erikoisosia. Laboratorioon hankitaan mm. normaalivastuksia, normaalipareja ja tarkkuussilta vastusmittauksia varten.

1949 Mittauslaite, jolla voidaan mitata dynamo- ja muuntajalevyjen magneettisia ominaisuuksia ja häviöitä pienistä näytteistä, valmistuu ja luovutetaan tilaajalle. 92 aineenkoetustilausta suoritetaan. Tilaukset käsittävät yhteensä 381 näytteen tutkimisen. Veikkauslomakkeiden tarkastuslaitteesta laaditaan asiantuntijalausunto. Radio-osaston toiminta keskittyy mikroaalto- ja tutkatekniikkaan.

1950 Jännitesysäyksien aikaintegraalin mittauslaite saadaan pääasiassa valmiiksi. Suomen Valoteknillisen Seuran myöntämällä apurahalla palkataan dipl.insinööri huhtikuun alusta työskentelemään valoteknillisten tehtävien parissa. Hankitaan mm. staattisia volttimittareita, normaalivastuksia ja suuren piirtonopeudenomaava katodisädeputki. Uusista radiovastaanottimista annetaan lausunnot.

1951 Vahvavirtaosasto saa TKK sähkölaboratoriossa uudet tilat, jotka kunnostettiin Rakennushallituksen myöntämillä korjausmäärärahoilla. Laboratorion radio-osasto muuttaa uusiin tiloihin tammikuun lopulla. Heikkokuuloisten kuulokojeiden mittauksia suoritetaan. Laboratorio on edustettuna International Conference on Large Electric High Tension Systems (CIGRE).

1952 Laboratorion virranjakolaitteet saadaan aikaisemmin tehdyn suunnitelman mukaisesti valmiiksi. Laboratoriossa rakennetusta Vs-mittarista laaditaan selostus. Mittari on vuoden aikana ahkerassa käytössä aineenkoetustehtävissä. Parannettu kappale aikaisemmin rakennetusta ja teollisuudelle luovutetusta ferrometristä saadaan myös valmiiksi.

1953 Laboratorion radio-osasto itsenäistyy ja siitä tehdään erillinen laboratorio vuonna 1956. Imatran Voima Oy:n toimeksiannosta tutkitaan suurjänniteverkon maadoituskysymyksiin liittyviä seikkoja. Laboratorioon hankitaan katodisädeoskillograafi, jonka piirtonopeus on noin 1000 km/s.

1954 Laboratoriossa rakennetaan audiometri Turun Yliopiston Korvaklinikalle. Yhteistyössä Imatran Voima Oy:n kanssa suoritetaan elektrolyyttiammeella suurjännitelaitosten suunnitteluun liittyviä tutkimustehtäviä. Näihin töihin liittyy myös suurjännitteisen mittausjakajan suunnittelu kenttämittauksia varten. Blomberg laatii tutkielman lineaaristen fysikaalisten järjestelmien analyysistä ja kaaviollisesta esityksestä.

1955 Blombergin jäädessä virkavapaalle laboratorion toinen tutkimusinsinööri dipl.ins. Pauli Karttunen palkataan laboratorioon heinäkuussa. Laboratorioon hankitaan kaksi tarkkuusmittaria ja yksi AVO-metri. Asla-varoilla saadaan lahjaksi piirtävä potentiometri. Hagalundin radioaseman aiheuttamia häiriöitä Otaniemen alueella käsittelevä mietintö valmistuu.

1956 Blomberg siirtyy heinäkuun lopussa TKK:n sähkötekniikan professoriksi. Karttunen ryhtyy tutkimaan negatiivisesti takaisinkytkettyjen äänitaajuusalueen vahvistimien stabilointia alhaisilla taajuuksilla. Laboratorion työpajaan tilataan uusi sorvi, jonka toimitus viivästyy seuraavalle vuodelle.

1957 Vuoden aikana suunnitellaan ja rakennetaan eräitä valoteknillisiä mittalaitteita, jotka mahdollistavat valoteknillisten raaka-aineiden heijastus-, läpäisy- ja imeytymissuhteiden mittaamisen. Rakennetaan myös kiihtyväisyysmittari, jota voidaan käyttää sähkökoneiden vääntömomenttikäyrän mittaamiseen. Sähköjohtojen värähtelyn mittausongelmia tutkitaan Imatran Voima Oy:n toimeksiannosta .

1958 Laboratorio osallistuu teollisuuslaitoksen paperikoneita käsittelevään tutkimusohjelmaan. Ohjelmassa suoritetaan paineiden, melun, ja paperin neliömetripainon mittauksia ja analysointeja. Samassa yhteydessä kehitetään ja kokeillaan analogialaskimen käyttöön

perustuva analysointimenetelmä, jolla voidaan automaattisesti määrätä paperin neliöpainon spektrijakauma. Tilaustehtävänä tutkitaan oikosulkuilmiöiden ja katkaisijoiden toimintaa 10 kV verkossa.

1959 Vuoden kuluessa valmistuu erään teollisuuslaitoksen toimeksiannosta laboratoriossa suunniteltu ja rakennettu johdinvärähtelymittari ja -piirturi. Teollisuuslaitoksen toimeksiantona jatketaan paperin neliöpainon analyysejä käyttäen funktiogeneraattoria ja analogialaskinta. Aineenkoetustehtävissä tutkitaan noin 1500 näytettä.

1960 Laboratorion työpajassa jatketaan kiihtyvyysmittarin protokappaleen rakentamista, mutta sen valmistuminen siirtyy seuraavan vuoden puolelle. Paavola ja Karttunen tekevät opintomatkan Ruotsiin, Saksaan ja Sveitsiin. Matkan aiheena on Otaniemen suurjännitelaboratorion suunnittelu.

1961 Vuoden 1962 toimintasuunnitelmassa huomautetaan taas resurssien vähäisyydestä. Laboratorionjohtaja Paavola korostaa VTT:n ylijohtajalle, että kaksi tutkijaa sähkötekniillisessä laboratoriossa on liian vähän. Paavola siirtyy vuoden lopussa eläkkeelle, ja uudeksi laboratorionjohtajaksi valitaan professori Hans Blomberg. Oy Tilgmann Ab:n uuden syväpainokoneen servolaitteet saatetaan toimintakuntoon. Donner-analogialaskimen operointivahvistinyksikkö saadaan laboratorioon.

1962 Laboratoriolle myönnetään vuoden alusta toinen tutkimusinsinöörin virka. Tehtävään valitaan kesäkuun alusta lähtien dipl.ins. Timo Kuusisto. Puolustuslaitoksen tilaustyönä suunnitellaan tutka-antennin vaakapyöritys- ja kohdistussäätöjärjestelmä. Uutena tutkimuskohteena aloitetaan teollisuuden säätöjärjestelmien analysointimenetelmien tutkimus ja kehittäminen. Valtion teknillistieteelliseltä toimikunnalta anotaan varoja Ampex-mittausnauhurin ostamista varten.

1963 Laboratorio ottaa tutkimusohjelmaansa teollisuuden prosessien analysointimahdollisuuksien tutkimisen ja kehittämisen. Ajan funktion viivästyslaitteen suunnittelu ja rakentaminen analogialaskimen apulaitteena aloitetaan. Laboratorio antaa lausunnon mahdollisuudesta korvata eräät erikoisakut kuivaparistoilla.

1964 Dipl.ins. Pekka Salminen, myöhemmin laboratorion ensimmäinen kokopäivätoiminen laboratorionjohtaja, palkataan maaliskuun alusta laboratorioon. Rikospoliisin pyynnöstä suoritetaan tutkimus sähköräjähdysnallien aiheuttamien onnettomuuksien syistä. Autojen akkujen käynnistyskokeissa tarvittavat laitteet valmistuvat.

1965 Staattisista varauksista johtuvaa sähkönallien räjähdysvaaraa tutkitaan Raikka Oy:n tilauksesta. Annetaan lausunto raitiovaunun jarrutuskytkennän maadoituksesta. Tekniikan käsikirjan 8. painoksen osa "Säätötekniikka" ilmestyy, kirjoittajina Pekka Salminen ja Timo Kuusisto. Tehdään sopimus, jonka perusteella Suomen Valoteknillisen Seuran toimisto Valosto tilaa toimintaan kuuluvat pitkäaikaiset työt VTT:ltä.

1966 Laboratoriossa tutustutaan säätöjärjestelmien mitoituksessa esiintyviin optimointikysymyksiin. Aloitetaan ohjaamattomien ja ohjattujen puolijohteiden käyttöön liittyviä tutkimustöitä. Lisäksi aloitetaan öljykylvyn rakentaminen sähkösuureiden tarkkuusmittauksia varten. Puolustuslaitoksen toimeksiannosta tutustutaan yhdessä radioteknillisen

laboratorion kanssa erääseen hankintaan kuuluviin laitteisiin ja annetaan lausunto. Laboratorion ulkopuolinen laskutus kasvaa ennätysmäisesti, reaaliarvoltaan yli 200%.

1967 Kaksiakseliteorian sovellutuksena tutkitaan synkroparin keskinäisen vääntömomentin laskemista. Teknillisen korkeakoulun paperilaboratorion tilaama paperin materiaalijakautuman tutkimuslaitteen säätö- ja laskinpiirit suunnitellaan ja rakennetaan ja toimitetaan tilaajalle. Eräällä voimalaitoksella sattuneen onnettomuuden syistä laaditaan lausunto Helsingin hovioikeudelle. Veikko Palva jatkaa CIGRE:ssä Suomen edustajana Martti Paavolan jälkeen.

1968 Laboratoriossa suunniteltu kenttäkäyttöinen noin 0,1 s:n mittaisten valopulssien valovoiman huippuarvon mittari valmistui. Kansainvälisen valaistussanaston käännöstyö saadaan valmiiksi. Yhteistyö TVH:n kanssa tievalaistusnormiehdotuksen tekemiseksi saadaan päätökseen. IBM-1620 tietokoneen analogialiitäntöjen rakentamista jatketaan. Merenkulkuhallituksen toimeksiannosta suoritetaan mt Palvan räjähtämiseen liittyvä hankaussähkötutkimus.

1969 Laboratorio muuttaa heinäkuussa Albertinkadulta Otaniemen uusiin tiloihin. Tutkitaan erilaisten tyristorikytkentöjen soveltuvuutta liukurengasmoottorin nopeudenasetteluun staattorijännitettä muuttamalla. Dynamiikka- ja luotettavuusryhmien toiminta käynnistyy. Helsingin kaupungin sähkölaitokselle suoritettu 12 katuvalaisimien tutkimus valmistuu. Pekka Salminen valitaan pohjoismaisen simulointitekniikan yhdistyksen SIMS johtokunnan Suomen edustajaksi.

1970 Atomivoimalaitoksen simulointimallin alustava tutkimus valmistuu. Hybridikone EAI-690 installoidaan ja otetaan käyttöön kesällä. Hybridikoneen käytöstä teollisuuden simulointi-, säätö- ja systeemitekniikan tutkimustehtäviin käydään neuvotteluja. Hissiryhmän simulaatiomallin ohjaus- ja rekisteröintilaitteen suunnittelu saadaan päätökseen. Valojakokäyrien mittauslaitteen suunnittelu- ja rakentamistyö aloitetaan.

1971 Loviisan laitoksen malli pienten nopeiden tehonsäädöstä johtuvien transienttien laskemiseksi valmistuu. Aloitetaan atomivoimalaitoksen henkilökunnan koulutussimulaattorin hankintaa käsittelevä selvitystyö. Paperirainan rullausjärjestelmän sähkökäyttö saadaan valmiiksi. Säännöllisten kalibrointien suorittaminen ja sähkösuureiden ylläpito aloitetaan. Dipl.ins. Björn Wahlström, myöhemmin laboratorion neljäs laboratorionjohtaja, palkataan vuoden alusta laboratorioon.

1972 KTM:n kanssa tehtyjen tutkimussopimusten rahoitus kasvaa edelliseen vuoteen verrattuna yli 80%. Loviisan laitoksen reaktorin, höyrykehittimen ja turbogeneraattorin mallit valmistuvat. Käydään tutustumassa usean koulutussimulaattorin mahdolliseen toimittajaan. Voimansiirtoverkon tietokonelaskentaan liittyvä esiselvitys valmistuu. Dynamiikka- ja luotettavuusryhmät liitetään laboratorioon. Pohjoismaisen simulointitekniikan yhdistyksen vuosikokous järjestetään Otaniemessä 5. - 6. kesäkuuta.

1973 Laboratorion ensimmäinen täyspäiväinen laboratorionjohtaja professori Pekka Salminen astuu virkaansa vuoden alussa. Ydinvoimalaitoksen henkilökunnan koulutussimulaattorin spesifikaatiot laaditaan ja Suomen olosuhteisiin soveltuvan simulaattorin hankintatilannetta analysoidaan. Oy Strömbergin toimeksiannosta tutkitaan pyörivien suurjänniteko-

neiden eristeitä. Valaisimien valojakokäyrien mittauslaite otetaan käyttöön. Suoritetaan Loviisan laitokseen liittyviä luotettavuusselvityksiä.

1974 Yhteistyössä neuvostoliittolaisen ja saksalaisen osapuolen kanssa läpiviety PWR-ydinvoimalaitoksen pääsäätöjärjestelmän systeemisuunnittelu saadaan valmiiksi ja hyväksytään (Released for construction 1974-02-26). Koulutussimulaattorin tarjouspyynnöt lähetetään mahdollisille tilaajille lokakuussa. Energiataloudellisiin järjestelmiin liittyvä tutkimustyö käynnistyy. Tilaustehtävänä suoritetaan tehonjako- ja oikosulku laskuja Helsingin kaupungin sähkölaitokselle ja Imatran Voima Oy:lle. Yhteistyössä Oy Yleisradio Ab:n kanssa käynnistetään aikamerkkilaitteiston rakentaminen.

1975 Automaatiojärjestelmiä valmistava Valmetin Instrumenttitehdas häviää kaksi tärkeää toimitusta ja kääntyy tuotekehitysaikeissa laboratorion puoleen. Yhteistyössä elektroniikan laboratorion kanssa kehitetään ohjelmistoja ja menetelmiä sähkölaitosten energiahankinnan optimoimiseksi. Yhteistyönä pääkaupunkiseudun energiayhtiöiden kanssa laaditaan selvityksiä ydinvoimaan perustuvan sähkön ja lämmön tuotannosta. Kiehutusvesireaktorin periaatesimulaattori valmistuu. Loviisan laitoksen säätölaitteiston testaus- ja alustava viritystyö käynnistyy.

1976 Kansainvälisenä yhteistyönä suoritetaan eristyskoordinaatiotutkimuksia. Tutkimuslaitosten ja teollisuuden ruotsalais-suomalaisena yhteistyöprojektina tutkitaan SECURE ydinreaktorin teknisiä ratkaisuja ja käyttökelpoisuutta. Pohjoismainen ydinturvallisuustutkimus käynnistetään yhteistyössä Studsvikin, Risön ja Haldenin tutkimuslaitoksen kanssa. Todennäköisyyspohjaista riskianalyysia sovelletaan eräiden vaarallisten aineiden kuljetusten valtakunnalliseen tarkasteluun.

1977 Sähkölämmityksen ohjauksen kannattavuuden analysointia varten kehitetään simulointimalli. Sähkön tuotantokapasiteetin laajennusohjelmia tarkastellaan WASP-ohjelmakirjaston avulla. Viranomaisia varten suoritetaan Olkiluodon ydinvoimalaitoksen häiriöanalyyseja. Taajuuden ja ajan kansallisen mittauspaikan laitteet valmistuvat. Josephson jännitenormaalin kehitystyö aloitetaan. Suoritetaan SECURE ydinlämpöreaktorin turvallisuusanalyysin tarpeelliset luotettavuusselvitykset.

1978 Turpeen ja öljyn kilpailukykyä Suomen energiataloudessa tutkitaan lineaariseen ohjelmointiin perustuvalla mallilla. Saatetaan loppuun VTT:n osuus sähkölaitosautomaatioprojektista. Kalkkikivilajittelijan laboratorioprototyyppi valmistuu. Laboratorio tekee päätöksen pyrkiä edustamiensa suureiden kansalliseksi mittauspaikaksi. Aloitetaan räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettujen laitteiden (ex-laitteiden) testausaseman rakentaminen. Laboratorion ulkopuolinen laskutus kasvaa reaaliarvoltaan yli 100%.

1979 Tutkitaan sähkölämmityskysymyksiä koko maan kannalta. Lämmön varastointia kaukolämmitysjärjestelmässä tutkitaan Nordisk Industrifondin rahoituksella. Ensimmäinen Damatic järjestelmä toimitetaan Enso Gutzeitin tehtaalle Pankakoskelle. Ilmavoimien toimeksiannolla otetaan kantaa koulutuskoneen simulaattoriin. NORDFORSKin rahoittama SCRATCH (Scandinavian Risk Assessment Technology Cooperation) käynnistetään.

1980 YK:n alaiselle ESCAP-järjestölle tehdään sähköntuotantojärjestelmien käytön ja laajennusten optimointia käsittelevä tutkimus. KTM:n rahoituksella aloitetaan esitutkimus

tuulienergian soveltumisesta sähköntuotantoon Suomessa. Loviisan laitoksen täydenmittakaavan koulutussimulaattori toimitetaan ja otetaan käyttöön. VTT saa sopimuksen mukaan simulaattoriajasta 15% käyttöoikeuden erilaisiin tutkimustehtäviin. Laaditaan erittely siitä, miten paljon eri osajärjestelmät ovat aiheuttaneet seisokkiaikaa kevytvesilaitoksilla.

1981 Yhteistyössä IVO:n kanssa arvioidaan uusien hajautettujen digitaalisten järjestelmien soveltuvuutta suurvoimalaitoksilla. Valtioneuvosto nimittää laboratorion sähkötekniikan perussuureiden sekä ajan ja taajuuden kansalliseksi mittauspaikaksi. Suomen tulevaa sähköntuotantokapasiteettia käsittelevä suurvoimalaitosselvitys valmistuu. Kymmenen maaseutusähkölaitoksen tilaama tutkimus sähkölämmitystapojen lisääntymisen vaikutuksesta valmistuu. RELVEC-ohjelmiston ensimmäinen versio valmistuu.

1982 Laboratorio osallistuu kuuteen VTT:n käynnissä tai valmisteella olevaan tutkimusohjelmaan. Kattilalaitosten turvallisuuskomitean instrumentointi- ja lukitusohjeesta valmistuu ehdotus. VTT:n muissa laboratorioissa suoritetaan sähköturvallisuustarkastuksia. Laboratorion laskutuksen osuus sähköteknillisen teollisuuden kokonaisvolyymista nousee ensimmäistä kertaa yli 0.1%.

1983 Vuoden alusta toteutetaan VTT:n uusi osastojako. Sen mukaan perustetaan erilliset energiatekniikan ja informaatiotekniikan osastot ja laboratorio liitetään energiatekniikan osastoon. Laboratorio osallistuu TEKES:in tietotekniikan kehittämisohjelman valmisteluun. Tuotannonohjauksen alueella solmitaan kehitysyhteistyötä teollisuuden kanssa. "Mustaa kirjaa" käytetään viimeistä vuotta laboratorion toimeksiantojen seurannassa.

1984 Laboratorion johtamiskäytäntöjä sekä talouden suunnittelu ja seurantamenetelmiä kehitetään. Laboratorio osallistuu TEKES:in kappaletavara-automaation teknologiahankkeen ja Työsuojelurahaston "Kehittyvä informaatiotekniikka ja työympäristö"- tutkimusohjelman valmisteluun. Kvantisoituneen Hall-ilmiön perustuvan resistanssinormaalin kehitystyö aloitetaan. VTT Technology Oy alkaa markkinoida kaukolämpö ym. energiatietojen seurantaan soveltuvaa keruujärjestelmää.

1985 Laboratorio saa maaliskuussa uusia tiloja juuri valmistuneesta Sähkötalo 1:stä Otaniemessä, osoitteessa Otakaari 7B. Metrologian tutkimusyhteistyösopimuksia allekirjoitetaan Posti ja telelaitoksen, Teknillisen korkeakoulun ja Teknillisen tarkastuskeskuksen kanssa. Imatran Voima Oy:n Etiopiaan rakentaman sähkösiirtojohdon valvontatyö käynnistyy Ulkoministeriön rahoituksella VTT Technology Oy:n kautta. Toimeksiantotehtävänä toteutetaan arinakattilan liekinvalvontalaitteisto.

1986 Tuotantoautomaation tutkimustoiminnasta muodostetaan oma jaosto ja tekoälytekniikan sovellutuksia kerätään tutkimusryhmään. Teknilliselle tarkastuskeskukselle rakennetaan metrin kansalliseksi normaaliksi tarkoitettu jodistabiloitu laseri ja optisen aallonpituuden tarkkuusanalysaattori. HKE:n keskusvalvomoympäristöön kehitetään asiantuntijajärjestelmäsovellutusta 110 kV verkon hallinnan apuvälineeksi. Tutkimusohjelmassa "Prosessien numeerinen simulointi" kehitetään APROS-ohjelmiston perustoja. IIASA:n "Technology Economy Society"- ohjelmaan kuuluvana SITRA:n rahoittama tuotantoautomaation ja joustavan tuotannon kansallinen projekti käynnistetään. Laboratorion henkilökunnan määrä nousee yli sadan.

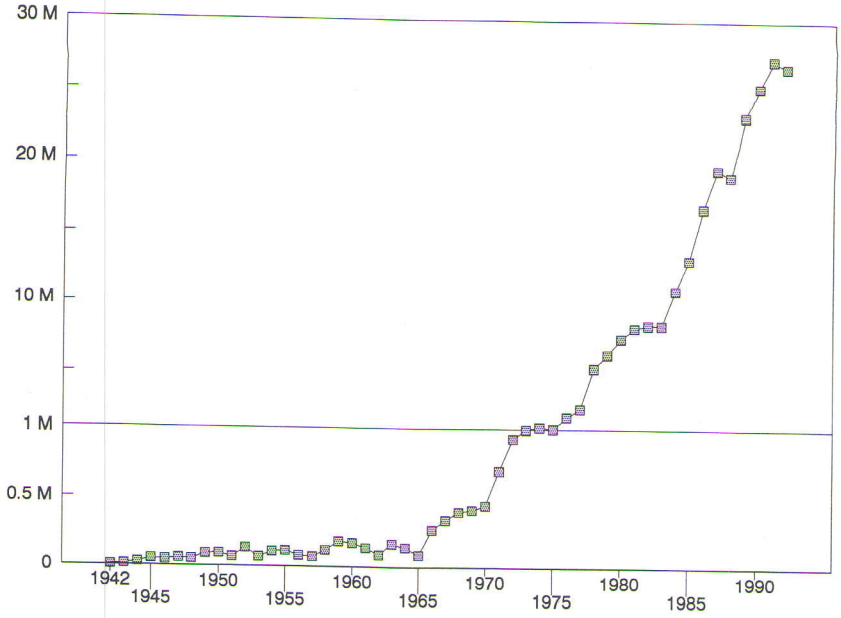
1987 Laboratoriossa rakennetut Josephson jännitenormaalit toimitetaan Ruotsin, Norjan ja Tanskan kansallisille mittauspaikoille. Pientalojen lämmityskustannusten vertailututkimus valmistuu. Kemiallisten prosessien CHEDYN-simulointihanke käynnistyy eurooppalaisena EUREKA-projektina. Itsenäisesti liikkuvien robottien ja työkoneiden navigointitekniikasta suoritetaan laaja esitutkimus. Kokkolan hienokemikaalitehtaan turvallisuustutkimus saadaan päätökseen. Laboratorion laskutus suhteessa kokonaismenoihin nousee ennätyslukemaan 94.26%.

1988 VTT:n tutkimusohjelma Ohjausjärjestelmien suunnittelu ja automaattinen verifiointi käynnistyy. Laboratoriossa aloitetaan uudentyyppisen digitaalista kilowattituntimittarin kehittäminen. Selvitetään vanhan maanalaisen öljyluolaston muuttamista kaukolämmön pitkäaikaisvarastoksi. Yhteistyössä TKK:n, Rauma-Repolan ja Tampella Tamrockin kanssa valmistellaan autonomisesti liikkuvien työkoneiden eurooppalaisena ESPRIT II projektina. Laboratorion laskutuksen reaaliarvo laskee ensimmäistä kertaa 13 vuoteen. Lasku on hieman yli 2%, mutta jo seuraavana vuonna laskutus kasvaa reaaliarvoltaan yli 20%.

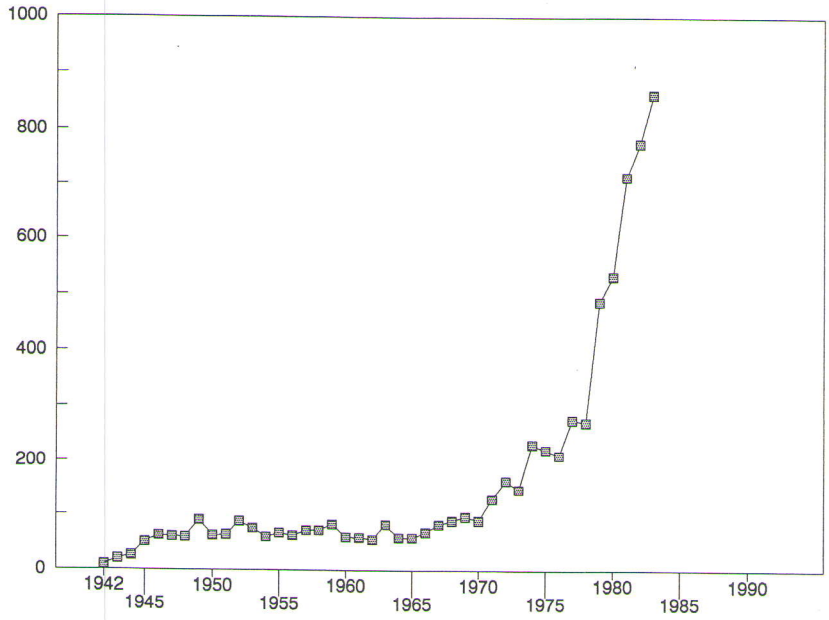
1989 Laboratorion nimi muutetaan sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorioksi. Yhdessä Physikalisch Technische Bundesanstalt:n, (PTB) kanssa aloitetaan erittäin pienikohinaisen niobium-suprajohteeseen perustuvan dc-SQUIDin kehittäminen. KTM:n energian säästöprojektin koordinointivastuu annetaan laboratoriolle. Information Technology Support for Emergency Management projekti käynnistyy eurooppalaisena ESPRIT II hankkeena. Kävelytekniikan tutkimusta käynnistetään yhteistyössä TKK:n kanssa. Ydinvoimalaitosten suorituskykyä arvioivaa tunnuslukujärjestelmää kehitetään.

1990 Induktiivisen kohinalämpömittarin prototyypin kehittäminen aloitetaan. Outokumpu Oy:n Kokkolan voimalaitoksella otetaan käyttöön laboratoriossa kehitetty lämpökuorman ennustemalli. Harvard Business Schoolin kanssa käynnistyy yhteinen esi- ja arviointiprojekti neuvostoliittolaisten yritysten rakenteelliseksi uudistamiseksi ja yritysten teknologiastrategioiden luomiseksi. Laaja yhteistyöprojekti "Joustava paperituotanto" käynnistyy. Yhteispohjoismaisen ydinturvallisuusprojektin RAS-450 loppuraportti Optimization of technical specifications by use of probabilistic methods valmistuu.

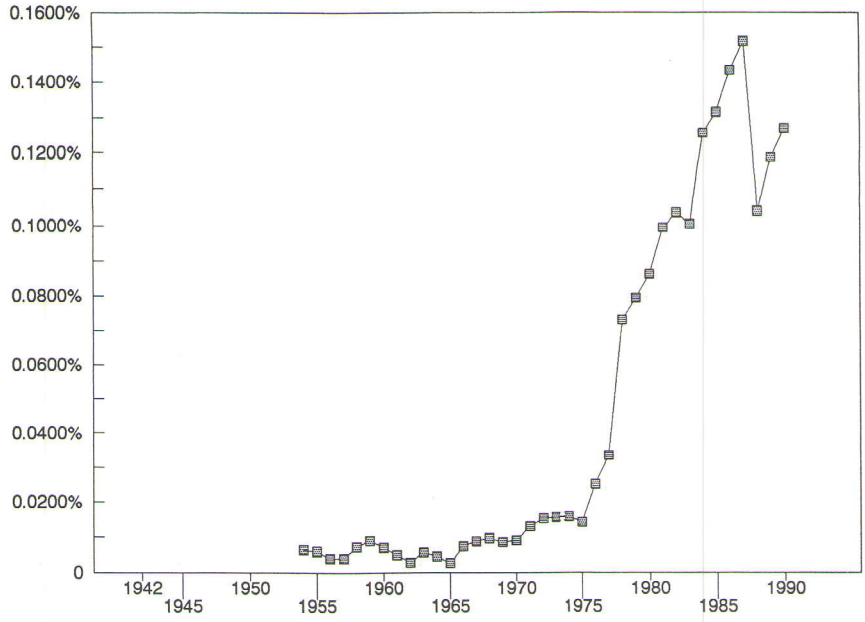
1991 Kehitetään uusi menetelmä paperikoneen huuliaukon mittaamiseksi. Sähköverkkojen vian paikallistamismenetelmän konsepti valmistuu. Materiaali- ja energiavirtauksia tuotteiden valmistuksessa ja kierrätyksessä laaditaan malleja. Laboratoriossa kehitetty nurkkapolton palamisenhallintajärjestelmä otetaan käyttöön Naantalin hiilivoimalaitoksessa. Ensimmäinen simulointiohjelmiston iso vientiprojekti saadaan onnellisesti toimitettua yhteistyössä ydinvoimatekniikan laboratorion kanssa. Suomalaisen laitetoimittajan toimeksiannosta selvitetään Englannin kanaalijunan tietojärjestelmän luotettavuutta. Luotettavuusohjelmistoja RELVEC ja ELCOM on toimitettu yhteensä noin 25 kpl kotimaahan ja ulkomaille.



Laboratorion ulkopuoliset tulot ajan funktiona. Tulot on muutettu vuoden 1990 markoiksi tukkuhintaindeksin mukaan. Vuoden 1992 tulot on budjetoitu.



Toimeksiantojen lukumäärä ajan funktiona. Jokainen toimeksianto kirjattiin omana rivinä "mustaan kirjaan". Vuoden 1983 jälkeen näitä kirjoja ei enää ole käytetty. Toimeksiannon määritelmä on jo ennen sitä hämärtynyt ja tarkoittaa vuodesta 1979 laskua tai työselostusta.



Ulkopuolisten tulojen osuus Suomen sähköteknisten tuotteiden valmistuksen bruttoarvosta ajan funktiona. Vuosina 1954-1987 toimiala 383 ja vuosina 1988-1990 toimiala 26. Vuoden 1990 tilaston bruttoarvo 19 962502 mk perustuu ennakkotietoon.

XXV. VIITTEET

1. Paavola, M. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen sähköteknillinen laboratorio, Voima ja Valo 23:1, Tammikuu 1950, ss. 2-5.

2. Blomberg, H. Vahvavirta-alan tutkimustoiminta, Voima ja Valo 23:1, Tammikuu 1950, ss. 5-6,

3. Pohjanpalo, J. Radioalan tutkimustoiminta, Voima ja Valo 23:1, Tammikuu 1950, ss. 6-7.

4. Heikkilä, E., Palva, V., Salminen, P., Stubb, T. Sähkötekniikan tutkimus Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa, Sähkö 47 (1974) 5-6, ss. 229-234.

5. Salminen, P., Wahlström, B. Automaatiotekniikan kehitysaskeleita - käytäntöä ja teoriaa 60-luvulta 90-luvulle. Suomen säätöteknillinen seura ry. 1987. Automaatiopäivät 87, 12-14.5.1987. Nide I, ss. 19-26.

ISBN 951-38-4262-2 Libris Oy 1992