

# Suomen tieteen tila ja taso

Katsaus tutkimukseen ja sen toimintaympäristöön  
Suomessa 1990-luvun lopulla

## TOIMIKUNTIEN RAPORTIT

Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimus

Terveystutkimus

Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus

## Sisällys

# Suomen tieteen tila ja taso

Katsaus tutkimukseen ja sen toimintaympäristöön  
Suomessa 1990-luvun lopulla

**Toimittaneet: Kai Husso, Sakari Karjalainen & Tuomas Parkkari**

## TOIMIKUNTIEN RAPORTIT

Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimus

Terveystutkimus

Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus

## Sisällys

Taitto: PixPoint ky

ISBN 951-715-343-0

Erikoispaino Oy, Helsinki 2000

# Sisällys

## Yleinen osa

<b>Johdanto</b> .....	7
<b>1 Tieteellisen tutkimuksen ja tiedepolitiikan muuttuva toimintaympäristö</b> ....	9
1.1 Tieteellinen tutkimus ja yliopistot kansallisessa innovaatiojärjestelmässä ...	10
1.2 Tutkimuksen voimavarojen muutokset 1990-luvulla .....	12
<b>2 Tutkimusrahoitus tiede- ja innovaatiopolitiikan välineenä</b> .....	15
2.1 Suomalaisen tiedejärjestelmän kehittäminen .....	17
2.1.1 Kilpaillun rahoituksen rooli .....	17
2.1.2 Kansainvälisen tutkimusyhteistyön kehittäminen .....	18
2.1.3 Luovien tutkimusympäristöjen kehittäminen .....	20
2.1.4 Ammattimaisen tutkijanuran kehittäminen .....	27
2.2 Teknologian tutkimuksen rahoitus .....	33
2.2.1 Teknologian kehittämiskeskuksen tutkimusrahoitus .....	34
2.2.2 Tekniikan ja luonnontieteiden rahoitus Suomen Akatemiassa .....	35
2.2.3 Valtion teknillinen tutkimuskeskus .....	35
2.2.4 Teknilliset korkeakoulut ja tiedekunnat .....	36
2.3 Innovaatiojärjestelmän kehittäminen tutkimusyhteistyön avulla .....	37
2.3.1 Yliopistojen ja yritysten välisen yhteistyön kehittäminen .....	38
2.3.2 Valtion tutkimuslaitokset .....	40
2.3.3 Kansallisten klusteriohjelmien rooli Suomen tiede- ja innovaatiojärjestelmässä .....	42
<b>3 Yliopistojen rakenteet, ohjausmekanismit ja strategiat</b> .....	45
3.1 Pitkäjänteinen kehittämislinja .....	45
3.2 Muutoksen tilassa .....	46
3.3 Ohjausjärjestelmä ja rakenteet .....	47
3.3.1 Tulosohjaus .....	47
3.3.2 Rakenteellisen kehittämisen tavoitteet .....	49
3.4 Yliopistojen voimavarat vuosituuhannen taitteessa .....	50
3.4.1 Tutkimusmenot ja henkilöstö 1990-luvulla .....	50
3.4.2 Ulkopuolinen tutkimusrahoitus .....	54
3.5 Yliopistojen vahvistaminen .....	56
3.6 Yliopistojen rooli tulevaisuudessa .....	60
<b>4 Tutkimustoiminnan tuloksellisuus ja vaikuttavuus</b> .....	63
4.1 Tuloksellisuuden ja vaikuttavuuden muodot ja mekanismit .....	64
4.2 Tuloksellisuuden arviointi julkaisumäärien ja viittausten avulla .....	67
4.3 Tieteellinen julkaisu-toiminta Suomessa ja muissa OECD-maissa .....	68
4.3.1 Suomalaisten julkaisut kansainvälisissä tieteellisissä sarjoissa vuosina 1981–1999 .....	68
4.3.2 Kansainvälinen vertailu .....	73

## Sisällys

4.4 Tutkimustoiminnan vaikuttavuus .....	89
4.4.1 Tutkimuksen vaikutusten välittyminen innovaatioprosessissa .....	89
4.4.2 Tieteellisen toiminnan alueellinen vaikuttavuus .....	92
4.4.3 Tutkimuksen teknis-taloudelliset vaikutukset sekä yliopistojen ja yritysten yhteistyö .....	94
4.4.4 Patentit tutkimuksen vaikutusten indikaattorina .....	98
<b>5 Tieteen tila ja taso Suomessa: yhteenveto ja johtopäätökset .....</b>	<b>103</b>
5.1 Tieteellisen tutkimuksen voimavarat ja tuloksellisuus .....	103
5.2 Tutkimustyön ja sen toimintaympäristön muutokset .....	106
<b>Kirjallisuus .....</b>	<b>109</b>
<b>LIITE 1. Bibliometriikka tieteellisen toiminnan kuvaajana .....</b>	<b>119</b>

## **Tieteellisten toimikuntien osat**

<b>Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus .....</b>	<b>129</b>
<b>Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimus .....</b>	<b>165</b>
<b>Terveyden tutkimus .....</b>	<b>229</b>
<b>Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus .....</b>	<b>273</b>

## Johdanto

Suomen Akatemia laatii kerran toimikuntiansa kolmivuotisen toimikauden aikana katsauksen tieteen tilaan ja tasoon Suomessa. Edellinen katsaus julkaistiin vuonna 1997. Tehtävä perustuu valtioneuvoston päätöksiin koulutuksen ja tutkimuksen kehittämisestä (viimeisin kehittämissuunnitelma koskee vuosia 1999–2004) sekä opetusministeriön ja Suomen Akatemian välisiin tulossopimuksiin. Tämän lisäksi Akatemialle on annettu tehtäväksi tieteenala-arviointien ja tutkimusohjelmien arviointien järjestäminen sekä arvioinnin indikaattoreiden kehittäminen.

Katsauksen kohderyhmänä ovat ne organisaatiot ja henkilöt, jotka osallistuvat päätöksentekoon tiede- ja teknologiapolitiikan tavoitteista sekä tutkimusjärjestelmän rahoittamisesta ja kehittämistoimista. Heille katsaus antaa mahdollisuuden tarkastella korkeatasoisen tutkimuksen ja toimivan tutkimusjärjestelmän merkitystä yhteiskunnan, talouden ja kulttuurin näkökulmasta. Katsaus on tarkoitettu myös tutkijoille, tutkimusorganisaatioiden johtajille sekä tiedejärjestöille, jotka pohtivat tieteellisen toiminnan tavoitteita ja edellytyksiä muuttuvassa yhteiskunnassa.

Edellisen, vuonna 1997 julkaistun katsauksen jälkeen suomalainen tutkimusrahoitus on kasvanut voimakkaasti valtioneuvoston hyväksymän tutkimusrahoituksen lisäysohjelman ja yksityisen tutkimusrahoituksen huomattavan kasvun ansiosta. Katsauksen tärkeimpänä tehtävänä on välittää kuva, mitä suomalaisessa tutkimusjärjestelmässä on tapahtunut 1990-luvun lopulla ja miten sen odotetaan vaikuttavan tutkimustoimintaan. Katsauksen tavoitteena on:

- kuvata tiedepolitiikan ja tutkimuksen toimintaympäristön nykytila ja siihen johtanut kehitys
- analysoida toimintaympäristön muutosten vaikutuksia yliopistojen ja erityisesti perustutkimuksen näkökulmasta
- selvittää suomalaisen tutkimuksen viime vuosien laadullista ja määrällistä kehitystä
- tunnistaa ja analysoida suomalaisen tutkimuksen ja tutkimusjärjestelmän vahvuuksia ja heikkouksia
- tarkastella mekanismeja, joiden kautta tutkimus vaikuttaa ympäröivään yhteiskuntaan ja sen kehitykseen.

Katsaus koostuu yleisestä osasta ja neljästä Suomen Akatemian tieteellisten toimikuntien valmistelemasta osasta. Yleisessä osassa on viisi lukua, jotka tukevat toinen toisiansa, mutta jotka voi lukea myös erillisinä. Ensimmäisessä luvussa tarkastellaan tiede- ja teknologiapolitiikan viime aikojen kehitystä globaalista näkökulmasta ja analysoidaan perustutkimuksen asemaa innovaatiojärjestelmässä. Toisessa luvussa kuvataan suomalaisen tiedepolitiikan tärkeimmät tavoitteet ja toimenpiteet 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla. Kolmas luku käsittelee toimintaympäristön muutoksia yliopistojen näkökulmasta ja kuvaa niiden sopeutus- ja muutosstrategioita. Toinen ja kolmas luku kuvaavat samaa asiaa toisaalta tutkimuksen rahoittajan ja toisaalta tutkimuksen tekijän näkökulmasta. Luvut toimivat eräänlaisina toistensa peileinä ja vastavoiminä. Neljännessä luvussa tarkastellaan tutkimuksen tuloksellisuutta ja pohditaan vaikuttavuuden arvioimista. Luvussa esitetään bibliometrisillä mittareilla kuva suomalaisen tutkimuksen kansainvälisestä asemasta ja tutkimuksen laadun kehityksestä 1990-

## Sisällys

luvulla. Tutkimuksen vaikuttavuudesta esitetään suuntaa-antavia arvioita. *Viides luku* sisältää tiivistettynä edellisten lukujen keskeiset huomiot ja johtopäätökset. Luku antaa eri toimijoille mahdollisuuden pohtia, miten suomalaista tutkimusta ja tutkimusjärjestelmää voidaan edelleen kehittää.

Vuonna 1997 julkaistu tieteen tilaa ja tasoa käsitellyt raporttisarja keskittyi tieteenalakohtaisen tilanteen tarkasteluun. Tämä raportti tarkastelee tieteellistä tutkimusta ja sen toimintaedellytyksiä koko tutkimusjärjestelmän näkökulmasta. **Toimikuntakohtaiset osat** ovat nyt tiiviimpiä kuin edellisellä kerralla, eikä tieteenalakohtaista tilannetta käydä läpi systemaattisesti. Toimikuntien valmistelemissa osissa tarkastellaan, minkälaisia tarkistuksia toimintaympäristön muutokset aiheuttavat edellisen raportin johtopäätöksiin ja suosituksiin. Toimikunnat ovat ottaneet tarkasteltavakseen joitakin sellaisia tärkeimpinä pitämiään teemoja, joita ei edellisessä raportissa käsitelty yhtä perusteellisesti.

Tutkimusjärjestelmätasoon keskittyvän tarkastelun ohella toinen katsauksen erityispiirteistä aikaisempaan verrattuna on lisääntynyt kansainvälinen vertailu. Tutkimuksen rahoitusta, tutkimusjärjestelmän rakenteellisia ominaisuuksia ja tutkimuksen tuoksellisuutta tarkastellaan suhteessa muihin OECD-maihin. Tiede- ja teknologiapolitiikan kehityslinjojen tarkastelussa hyödynnetään erityisesti OECD:ssä tuotettua aineistoa ja järjestön piirissä käytyä keskustelua.

Katsauksen valmistelua on johtanut Akatemian hallituksen nimeämä johtoryhmä. Sen puheenjohtajana on toiminut tutkimusjohtaja Jorma Hattula ja jäseninä toimikuntien puheenjohtajat professori Markku Mattila (luonnontieteen ja tekniikan tutkimuksen toimikunta), professori Aili Nenola (kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta), professori Terttu Vartiainen (ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunta) ja professori Eero Vuorio (terveyden tutkimuksen toimikunta) sekä pääsihteeri Kauko Hämäläinen korkeakoulujen arviointineuvostosta, tiedepolitiikan yksikön johtaja Matti Lähdeoja (valmistelun alkuvaiheessa), johtaja Arvo Jäppinen (valmistelun loppuvaiheessa) ja ylitarkastaja Marja Pulkkinen (edellisten sijaisena) opetusministeriöstä ja kehittämisspäällikkö Paavo Löppönen Suomen Akatemiasta. Johtoryhmä on kokonaisuutena osallistunut katsauksen suunnitteluun ja luonnosten käsittelyyn. Sen lisäksi jäseniä on kuultu asiantuntijoina yksittäisten lukujen valmistelussa.

Katsauksen perustana olevien aineistojen valmistelusta sekä kirjoittamisesta on vastannut projektiryhmä, jonka puheenjohtajana toimi aluksi kehittämisspäällikkö Jaakko Rusama ja vuoden 1999 alusta lukien terveyden tutkimuksen toimikunnan pääsihteeri Sakari Karjalainen Suomen Akatemiasta. Seuraavassa on luettelo projektiryhmän jäsenistä ja suluissa on merkitty heidän päävastuualueensa katsauksen valmistelussa ja kirjoittamisessa: projektisihteeri Tuuli Ahava (luku 3); tiedesihteeri Anneli Ahvenniemi (luku 2); erikoistutkija Kai Husso (luvut 1, 4 ja 5); erikoistutkija Timo Kolu (luku 2); erikoistutkija Hannele Kurki (luku 3); tiedesihteeri Annamajja Lehvo (luku 2); tiedesihteeri Tero Majamaa; informaatikko Maija Miettinen (luku 4 ja liite 1); tiedesihteeri Tuomas Parkkari (luvut 2 ja 4); projektisihteeri Jaana Salmensivu (luku 4); korkeakouluharjoittelija Riikka- Mari Vehmanen; tiedesihteeri Helena Vänskä (luku 3). Projektiryhmän sihteerinä on toiminut sihteeri Marjukka Terho. Katsauksen viimeistelystä ja toimittamisesta ovat vastanneet Kai Husso, Sakari Karjalainen ja Tuomas Parkkari.



# 1 Tieteellisen tutkimuksen ja tiedepolitiikan muuttuva toimintaympäristö

Viime vuosina on Suomessa ja useissa muissa OECD-maissa tapahtunut merkittäviä tieteellisen tutkimuksen toimintaympäristön ja tiedepolitiikan muutoksia. Tässä luvussa tarkastellaan näitä muutoksia sekä pohditaan, miten Suomen kansallinen innovaatiojärjestelmä, siihen liitetyt poliittiset odotukset sekä järjestelmään kuuluvien organisaatioiden yhteistyö hahmottuvat tieteellisen tutkimuksen ja yliopistojen näkökulmasta. Luku toimii samalla yleisluontoisena johdantona raportin muille osille.

Yliopistot ja tieteellinen tutkimus ovat tutkimusjärjestelmän peruselementtejä ja osa kansallista innovaatiojärjestelmää. Tutkimusjärjestelmän ytimessä ovat yliopistot ja tutkimuslaitokset, mutta siihen kuuluvat myös tutkimusta tekevät yritykset sekä tiede- ja teknologiapolitiikasta vastaavat valtionhallinnon organisaatiot. Innovaatiojärjestelmään kuuluvat edellisten lisäksi elinkeinoelämä laajemmin sekä kaikki ne taloudelliset rakenteet, poliittiset organisaatiot ja instituutiot, jotka vaikuttavat suoraan tai välillisesti tutkimustoimintaan<sup>1</sup>. Tutkimus- ja innovaatiojärjestelmiin on 1990-luvulla kohdistunut OECD-maissa yhteiskunnallisia sekä yli kansallisten rajojen ulottuvia taloudellisia ja sosiaalisia muutospaineita – lähinnä odotuksia toiminnan tuloksellisuudesta, tehokkuudesta ja vaikuttavuudesta. Kehityksen taustalla on kaksi toisiinsa kytkeytyvää tekijää, eräänlaista tutkimuksen toimintaympäristön megatrendiä.

Monissa tieteellisissä tutkimuksissa ja Euroopan komission ja OECD:n selvityksissä on todettu tutkimustoiminnalla olevan selkeä myönteinen yhteys taloudelliseen menestymiseen, kilpailukykyyn, hyvinvointiin ja innovaatioiden aikaansaamiseen. Tämän myötä tutkimusta on alettu pitää teollis-taloudellisen ja yhteiskunnallisen kehityksen strategisena voimavarana.

Toinen tutkimukseen ja sen toimintaympäristöön vaikuttanut tekijä on globalisaatio ja siihen kytkeytyvä markkinatalouden dynamiikan ja rakenteen kehitys. Tämän ytimessä ovat erityisesti kansainvälinen yritystoiminta, kilpailu ja kauppa, jotka perustuvat voimakkaasti huipputekniikan luomiseen ja käyttöön sekä kykyyn omaksua ja soveltaa tietoa.

Globalisaation analysointi keskittyy usein talousjärjestelmän rakenteiden ja toimintatapojen ympärille. Globalisaatio on tulkittavissa markkinasuhteiden laajenemisena ja syvenemisena niin valtioiden sisällä kuin niiden välilläkin. Samalla globalisoitumiskehityksen on katsottu tulleen siinä määrin kansallisista toimijoista riippumattomaksi, että sen avulla voidaan selittää muutoksia valtioiden instituutioissa, niiden toiminoissa ja rakenteissa. Tähän kehitykseen kytkeytyvät myös uudet yhteistyömuodot sekä valtioiden poliittisten järjestelmien toiminnot, joilla pyritään laajempiin harmonisoihiin markkinoihin ja taloudellis-poliittisiin yksiköihin (ks. Alasuutari & Ruuska 1999; Väyrynen 1999).

<sup>1</sup> Innovaatiojärjestelmän tarkasteluun kuuluvat laajassa mielessä myös kysymykset, joissa analysoidaan tutkimus- ja innovaatiotoiminnan suhdetta tuotantojärjestelmään, markkinoiden toimintaan sekä politiikan eri sektoreihin (esim. työllisyys-, talous- ja kauppapolitiikka). Tässä katsauksessa innovaatiojärjestelmän tarkastelua ei kuitenkaan uloteta näin pitkälle.

## Sisällys

Tutkimukselle, kuten tieteelliselle toiminnalle yleensäkin, on leimallista kansainvälisyys ja yhteistyö. Yliopistojen tieteeseen ja koulutukseen kytkeytyvät perinteiset tehtävät ja toiminnot ovat saaneet globalisaation kautta uusia tavoitteita ja tarkastelunäkökulmia. Tieteellisen toiminnan näkökulmasta globalisaatio luo uusia mahdollisuuksia entistä tiiviimmälle ja monimuotoisemmalle kansainväliselle yhteistyölle. Tämä voi merkittävästi parantaa esimerkiksi mahdollisuuksia tuottaa ja jakaa uutta tieteellistä tietoa, tavoittaa uusia tieteellisiä läpimurtoja, kehittää tiedon sovellusmahdollisuuksia, ja tämän myötä edistää laaja-alaisesti yhteiskunnallista hyvinvointia.

Tavaroiden ja palvelujen tuotanto on muuttunut jatkuvasti yhä tieto- ja osaamisintensiivisemmäksi. Tuotanto on toisaalta tutkimusintensiivistä perustuen tieteellisen tiedon tehokkaampaan soveltamiseen ja käyttöön sekä toisaalta teknologiaintensiivistä perustuen uuden teknologian laajaan hyödyntämiseen ja monimutkaisten tuotantoprosessien tietoperustan hallintaan ja kehittämiseen. Tutkimus, teknologia, innovaatiot ja erityisesti niiden väliset suhteet ovat tämän myötä saaneet uusia poliittis-taloudellisia merkityksiä ja painotuksia. Tieto ja innovaatiokyky ovat nykyisin niin kotimaisen kuin kansainvälisenkin keskustelun polttopisteessä. Ne ovat globaalin kilpailun avaintekijöitä, joiden rakentamiseen pyritään useilla politiikan lohkoilla. Suomessa haasteisiin vastattiin 1990-luvun puolivälissä alkaneella kansallisella kehittämisstrategialla ("tiedon ja osaamisen Suomi"), jolla on edistetty uudelle talouden kasvu-uralle pääsemistä, työllisyyden kasvua ja hyvinvointia. Strategian ytimessä on muun muassa valtion tiede- ja teknologianeuvoston katsauksissaan esittelemä kansallinen innovaatiojärjestelmä -näkökulma sekä tämän järjestelmän kehittämiseen liittyvät poliittiset toimenpiteet. Näkökulmassa korostetaan, että innovaatioiden aikaansaaminen riippuu niin tieteellisestä tutkimuksesta ja teknologisesta kehityksestä kuin myös innovaatiojärjestelmään kuuluvien organisaatioiden kyvystä asettaa yhteisiä tavoitteita sekä tehdä toisiansa tukevaa, täydentävää ja palvelevaa yhteistyötä.

### 1.1 Tieteellinen tutkimus ja yliopistot kansallisessa innovaatiojärjestelmässä

Valtioiden ja niiden harjoittaman politiikan – ja tämän myötä myös tiedepolitiikan – rooli on muuttunut viime vuosina merkittävästi. Nykyisin tutkimustoiminnan tuloksellisuutta tai vaikuttavuutta pyritään seuraamaan ja analysoimaan tarkemmin kuin aiemmin. Julkisen sektorin uusi rooli näkyy myös siinä, että poliittisilla toimilla pyritään edistämään innovaatiojärjestelmän eri organisaatioiden monenkeskistä yhteistyötä. Huomiota on kiinnitetty muun muassa tiedon ja teknologian laajan leviämisen, käyttöönoton sekä soveltamisen esteisiin, jotka vähentävät niin kotimaisen kuin ulkomaillakin tehdyn tutkimuksen tehokasta hyödyntämistä. Lisäksi kansallisen politiikan hahmottelussa ja päätöksenteossa otetaan entistä enemmän huomioon tutkimuksen kansainväliset kehityssuunnat sekä reagoidaan niihin uusien toimenpiteiden avulla.

Tiedepolitiikan painoarvo ja sen suhde teknologiapolitiikkaan ja kansalliseen innovaatiojärjestelmään määritellään käytännössä valtion tiede- ja teknologianeuvostossa. Neuvosto tarkastelee asioita kokonaisvaltaisesti. Pyrkimyksenä on nähdä politiikan lohkot vuorovaikutteisina sekä osina laajempaa kokonaisuutta. Vuonna 1996 ilmesty-

neessä *Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* -selvityksessä asetettiin innovaatiojärjestelmän – ja tämän myötä osittain myös tiedepolitiikan – kehittämisen päätavoitteiksi: 1) 1990-luvun alussa määrätietoisesti aloitetun innovaatiojärjestelmän laaja-alaisen kehittämisen jatkaminen; 2) yhteistyön lisääminen järjestelmän osien ja politiikan sektoreiden välillä; 3) tutkimusjärjestelmän, tutkimusympäristöjen ja koulutuksen kehittäminen; 4) kansainvälisen yhteistyön syventäminen; 5) tiedon ja osaamisen hyödyntämisen tehostaminen toimenpitein, jotka palvelevat niin yrityksiä, yksilöitä (henkilökohtaisten valmiuksien paraneminen) kuin koko yhteiskuntaakin; 6) tutkimusrahoituksen lisääminen siten, että tutkimusintensiiteetti (tutkimusmenojen osuus bruttokansantuotteesta) vuonna 1999 on 2,9 prosenttia.

Tutkimusmenojen nopean kasvun kannalta keskeisessä asemassa oli Suomen hallituksen päätös vuonna 1996 lisätä valtion tutkimusrahoituksen tasoa vuoteen 1999 mennessä 1,5 miljardilla markalla. Tavoitteena oli tehostaa tutkimusjärjestelmää erityisesti talouden, yritystoiminnan ja työllisyyden hyväksi. Tiedepoliittisesti keskeistä päätöksessä oli se, että tavoitteena oli myös korkeatasoisen tieteellisen työn vahvistaminen erityisesti tekniikan, luonnontieteiden ja tietointensiivisen yritystoiminnan kannalta tärkeillä tieteenaloilla. Vaikka painotus oli selvästi soveltavassa tutkimuksessa ja tuotekehityksessä, saivat yliopistot kuitenkin suoraan tai Suomen Akatemian kautta lisärahoituksesta lähes 40 prosenttia. Tavoite tutkimusintensiiteetin kasvusta toteutui, joten tässä suhteessa kansallinen hanke saada Suomi tutkimustoiminnan panostuksessa kansainväliseen kärkijoukkoon onnistui.

Innovaatiojärjestelmän yleisistä päämääristä vallitsee Suomessa laaja yksimielisyys. Tiedon ja osaamisen katsotaan olevan taloudellisen kasvun, työllisyyden ja sosiaalisen hyvinvoinnin avaintekijöitä sekä mahdollistavan paremman toimentulon ja henkisen kasvun. Siksi tiedon ja osaamisen kehitystä samoin kuin hyödyntämistä pyritään edistämään mahdollisimman laaja-alaisesti ja tehokkaasti. Julkinen keskustelu innovaatiojärjestelmän tarkemmista tavoitteista ja poliittisista päämääristä on ollut kuitenkin usein kaksijakoista: innovaatiojärjestelmää on tapauskohtaisesti pidetty joko käyttökelpoisena tiede- ja teknologiapolitiikan kehittämisen näkökulmana tai teknologiaretoriikan ja kaapea-alaisen tiedekäsityksen ilmentymänä.

Tutkimuksesta ja yliopistojen roolista käyty keskustelu kytkeytyy tiedepolitiikan linjauksiin, kehittämiseen ja ongelmiin. Samassa yhteydessä nousee esiin usein myös pohdinta siitä, miten innovaatiojärjestelmän osajärjestelmien, kuten yliopistojen, omaleimaisuus ja identiteetti kyetään pitkällä tähtäimellä säilyttämään, kun sateenvarjomaisten käsitteistön kautta pyritään hiomaan “innovaatiokoneistoa” kokonaisuutena. Ongelmaksi voi muodostua se, että osajärjestelmien tavoitteet, jotka eivät suoraan tai ensisijaisesti tue koko järjestelmän lopputavoitetta, innovaatioita, menettävät asemaansa ja merkitystään.

Tiedepolitiikkaa pitäisikin lähestyä kolmesta näkökulmasta: ensinnäkin sitä olisi kehitettävä erillisenä politiikkasektorina, toiseksi yhdessä teknologiapolitiikan kanssa, jolloin haetaan luontevaa vuoropuhelua, ja kolmanneksi osana innovaatiojärjestelmää ja sen kokonaisvaltaista näkökulmaa. Täten esimerkiksi tiede- ja teknologiapolitiikkaa pitäisi kehittää silloin, kun kysymyksessä ovat yhteiset intressit, keskinäinen yhteistyö tai työnjaosta päättäminen. Samalla syntyisi luonteva mahdollisuus rakentaa tieteelli-

## Sisällys

sen relevanssin sekä teollisen – ja laajemmassa merkityksessä yhteiskunnallisen – relevanssin välistä tasapainoa. Innovaatiojärjestelmän näkökulmasta tämä kuitenkin tarkoittaa, että järjestelmää kehitettäessä olisi jäätävä riittävästi mahdollisuuksia tiedepolitiikan ja tutkimusjärjestelmän omaehtoiselle kehittämiselle sekä niiden sisäisten päämäärien toteutumiseksi. Jos niille ei jää tilaa, tiedepolitiikan ja samalla innovaatiojärjestelmän laaja-alaisessa kehittämisessä voi ilmetä jännitteitä, jotka johtavat epäedullisiin poliittisiin kilpailutilanteisiin.

### 1.2 Tutkimuksen voimavarojen muutokset 1990-luvulla

Tutkimuksen toimintaympäristön muutokset ovat Suomessa olleet 1990-luvulla muutamain poikkeuksin varsin samankaltaisia kuin muiden läntisten teollistuneiden maiden. OECD:n selvitysten mukaan yliopistoihin viime vuosina vaikuttaneita päätrendejä ovat olleet muun muassa: 1) julkisen tutkimusrahoituksen suhteellinen väheneminen; 2) julkisen rahoituksen luonteen ja jakoperusteiden muutos; 3) innovaatiojärjestelmän sisäisen integraation tiivistyminen ja organisaatioiden keskinäisen yhteistyön lisääntyminen; 4) yliopistojen rakenteellisen ja toiminnallisen uudistumisen jatkuminen; 5) yliopistojen sisäisen ja keskinäisen yhteistyön lisääntyminen; 6) tutkimustoiminnan kansainvälistymisen lisääntyminen; 7) kasvanut huoli tutkijakunnan riittävästä määrästä ja laadusta.

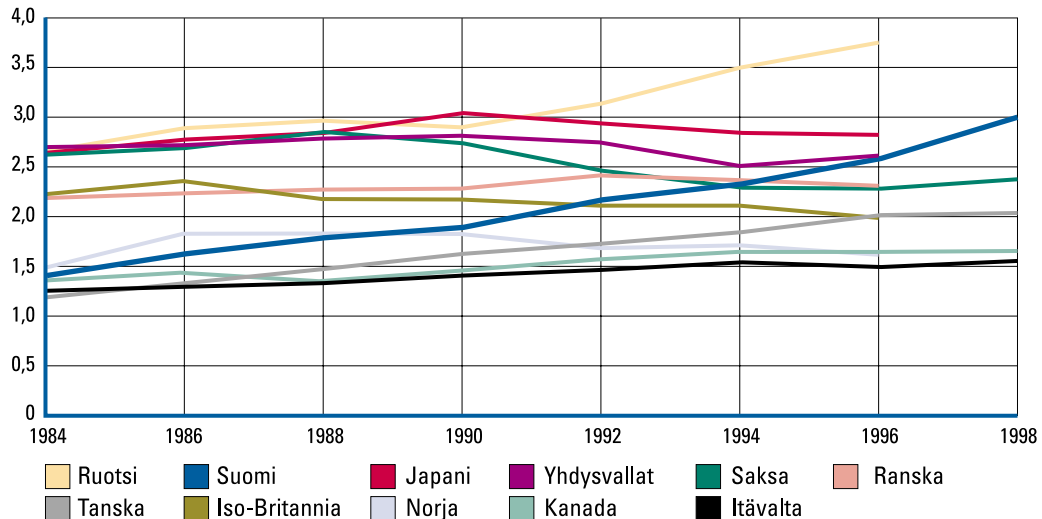
Tutkimuksen resurssoinnin trendit ovat vaihdelleet eri maissa huomattavasti parin viime vuosikymmenen aikana (ks. kuvio 1.1). Vielä 1980-luvulla tutkimusrahoituksen määrä ja tutkimusintensiivisyys kehittyivät OECD-maissa myönteisesti. 1990-luvun alkupuolella kasvu alkoi kuitenkin taittua ja maiden kehitystrendit poiketa enemmän toisistaan. Suomen kehitys on ollut moniin suuriin teollisuusmaihin, kuten Yhdysvaltoihin, Japaniin, Isoon-Britanniaan ja Ranskaan, verrattuna päinvastainen: tutkimusintensiivisyys on kasvanut Suomessa 1990-luvulla Irlannin ja Etelä-Korean ohella OECD-maista nopeimmin. Vuonna 1997<sup>2</sup> Suomen tutkimusintensiivisyys oli 2,7 prosenttia, kun OECD-maiden keskiarvo oli samaan aikaan 2,2 prosenttia ja EU-maiden 1,8 prosenttia. Edellämme olivat vuonna 1997 vain Ruotsi, Japani, Etelä-Korea ja Sveitsi. Vuonna 1999 Suomen tutkimusintensiivisyys oli Tilastokeskuksen arvion mukaan noin 3,1 prosenttia. Tämä olisi toteutuessaan Ruotsin jälkeen korkein maailmassa.

Vuonna 1991 yliopistojen osuus kaikista tutkimusmenoista oli Suomessa 22,1 prosenttia eli kansainvälistä keskitasoa. Vuonna 1997 yliopistojen osuus oli laskenut 17,7 prosenttiin<sup>3</sup>. OECD-maista yliopistojen osuus oli matalampi vain Japanissa (14,3 %), Yhdysvalloissa (14,4 %) ja Ranskassa (17,2 %). Yliopistojen tutkimusmenojen osuus kaikista tutkimusmenoista vaihtelee OECD-maissa pääasiassa 15–30 prosentin välillä. Useimmissa maissa yliopistojen osuus kasvoi tasaisesti 1980-luvulla, mutta tämän jälkeen se on lähinnä pysynyt paikallaan tai laskenut. Yliopistojen huoli innovaatio- ja

2 Uusimmat kattavat OECD-maiden vertailutiedot ovat vuodelta 1997. Siksi tarkastelu ei ulotu lähemmäksi nykyhetkeä.

3 Jos yliopistojen menojen lisäksi mukaan lasketaan myös yliopistosairaalat, on osuus 20 prosenttia. Tilastokeskus on laskenut sairaalat mukaan ensimmäistä kertaa vuotta 1997 koskeissa tilastoissa. Yliopistosektorin erittäin nopeasti kasvaneet tutkimusmenot vuosina 1995–1997 selittyvät suureksi osaksi tästä tilastojen rakentamistavan muutoksesta. Vuonna 1998 yliopistojen (ilman yliopistosairaaloita) osuus kaikista tutkimusmenoista laski 17,2 prosenttiin ja ennakoarvioiden mukaan vuonna 1999 edelleen noin 16 prosenttiin.

■ Kuvio 1.1. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan menojen osuus bruttokansantuotteesta (%) eräissä OECD-maissa vuosina 1984–1998.



Lähde: OECD, *Main Science and Technology Indicators*.

tutkimusjärjestelmien tasapainosta onkin kasvanut Suomessa, mutta myös muissa maissa, kuten Isossa-Britanniassa, Alankomaissa ja Saksassa. Yliopistotutkimuksen kokonaismenojen kehitystä tarkasteltaessa havaitaan, että ne ovat kasvaneet vuosina 1991–1997 eniten pienissä ja tutkimusintensiteetin suhteen kärkimaita selvästi jäljessä olevissa maissa, kuten Kreikassa (keskimäärin 15 % vuodessa) ja Irlannissa (13 %). Suomessa yliopistojen tutkimusmenot kasvoivat vuosina 1991–1997 keskimäärin 6,4 prosenttia vuodessa, mikä oli OECD-maiden hyvää keskitasoa.

OECD on vuonna 1999 ilmestyneessä *The Management of Science Systems* -raportissaan todennut tulevaisuudessa olevan erittäin tärkeää, että yliopistojen julkinen rahoitus kasvaa tai pysyy ainakin reaalisesti nykyisellä tasolla. 1990-luvun loppupuolta koskevien tietojen perusteella mallimaina tässä asiassa ovat Tanska, Islanti, Japani ja Suomi. Suomen menestymiseen tässä analyysissä todennäköisesti vaikutti merkittävästi valtion tutkimuksen lisärahoitusohjelman toteuttaminen ja yliopistojen ulkopuolisen rahoituksen nopea kasvu. OECD kiinnitti suosituksissaan samalla huomiota yliopistojen perusrahoituksen<sup>4</sup> ja tilaustutkimuksen väliseen tasapainoon. Tutkimustoiminnan vakaan kehityksen tukemiseksi pitäisi noin 70 prosenttia yliopistojen tutkimusrahoituksesta olla varmaa perusrahoitusta ja loput ulkopuolista, esimerkiksi tilaustutkimustoiminnasta tulevaa rahoitusta. OECD-maista vain kahdeksan (mm. Saksa, Itävalta, Sveitsi ja Alankomaat) täytti suosituksen ohjearvon (tutkimusmenoilla mitattuna). Suomessa budjettirahoituksen osuus yliopistojen tutkimusmenoista oli vuonna 1991 noin 67 ja vuonna 1998 enää 54 prosenttia.

Kansainvälisesti tarkasteltuna tutkimuksen kokonaisrahoituksen kehitys on Suomessa ollut ainakin määrällisesti varsin hyvä. Yliopistojen tutkimusmenojen kehitys on ollut

<sup>4</sup> OECD on käyttänyt raportissaan tutkimusrahoituksesta puhuttaessa termejä *sure, core, precarious* ja *contract-based*, joista kahta ensimmäistä voidaan lähinnä pitää synonyymeinä yliopistojen budjettirahoitukselle.

## Sisällys

puolestaan tyydyttävä, edustaen lähinnä OECD-maiden keskitasoa<sup>5</sup>. Valtion tutkimusrahoituksen lisäämistöimiä lukuun ottamatta Suomi on lähentynyt tiede- ja teknologiapolitiikan linjanvedoissa suuria tutkimusintensiivisiä OECD-maita. Suomalaisen tutkimustoiminnan yhdenmukaistumiseen OECD-maiden kanssa on vaikuttanut merkittävästi se, että suomalainen tutkimus on integroitunut kansainväliseen tutkimusjärjestelmään varsin kiinteästi viime 15 vuoden aikana. Suomi on nykyisin tiiviisti mukana useissa kansainvälisissä tutkimusorganisaatioissa (esim. ESA, EMBL, CERN) ja EU:n tutkimusohjelmissa. Lisäksi tutkijoiden vierailut ulkomaille ovat lisääntyneet ja uusia tutkijanvaihtosopimuksia on solmittu.

Yliopistojen on nykyisin pyrittävä kehittämään itseään osana tutkimusjärjestelmää, osana julkisen sektorin kehittämistä ja osana kansallista innovaatiojärjestelmää. Nämä kehittämisen osa-alueet ovat osittain päällekkäisiä ja toisiaan tukevia, mutta myös vaikeasti yhteen sovittavia. Kysymys on ollut lähinnä yliopistojen ja tutkimusjärjestelmän ulkopuolisen ohjauksen sekä tieteen sisäisten arvojen ja tavoitteenasettelujen ristiriidasta. Yliopistojen omaa päätösvaltaa – autonomiaa – on pyritty lisäämään tavalla, joka palvelisi mahdollisimman hyvin tutkimuksen ja koulutuksen kehittämistä. Autonomian lisääntyminen ei 1990-luvulla kuitenkaan auttanut yliopistoja täysipainoisesti kehittämään tieteellistä toimintaansa, koska samaan aikaan esimerkiksi budjettirahoitus väheni sekä määrällisesti että suhteellisesti (budjettirahoituksen osuus tutkimuksen kokonaismenoista). Onkin korostettava, että yliopistojen toimintaedellytysten paraneminen on pitkälti yhteydessä juuri budjettirahoituksen määrään ja sen vakauteen.

Raportin seuraavissa luvuissa tarkastellaan tutkimusjärjestelmässä 1990-luvulla tapahtuneita rakenteellisia ja toiminnallisia muutoksia sekä niistä käytyä tiedepoliittista keskustelua. Esimerkiksi yliopistojen laitoksia ja tiedekuntia on lakkautettu ja yhdistetty sekä perustettu monitieteisiä tutkimusyksiköitä ja tiedepuistomaisia tutkimuskeskuksia. Tiedepoliittisia uudistuksia ovat olleet tutkimuksen huippuyksikköjärjestelmän ja tutkijakoulujärjestelmän perustaminen, suurten tutkimusohjelmien toteuttamista tukeva toiminta, tutkijanuran kehittäminen sekä tutkimusrahoituksen rakenteiden ja jakoperusteiden muutokset. Yliopistoissa on suhtauduttu uudistuksiin paikoin kriittisestikin. Toimet ovat silti parantaneet tutkimustoiminnan organisatorisia järjestelyjä ja tehokkuutta sekä tukeneet luovien tutkimusympäristöjen syntymistä, mitä on itsessään pidetty myönteisenä kehityksenä kaikissa yliopistoissa. Uudistusten pitkän aikavälin vaikutuksia tutkimusjärjestelmän kehitykseen ja eri alojen tutkimusedellytyksiin on vielä kuitenkin vaikea tarkasti arvioida.

---

5 Viimeisimmät kattavat OECD-maiden vertailutiedot ovat vuodelta 1997. On korostettava, että tämän jälkeen yliopistojen tutkimusrahoitus on kasvanut Suomessa varsin suotuisasti. Esimerkiksi vuonna 1998 yliopistojen tutkimusmenot olivat Suomessa reaalisesti 11 prosenttia suuremmat kuin vuotta aiemmin. Jos käytettävissä olisi uudempiä kansainvälisesti vertailukelpoisia lukuja, yliopistojen tutkimusmenojen kasvu olisi Suomessa muihin OECD-maihin verrattuna todennäköisesti jo varsin hyvää tasoa.

## 2 Tutkimusrahoitus tiede- ja innovaatiopolitiikan välineenä

Riittävä ja oikein suunnattu rahoitus on toimivan tutkimusjärjestelmän edellytys. Rahoituksen valikoivalla suuntaamisella turvataan tutkimustoiminnan korkea taso ja vahvistetaan tiede- ja innovaatiojärjestelmän rakenteellista kehittämistä. Suomalaisen innovaatiojärjestelmän kehitystavoitteet 1990-luvun jälkipuoliskolla liittyivät erityisesti järjestelmän laajuuteen, laatuun ja yhteistyösuhteisiin. Tavoitteena on ollut nostaa Suomi tutkimusrahoitukseltaan maailman kärkimaiden joukkoon, varmistaa tutkimusjärjestelmän laadullinen kehitys kilpaillun rahoituksen määrää kasvattamalla ja edistää monin tavoin järjestelmän eri toimijoiden keskinäisten verkostojen syntyä. Kansainvälinen kilpailu eri aloilla ja globalisaatio luovat tarpeen kansallisten innovaatiojärjestelmien jatkuvaan kehittämiseen. Pysähtyminen johtaisi suhteellisen aseman heikkenemiseen.

Suomi ei voi kilpailla kansainvälisesti tiederahoituksensa ja tuotostensa absoluuttisilla määrillä. Tutkimusrahoituksen määrällä mitattuna Suomen tutkimusjärjestelmän koko on alle kaksi prosenttia Yhdysvaltojen tutkimusjärjestelmästä. Valtion tiede- ja teknologianeuvoston tavoitteissa tämä on realistisesti otettu lähtökohdaksi. Julkisen tutkimusrahoituksen tavoitteena on kehittää suomalaista tiede- ja innovaatiojärjestelmää korkealla suhteellisella panostuksella ja rahoituksen huolellisella suuntaamisella. Näiden avulla voidaan parhaiten edistää tutkimuksen laadun kehitystä ja innovaatiojärjestelmän yhteiskunnallista vaikuttavuutta. Kansallisella tiedepolitiikalla voidaan edelleen vaikuttaa merkittävästi tieteellisen toiminnan, kansallisen hyvinvoinnin ja taloudellisen kilpailukyvyn edellytysten muodostumiseen huolimatta tutkimuksen ja innovaatiojärjestelmän lisääntyneestä kansainvälisyydestä.

Suomi on poikennut 1990-luvulla OECD-maiden yleisestä trendistä. Useimpien maiden tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen kasvu on joko kääntynyt laskuun tai pysähtynyt. Talous- ja yhteiskuntapolitiikka on vuosikymmenen alun syvän laman jälkeisinä vuosina nojannut "tiedon ja osaamisen Suomen" strategiaan. Se on näkynyt voimakkaana panostuksena tutkimus- ja kehittämistoimintaan. Julkinen rahoitus tutkimus- ja kehittämistoimintaan on kasvanut vuosien 1995–1999 välisenä aikana noin 5,5 miljardista markasta 7,6 miljardiin markkaan samanaikaisesti, kun valtion kokonaismenoja on leikattu merkittävästi.

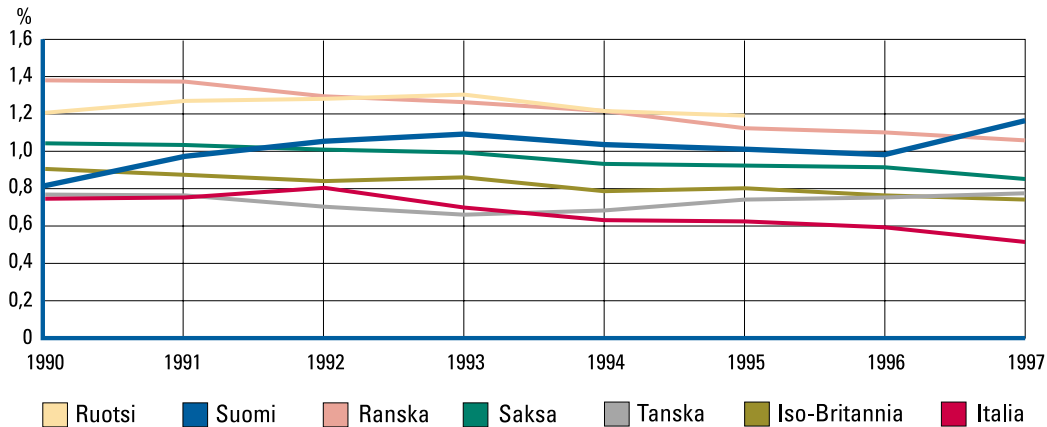
Tutkimusjärjestelmää koskeviksi rahoitustavoitteeksi asetettiin vuonna 1996 tutkimusintensiteetin nostaminen 2,9 prosenttiin bruttokansantuotteesta vuoteen 1999 mennessä. Vuosina 1997–1999 toteutettiin valtion tutkimuksen lisärahoitusohjelma, mikä merkitsi noin 1,5 miljardin markan korotusta vuoden 1997 talousarvioesityksessä esitettyyn tutkimusrahoituksen tasoon. Tutkimusintensiteetin tavoite saavutettiin jo vuonna 1998 ennen suunniteltua ajankohtaa. Tutkimusrahoituksen tavoitetason pikainen saavuttaminen johtui yrityssektorin tutkimus- ja kehittämisinvestointien ennakoitua nopeammasta kasvusta. Merkittävin osa kasvusta syntyi sähkötekniisessä teollisuudessa. Vuosina 1991–1998 kasvoivat nimelliset kokonaistutkimusmenot 10 miljardista 20 miljardiin markkaan. Samana aikana yritysten tutkimusmenot lisääntyivät 5,8 miljardista 15,5 miljardiin markkaan, ja yksistään sähköteknisen teollisuuden 1,5



## Sisällys

miljardista 6,8 miljardiin markkaan. Myös julkiset tutkimusmenot ovat kasvaneet nopeasti ja poikkeuksellisella tavalla, mikä nähdään verrattaessa EU-maiden julkisten tutkimusmenojen osuutta bruttokansantuotteesta (kuvio 2.1).

■ Kuvio 2.1. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan julkinen rahoitusosuus bruttokansantuotteesta eräissä EU-maissa 1990-luvulla (%).



Lähde: Eurostat.

Suomen tiede- ja teknologiapolitiikka on saanut merkittävästi kansainvälistä huomiota. Kansainvälisessä vertailussa Suomen tiede- ja innovaatiojärjestelmä on arvioitu hyvin toimivaksi. OECD:n vuonna 1998 julkaisemassa raportissa tutkimusrahoituksen lisäsohjelmaa on pidetty viimeaikojen merkittävimpänä tiede- ja innovaatiopoliittisena aloitteena OECD-maissa. Suomen tiede- ja tutkimusjärjestelmän perusta on OECD:n arvion mukaan yleisen organisoinnin, rahoituksen sekä tutkijoiden ja teollisuuden yhteistyön osalta esimerkki hyvin toteutetusta tiede- ja innovaatiopoliitikasta. Yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä on pidetty tärkeänä kansallisena vahvuutena kansainvälisiä kilpailukykykyselyksiä tekevän International Institute for Management Development -laitoksen (IMD) vuoden 1999 raportissa. Myös arvostettu tiedelehti *Nature* esitteli vuonna 1998 myönteisesti suomalaisen tieteen rahoituksen ja tiedepoliitikan erityispiirteitä.

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan, millaisin keinoin suomalainen tiedepoliitikka on pyrkinyt vastaamaan haasteisiin, joita tieteen sisäinen kehitys, tiedon kasvava rooli jälkiteollisten yhteiskuntien tuotantoelämässä, globalisoituvaa maailmantaloutta sekä ympäristömuutoksen aiheuttamat maailmanlaajuiset ekologiset ongelmat ovat vuosikymmenen aikana tuottaneet. Suomen itsenäisyyden ajan vaikeimmasta lamasta huolimatta tutkimuksen rahoitus pysyi 1990-luvulla hyvänä sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Suomalaiset luottavat poikkeuksellisen vahvasti tietoon ja osaamiseen tulevaisuuden kansallisina voimavaroina.



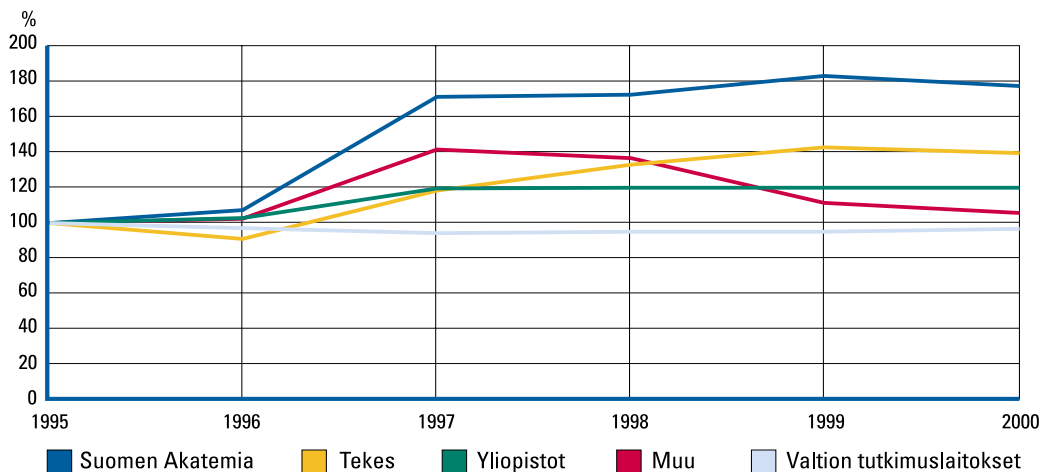
## 2.1 Suomalaisen tiedejärjestelmän kehittäminen

### 2.1.1 Kilpaillun rahoituksen rooli

Tutkimuksen laadun parantamiseen on pyritty lisäämällä kilpaillun rahoituksen osuutta julkisesta tutkimusrahoituksesta. Tämä on toteutettu kanavoimalla entistä suurempi osuus julkisista tutkimusvaroista tutkijoille Suomen Akatemian ja Tekesin kautta. Tutkimusjärjestelmän keskeisistä julkisista toimijoista Suomen Akatemian tutkimusvoimavarat kasvoivat suhteellisesti nopeimmin vuosina 1995–2000. Vuoden 1995 tasoon verrattuna Akatemian rahoitusvolyymi kasvoi vuoteen 2000 mennessä reaalisesti lähes 80 prosenttia (ks. kuvio 2.2). Tekesin rahoitus kasvoi vastaavana aikana noin 40 prosenttia. Markkamääräisesti Tekesin rahoitus lisääntyi 1990-luvun jälkipuoliskolla kuitenkin merkittävästi Akatemian rahoitusta enemmän. Vuonna 1995 Tekesin rahoitus ylitti jo 1,5 miljardia markkaa ja vuonna 2000 rahoituksen taso on yli 2,4 miljardia markkaa. Akatemian budjetin vastaavat volyymit olivat vuosina 1995 ja 2000 noin 460 ja 910 miljoonaa markkaa.

Myös yliopistojen budjettirahoitus kasvoi 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla. Todellista tutkimuksen perusrahoituksen kasvua ei merkittävästi tapahtunut, koska osa yliopistojen budjettirahoituksesta kanavoitui kiinteistömenoihin, joita yliopistojen ei aiemmin tarvinnut kustantaa. Opetusministeriön tutkimusedellytystyöryhmän arvion mukaan yliopistojen kiinteistömenojen budjettirahoitusosuus oli runsas 20 prosenttia vuonna 1997. Kiinteistökustannusten osuus näyttää vakiintuneen tälle tasolle.

■ Kuvio 2.2. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan budjettirahoituksen suhteellinen reaali-muutos vuosina 1995–2000 (%) (indeksi 1995 = 100).



Lähde: Tilastokeskus.

Valtion tutkimuslaitosten budjettirahoitus säilyi 1990-luvun jälkipuolella jokseenkin vakiona (kuvio 2.2). Muiden tutkimusmenojen kasvu vuonna 1997 johtui muuttuneesta tavasta budjetoida yliopistollisten keskussairaaloitten tutkimustoimintaan kohdennettuja erityisvaltionosuuksia, mikä lisäsi tutkimusrahoitusta noin 350 miljoonalla markalla. Muiden tutkimusmenojen pieneneminen vuonna 1999 puolestaan johtui valtion kiinteistölaitoksen muuttumisesta liikelaitokseksi, minkä seurauksena kiinteis-

## Sisällys

tölaitoksen menomomentit poistuivat budjetista. Tämän vuoksi aiemmin erillisinä budjettiin sisältyneet yliopistojen ja tutkimuslaitosten kiinteistöinvestointien menot poistuivat ja yliopistojen ja tutkimuslaitosten oli neuvoteltava tarvittavat varat omaan budjettirahoitukseensa.

Rahoituksen painopisteen siirtäminen yliopistojen ja tutkimuslaitosten perusrahoituksesta Suomen Akatemian ja Tekesin rahoitukseksi on merkinnyt kilpaillun rahan saatavuuden paranemista. Akatemian osalta tämä näkyy sekä rahoitettujen hakemusten määrän että myönnetyn rahoituksen osuuden kasvuna. Vuonna 1995 Akademia myönsi rahoitusta noin 14 prosenttia siltä haetusta määrästä. Vastaava luku vuonna 1999 oli 23 prosenttia. Tekesin osalta vastaavia tietoja ei ole saatavissa, mutta vaikutus on väistämättä ollut samankaltainen ainakin lyhyellä aikavälillä. Kun tutkimusjärjestelmä ehtii reagoida rahoituksen lisäykseen laajenemalla, kilpailu todennäköisesti kiristyy hakupaineen kasvaessa.

### 2.1.2 Kansainvälisen tutkimusyhteistyön kehittäminen

Kansainvälisen tutkimusyhteistyön monipuolinen edistäminen oli yksi keskeisistä tiedejärjestelmän kehittämistavoitteista 1990-luvun jälkipuolella. Tutkimusyhteistyön syventäminen Euroopan unionissa ja Euroopan kansallisten tiedeinstituutioiden kesken ovat olleet tärkeitä yhteistyön kehittämisen alueita. Kahdenvälisen yhteistyön kehittämistä pidettiin tavoiteltavana muun muassa Yhdysvaltojen, Japanin, Venäjän ja kehittyvien Aasian maiden kanssa.

Kansainvälistymisen tavoite on sisään rakennettuna tiedeyhteisön normistoissa ja toimintatavoissa. Tiedejärjestelmän kansainvälisyyttä on vahvistettu uusien yhteistyösopimuksin, osallistumalla kansainvälisiin tutkimusohjelmiin ja edistämällä tutkijoiden kansainvälistä liikkuvuutta. Monilla aloilla tutkijayhteisö on monikansallinen vuorovaikutuksen sekä tieteellisen julkaisutoiminnan tapahtuessa jollakin maailmankielellä. Tutkijoiden kansallinen panos ilmenee tällöin erityisesti tieteen tulosten popularisointina sekä yliopistojen opetuksessa ja yhteiskunnan muiden toimijoiden kanssa tehtävässä yhteistyössä tutkimustulosten hyödyntämiseksi.

#### *Tutkijoiden kansainvälinen liikkuvuus*

Kansainvälisen julkaisu- ja konferenssitoiminnan ohella tutkijoiden työskenteleminen eri maissa on tieteellisen yhteistyön ja tiedonvaihdon muoto kaikilla tutkimuksen aloilla. Kansainvälisten vierailujen vuotuinen kokonaiskesto 1990-luvun jälkipuoliskolla oli yliopistoissa noin 840 henkilötyövuotta. Suomen Akatemian tutkijanvaihdon apurahojen keskimääräisen suuruuden perusteella tämän liikkuvuuden rahallinen arvo oli noin 100–130 miljoonaa markkaa vuodessa. Täsmällistä tietoa tutkijanvaihtoon kohdistetusta rahallisesta panostuksesta ei ole saatavissa, koska se tulee monista eri lähteistä. Esimerkiksi monien yksityisten säätiöiden rooli on merkittävä tällä tutkimustyön alueella.

Suomen Akatemian rahoituksella toteutetaan merkittävä osuus kansainvälisestä tutkijanvaihdosta. Akatemialla oli vuonna 1999 kahdenvälinen yhteistyösopimus 33 eri tiedeorganisaation kanssa 26 maassa. Suomen Akademia teki 1990-luvulla 12 maan

kanssa sopimuksen kahdenvälisestä tutkijanvaihdosta. Sopimuksista yhdeksän oli kokonaan uusia, kolme vanhaa sopimusta uusittiin valtiomuutosten seurauksena. Merkittävämpiä avauksia ovat olleet sopimuksien tekeminen Aasian maiden – Etelä-Korean (1997) ja Taiwanin (1998) – kanssa. Kahdenvälisen kansainvälisen yhteistyön uusia muotoja ovat arviointiyhteistyö ja yhteiset tutkimusohjelmat.

Vuonna 1999 Akatemia käytti kahdenväliseen tutkijanvaihtoon ja tutkijoiden ulkomailta työskentelyn tukemiseen suoraan 29 miljoonaa markkaa, määrä oli sama vuonna 1995. Tämän lisäksi Akatemia rahoittaa tukijoiden liikkuvuutta muiden rahoitusmuotojen kautta. Vuonna 1998 Akatemian rahoittamien hankkeiden toteutuneista menoista oli matkakuluja 37 miljoonaa markkaa, joka ei sisällä henkilöiden matka-ajan palkkusta. Julkisista rahoittajista Kansainvälisen henkilövaihdon keskus (CIMO) rahoittaa myös jonkin verran tutkimusyhteistyöhön liittyvää tutkijoiden liikkuvuutta.

Suomen Akatemian vuoden 1998 huippuyksikköhaun yhteydessä tehdyn selvityksen mukaan Yhdysvallat, Kanada, Kiina, Venäjä, Saksa, Iso-Britannia ja Ruotsi ovat keskeisiä yhteistyömaita. Sen sijaan esimerkiksi Japaniin ei ole kovin laajasti kyetty luomaan tutkijatasoista yhteistyösuhteita. Kansainvälisessä yhteistyössä suomalaisten tutkijoiden liikkuvuus suuntautuu aiempaa useammin Euroopan maihin. Tämän ilmiön yksi selitys on tutkijoiden osallistuminen entistä enemmän Euroopan unionin tutkimusohjelmiin.

### *Suomi Euroopan unionin tutkimusohjelmissä*

Suomen osallistuminen EU:n tutkimusohjelmiin on ollut merkittävin tutkimuksen kansainvälistymiseen vaikuttanut muutos 1990-luvun jälkipuolella. Hanke- ja ohjelma-kohtaisesti Suomi on osallistunut ohjelmiin jo vuodesta 1987 alkaen. Vuonna 1995 toteutuneen EU:n täysjäsenyyden myötä osallistumisesta EU:n tutkimuksen puiteohjelmiin on tullut tiedepolitiikan olennainen osa. Ohjelmien merkitys tutkimusorganisaatioiden ja yritysten yhteistyön kehittämisessä on jatkuvasti lisääntynyt. OECD:n mukaan puiteohjelmat ovat onnistuneet luomaan hyvin yhteistyötä tutkimussektorin ja teollisuuden välille; ne ovat synnyttäneet jo 150 000 erilaista sidosta tutkimussektorin ja teollisuuden välille Euroopan eri maissa. Euroopan yliopistot ovat hyötynet tästä kehityksestä enemmän kuin julkiset tutkimuslaitokset.

Valtion suoran budjettirahoituksen niukkeneminen yliopistoille ja tutkimuslaitoksille on ollut yleinen kehitystrendi OECD-maissa. Tämä on merkinnyt ulkopuolisten rahoituslähteiden painoarvon vastaavaa kasvua. EU-rahoitus on yksi merkittävä lähde muiden joukossa. Suuresta volyyymistä johtuen se tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia niille tutkimusryhmille, joiden alaan kuuluvaa tutkimusta puiteohjelmissä rahoitetaan. Mahdollisuuksien kääntöpuolena on yliopiston tai tutkimuslaitoksen tutkimusvoimavarojen sitominen EU:n hankkeisiin. Voimakkaasti laajenevassa tiede- ja innovaatiojärjestelmässä – kuten Suomessa – eivät tällaiset ongelmat muodostune kovin suuriksi.

Suomen laskennallinen maksuosuus neljänteen puiteohjelmaan oli 185 miljoonaa ecua. Vastaavasti suomalaiset ovat saaneet vuosina 1995–1998<sup>1</sup> rahoitusta hankkei-

<sup>1</sup> Vuosien 1995–1998 tiedot on saatu Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa tehdystä selvityksestä (ks. Niskanen ym. 1998). Vuoden 1998 rahoitustiedot ovat puutteelliset. Varsinkaan kyseisen vuoden lopulla saadusta rahoituksesta ei ole saatavilla tilastotietoja tai virallisia arvioita.

## Sisällys

siinsa yli 200 miljoonaa ecua eli hieman enemmän kuin Suomi on EU:lle maksanut. Valtaosa rahoitetuista hankkeista on ollut ns. yhteisrahoitteisia hankkeita, joiden kokonaisvolyymin EU rahoittaa enimmillään 50 prosenttia. Tämän perusteella voi arvioida, että EU-hankkeisiin on samana aikana sidottu maksuosuuden lisäksi vähintään 1,1 miljardia markkaa eli runsaat 250 miljoonaa markkaa vuosittain. Kokonaisuutena EU-tutkimusohjelmien kustannukset ovat neljännen puiteohjelman aikana siis olleet noin 500 miljoonaa markkaa vuodessa.

Puiteohjelmärahoituksen lisäksi Suomi on saanut tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoitusta EU:n rakennerahastoista. Vuonna 1999 rakennerahastoista saatiin arviolta 80 miljoonaa markkaa tutkimus- ja kehittämistoimintaan. EU-tutkimuksen menojen osuus julkisista tutkimusmenoista on vuositasolla pysynyt alle 10 prosentin.

### *Toiminta kansainvälisissä tiedejärjestöissä*

Kansainvälistä tieteellistä yhteistyötä on edistetty myös osallistumalla joidenkin kansainvälisten tutkimusorganisaatioiden toimintaan. Kalliita perusinvestointeja ja suuria infrastruktuureja vaativilla aloilla osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön on edellytys tutkimustoiminnan harjoittamiselle. Jäsenmaksut muodostavat merkittävän osan kansainvälisen yhteistyön rahoituksesta.

Merkittävimmät rahoituskohteet ovat Euroopan hiukkastutkimuskeskuksen (CERN) sekä Euroopan avaruusjärjestön (ESA) jäsenmaksut. Näihin kohdistettiin vuonna 1995 yhteensä noin 52 miljoonaa markkaa. Lisäksi Tekes rahoitti ESA:n tutkimusohjelmiin osallistumista yhteensä 86 miljoonalla markalla vuonna 1995, josta Suomeen palautui tilauksina yli 50 miljoonaa markkaa. Vuonna 1999 näihin jäsenmaksuihin kohdistettiin 60 miljoonaa markkaa ja Tekes rahoitti ESA:n ohjelmiin osallistumista 55 miljoonalla markalla. Euroopan molekyylibiologian laboratorion (EMBL) ja Euroopan molekyylibiologian konferenssin (EMBC) rahoitukseen osoitettiin vastaavasti 5,6 miljoonaa markkaa vuonna 1995 ja 3,7 miljoonaa markkaa vuonna 1999. Muita kansainvälisen tieteellisen yhteistyön jäsenmaksuja Akatemia maksaa noin 10 miljoonaa markkaa vuosittain. Kaikkien edellä mainittujen kansainvälisten järjestöjen menoihin kohdistettiin rahoitusta noin 150 miljoonaa markkaa vuonna 1995 ja 120 miljoonaa markkaa vuonna 1999. Järjestöjen kautta toteutuvaan yhteistyöhön on siis kohdennettu jokseenkin samansuuruinen rahoitusvolyyymi kuin tutkijoiden kansainväliseen liikkuvuuteen.

## 2.1.3 Luovien tutkimusympäristöjen kehittäminen

### *Huippuyksikköpolitiikka*

Tiedepolitiikan yleisenä tavoitteena on nostaa Suomen tieteen tavoite- ja laatutasoa sekä parantaa sen kansainvälistä kilpailukykyä, näkyvyyttä ja arvostusta. Monessa maassa on julkista tutkimusrahoitusta suunnattu huippuyksikköpolitiikkaan. Huippuyksiköiden tutkimusryhmät ovat yhä useammin monitieteisiä ja voivat sijaita eri paikoissa sekä toimia virtuaalisesti sateenvarjo-organisaation tapaan. Valtion tiede- ja teknologianeuvoston tavoitteiden mukaisesti vuonna 1997 alkaneen tutkimuksen lisärahoitusohjelman yksi suuntaamiskohde Suomen Akatemian osalta on ollut tutkimuk-

sen huippuyksikköjen vahvistaminen ja uusien luominen. Huippuyksikköpolitiikan avulla pyritään kehittämään luovia tutkimusympäristöjä. Huippuyksikköpolitiikalla on oletettavasti hyvin kauaskantoiset vaikutukset ensisijaisesti tutkimuksen tieteellisen tason nostamiseen, mutta myös perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen lähentämiseen sekä uusiin, pitkällä aikavälillä kaupallisesti ja yhteiskunnallisesti hyödynnettäviin innovaatioihin.

Opetusministeriö otti vuoden 1994 talousarvioesityksessä tuloksellisuusrahan jaossa yhdeksi perusteeksi huippuyksiköt. Suomen Akatemialta pyydettiin esitykset tutkimuksen huippuyksiköiksi. Esitysten perusteella opetusministeriö antoi 12 tutkimusorganisaatiolle huippuyksikön aseman (”statuksen”) vuosille 1995–1996 ja jatkokauden vuosille 1997–1999 (taulukko 2.1). Lisäksi opetusministeriö nimesi Akatemian ehdotuksen perusteella vuonna 1996 viisi uutta huippuyksikköä, jotka aloittivat kolmivuotiskautensa vuoden 1997 alussa. Yliopistoille jaettiin vuosina 1995–1999 tuloksellisuusrahaa tutkimuksen huippuyksiköiden perusteella vuosittain 38–48 miljoonaa markkaa. Huippuyksiköt olivat hyvin eri kokoisia. Joukossa oli kolme varsin suurta solu- ja molekyylibiologista tutkimusta tekevää sateenvarjo-organisaatiota. Toisaalta, pienimmässä huippuyksikössä työskenteli 12 henkilöä. Vuonna 1996 Suomen Akatemian osuus huippuyksiköiden kokonaisrahoituksesta oli keskimäärin neljäsosa (osuus vaihteli 10–45 prosentin välillä).

Huippuyksiköille annettiin aluksi asema, mutta ei erillistä rahoitusta. Niiden Akatemialta saaman kilpaillun rahoituksen määrä on kuitenkin ollut huomattava. Suomen Akatemia myönsi ensimmäisen kerran erityisesti huippuyksiköille tarkoitettua rahoitusta 44 tutkijatohtorin palkkaamiseen vuonna 1997. Tutkimuksen lisärahoitusohjelmasta Akatemia suuntasi huippuyksiköille rahoitusta yhteensä 51 miljoonaa markkaa. Vuonna 1995 aloittaneet 12 huippuyksikköä saivat 18 miljoonaa markkaa vuodelle 1998 ja väliarvioinnin jälkeen 18 miljoonaa markkaa vuodelle 1999. Vuonna 1997 aloittaneet viisi huippuyksikköä saivat yhteensä 15 miljoonaa markkaa vuosille 1998–1999.

Vuonna 1997 valmistuneen kansallisen tutkimuksen huippuyksikköstrategian valmisteluun osallistuivat opetusministeriö, Suomen Akatemia, Tekes ja elinkeinoelämä sekä yliopistojen ja tutkijakunnan edustajat. Huippuyksiköiksi (aiesuunnitelmat) haki kaikkiaan 166 tutkimusyksikköä ja näistä kansainväliseen arviointiprosessiin valittiin 51 yksikköä. Vuoden 1998 lopussa Suomen Akatemia valitsi 26 yksikköä huippuyksikköohjelmaan vuosille 2000–2005 (taulukko 2.1). Osa vuosien 1995–1999 huippuyksiköistä jatkoi uudessa ohjelmassa, joskin useimmassa tapauksessa muuttuneella ryhmäkoonpanolla ja suunnitelmalla.

Huippuyksiköiksi valittiin yhdestä tai useasta korkeatasoisesta tutkimusryhmästä muodostuvia tutkimus- ja tutkijankoulutusyksiköitä, joilla on selkeät yhteiset tutkimukselliset päämäärät, ja jotka ovat omalla alallaan kansainvälisessä kärjessä tai joilla on mahdollisuudet päästä sinne. Valitut huippuyksiköt toimivat yliopistoissa ja kahdessa tutkimuslaitoksessa. Yksiköt ovat eri kokoisia. Niissä on henkilöstöä keskimäärin 53 (vaihteluväli 13–108 henkilöä), joista naisia keskimäärin 44 prosenttia (vaihteluväli 4–74 %). Tutkimushenkilöstöä on keskimäärin 50 (vaihteluväli 16–113 henkilöä). Näistä ohjaajia on keskimäärin 50 prosenttia (vaihteluväli 31–93 %) ja loput jatko-opiskelijoita.

## Sisällys

### ■ Taulukko 2.1. Tutkimuksen huippuyksiköt vuosina 1995–1999, 1997–1999 ja 2000–2005.

<b>Huippuyksiköt 1995–1999</b>
Biocenter Oulu: University of Oulu
Cognitive Brain Research Unit: University of Helsinki
Hereditary Disorders Research Unit: University of Helsinki
Laboratories of Compound Semiconductor Technology and Surface Science: Tampere University of Technology
Low temperature Laboratory: Helsinki University of Technology
Multilingual Language Technology Unit: University of Helsinki
Neural Networks Research Centre: Helsinki University of Technology
Research Team for Biblical Exegetics: University of Helsinki & Åbo Akademi University
Research Team for Ecology and Animal Systematics: University of Turku
Research Team Investigating Climatic Change, its Silvicultural and Economic Implication in Forestry: University of Joensuu
Research Unit on Economic Structures and Growth: University of Helsinki
Turku Centre for Computer Science: University of Turku, Åbo Akademi University & Turku School of Economics and Business Administration
<b>Huippuyksiköt 1997–1999</b>
Biocentrum Helsinki: University of Helsinki
BioCity-Turku: University of Turku & Åbo Akademi University
Department of Ecology and Systematics, Division of Population Biology: University of Helsinki
Digital Media Institute: Tampere University of Technology
Human Development and its Risk Factors Programme: University of Jyväskylä
<b>Huippuyksiköt 2000–2005</b>
Ancient and Medieval Greek Documents, Archives and Libraries: University of Helsinki
Cell Surface Receptors in Inflammation and Malignancies: University of Turku
Center for Activity Theory and Developmental Work Research: University of Helsinki
Center of Excellence in Disease Genetics: University of Helsinki, National Public Health Institute & Folkhälsan
Computational Condensed-Matter and Complex Materials Research Group (COMP): Helsinki University of Technology
Evolutionary Ecology: University of Jyväskylä
Formation of Early Jewish and Christian Ideology: University of Helsinki & Åbo Akademi University
Human Development and Its Risk Factors: University of Jyväskylä
Institute of Hydraulics and Automation (IHA): Tampere University of Technology
Low Temperature Laboratory: Helsinki University of Technology
Metapopulation Research Group: University of Helsinki
Molecular Biology and Pathology of Collagens and Enzymes of Collagen Biosynthesis: University of Oulu
New Information Processing Principles: Helsinki University of Technology
Nuclear and Condensed Matter Programme at JYFL: University of Jyväskylä
Plant Molecular Biology and Forest Biotechnology Research Unit: University of Helsinki
Program in Cancer Biology, Growth Control and Angiogenesis: University of Helsinki
Program on Structural Virology: University of Helsinki
Programme of Molecular Neurobiology: University of Helsinki
Research Centre for Computational Science and Engineering: Helsinki University of Technology
Research Unit for Forest and Ecology Management: University of Joensuu
Research Unit for Variation and Change in English: University of Helsinki
Signal Processing Algorithm Group (SPAG): Tampere University of Technology
Structures and Catalytic Mechanisms of Membrane Proteins: University of Helsinki
Tissue Engineering and Medical, Dental and Veterinary Biomaterial Research Group (BRG): Tampere University of Technology, University of Helsinki & Helsinki University of Technology
VTT Industrial Biotechnology: Technical Research Centre of Finland
Åbo Akademi Process Chemistry Group (PCG): Åbo Akademi University

Tutkimuksen rahoittajaorganisaatioiden voimavaroja yhdistettiin yhteisten päämäärien saavuttamiseksi. Rahoittajien välinen yhteistyö viimeisteltiin yhteisissä rahoitusneuvotteluissa. Neuvotteluihin osallistuivat huippuyksiköstä riippuen huippuyksikön johto, isäntäorganisaation edustajat, Suomen Akatemian vastaavan toimikunnan puheenjohtaja ja hallintoviraston virkamiehet, Tekesin edustaja ja elinkeinoelämän edustaja. Rahoituspäätökset tehtiin vuoden 1999 keväällä käytyjen neuvottelujen jälkeen.

Suomen Akatemia rahoittaa 26 huippuyksikköä 126 miljoonalla markalla ja Tekes 11 huippuyksiköstä 31 miljoonalla markalla vuosina 2000–2002. Neuvotteluissa sovittiin myös isäntäorganisaatioiden perusrahoituksen ohjaamisesta huippuyksiköille (288 milj. mk). Lisäksi yliopistot päättivät neuvottelujen perusteella kohdentaa opetusministeriöltä saamaansa tuloksellisuusrahoitusta 74 miljoonaa markkaa huippuyksiköille. Yhteensä neuvotteluissa sovittiin noin 519 miljoonan markan sitomisesta huippuyksikköihin vuosille 2000–2002.

Huippuyksiköiden suoran rahoitustuen lisäksi myönnettiin rahoitusta niiden ja muiden korkeatasoisten tutkimusryhmien yhteisten tukitoimintojen rahoitukseen. Seitsemälle tukitoiminto-organisaatiolle sovittiin rahoitusta yhteensä 164 miljoonaa markkaa vuosille 2000–2002. Isäntäorganisaatioiden osuus tästä rahoituksesta on 143 miljoonaa markkaa ja Suomen Akatemian osuus 21 miljoonaa markkaa.

Useimmat huippuyksiköt saavat rahoitusta lisäksi muista lähteistä. EU:n puiteohjelmarahoitus ja muu kansainvälinen rahoitus ovat hyvin merkittäviä useimmille huippuyksiköille. Yli puolet yksiköistä saa opetusministeriön tutkijakoulurahoitusta. Elinkeinoelämä rahoittaa noin neljäsosaa huippuyksiköistä. Säätiöiden rahoitus on merkittävää noin viidesosalle huippuyksiköistä.

### *Tutkimusohjelmat strategisena rahoituskeinona*

Suomen Akatemian tutkimusohjelmat ovat olleet tärkeä väline tiedepoliittisten tavoitteiden saavuttamisessa tieteellisesti ja yhteiskunnallisesti tärkeillä tutkimusaloilla. Tutkimusohjelmia käynnistetään pääasiassa kolmenlaisilla perusteilla. Ensinnäkin tutkimusohjelmien käynnistämisen lähtökohtana ovat tieteenalojen kehityksestä syntyvät uudet aloitteet, joilla pyritään varmistamaan perustutkimuksen uusien lupaavien suuntausten vahvistaminen. Toisen kohteen muodostavat yhteiskunnan tarpeista nousevat tutkimusohjelmat, joita toteutetaan yhteistyössä muiden tutkimusrahoittajien, tutkimuksen hyödyntäjien, yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Kolmantena ohjelmakohteena ovat tieteenalat, joiden tutkimus halutaan nostaa kansainväliselle tasolle. Tutkimusohjelmat ovat monitieteisiä. Niillä pyritään tieteellisen ja tutkimuksellisen lisäarvon tuottamiseen sellaisilla tavoitteilla, joiden toteutumista voidaan jälkikäteen arvioida.

Tutkimusohjelmat ovat määräaikaaisia, yleensä kolmevuotisia, ja niissä pyritään rahoittamaan useamman hankkeen yhdessä muodostamia konsortioita. Aloitteet Akatemian tutkimusohjelmien käynnistämiseksi ovat olleet kahdenalaisia: ns. bottom up -aloitteet, jotka tulevat suoraan tai epäsuoraan yleensä tiedeyhteisön edustajilta sekä ns. top down -aloitteet, jotka lähtevät enimmäkseen yhteiskunnallisen relevanssin lähtökohdista. Tieteellisten toimikuntien rooli aloitteentekijänä uusien tutkimusohjelmien



## Sisällys

käynnistämässä on merkittävä, noin neljä viidesosaa ohjelmaan johtaneista aloitteista on lähtöisin toimikunnilta. Loput aloitteista tulevat muualta, osin Akatemian ulkopuolelta. Nämäkin aloitteet arvioidaan toimikunnissa tieteen lähtökohdista.

Vuodesta 1998 alkaen on strategisen tutkimusrahoituksen uutena muotona tutkimusohjelmien lisäksi käytetty ns. suunnattuja hakuja, jolloin varoja suunnataan tieteellisten toimikuntien erikseen valitsemille tutkimusaloille tai -teemoihin. Suunnattuja hakuja käytetään tutkimusohjelmien sijasta silloin kun strategista tutkimusrahoitusta tarvitsevalle alueella ei ole riittävästi tutkijoita tai tutkimuksellista suorituskykyä tutkimusohjelmaa varten tai kun tutkimusalue on tosiasiallisesti rajautunut vain yhdelle tai kahdelle tieteenalalle. Suunnattua hakua käytetään myös silloin, kun mahdollisesti rahoitettavat hankkeet eivät liity olennaisella tavalla toisiinsa. Suunnatut haut kohdistuvat tarkkaan rajattuihin tutkimuskokonaisuuksiin ja ne ovat valmistelun, sisällön laajuuden ja rahoitusvolyymien sekä hallinnoinnin ja arvioinnin kannalta pienimuotoisemmin toteutettuja kuin tutkimusohjelmat.

Tuorein tutkimusohjelmiin ja suunnattuihin hakuihin liittyvä uudistus on maiden rajat ylittävät rahoitusyhteistyö. Esimerkiksi Kahden puolen Pohjanlahtea / Svenskt i Finland – finskt i Sverige (2000–2003) on kolmivuotinen humanistis-yhteiskuntatieteellinen tutkimusohjelma, joka saa sekä julkista että yksityistä rahoitusta Suomesta ja Ruotsista. Vuonna 2000 Akatemia järjestää nuoruusiän diabeteksen tutkimukseen liittyvän suunnatun haun, jossa muina rahoittajina ovat Juvenile Diabetes Foundation International Yhdysvalloista ja Sigrid Juséliuksen säätiö Suomesta.

Tutkimusrahoituksen lisäysohjelmasta osoitettiin Akatemialle 630 miljoonaa markkaa vuosille 1997–1999. Akatemian saamasta lisärahoituksesta merkittävä osa ohjattiin tutkimusohjelmiin (184 milj. mk eli lähes 30 %). Vuosina 1995–1998 Suomen Akatemialla on ollut vuosittain käynnissä samanaikaisesti 13–18 tutkimusohjelmaa. Vuonna 2000 käynnistyy neljä uutta tutkimusohjelmaa, joihin Suomen Akatemia osoittaa yhteensä 157,5 miljoonaa markkaa.

Suomen Akatemian tavoitteena tutkimusohjelmien rahoittamisessa on ollut pyrkiä aiempaa suurempiin rahoituskokonaisuuksiin muun muassa lisäämällä yhteistyötä muiden rahoittajien kanssa. Tutkimusohjelmien muita rahoittajia ovat pääasiassa olleet Tekes, eri ministeriöt, yleishyödylliset säätiöt ja Työsuojelurahasto. Muut tahot kuin Akatemia ja Tekes ovat yleensä osallistuneet rahoitukseen selvästi pienemmällä mutta silti tärkeällä panostuksella.

Akatemian ja Tekesin välinen yhteistyö tutkimusohjelmien suunnittelussa ja toteuttamisessa lisääntyi merkittävästi 1990-luvun lopussa. Seitsemän vuosina 1995–1999 käynnistyneen yhteisesti toteutetun kolmevuotisen tutkimusohjelman kokonaisrahoitus on noin 600 miljoonaa markkaa. Näiden ohjelmien rahoituksesta oli Suomen Akatemian osuus 50,2 prosenttia ja Tekesin 43,4 prosenttia. Muiden rahoittajien osuus oli yhteensä 6,4 prosenttia. Yksittäisessä tutkimusohjelmassa Tekesin osuus on yleensä vaihdellut noin kolmasosasta puoleen Suomen Akatemian rahoitusosuuteen verrattuna. Kansallisissa klusteriohjelmissä tilanne on toinen. Esimerkiksi Metsäalan tutkimusohjelmakokonaisuudessa (Wood Wisdom 1998–2000) Tekesin osuus (75 milj. mk) on ollut lähes kolme kertaa suurempi kuin Akatemian osoittama rahoitus.



Euroopan unionin tutkimuspolitiikka on organisoitu laajoiksi tutkimuksen puiteohjelmiksi, jotka jakautuvat ns. temaattisiin ja horisontaalisiin tutkimusohjelmiin. EU:n tutkimuksen puiteohjelmat suuntaavat tutkimusta. Unionin tutkimusohjelmien tavoitteena on edistää monipuolisesti alueen taloudellista ja sosiaalista kehitystä. Teknologisen osaamisen ja taloudellisen kilpailukyvyn ohella ohjelmilla pyritään kehittämään jäsenvaltioiden kansalaisten elämän laatua, jäsenvaltioiden välistä koheesiota ja tukemaan EU-politiikkaa. Tutkimus- ja kehittämisohjelmat vahvistavat kansainvälisiä ja kansallisia yhteistyön rakenteita edistämällä tutkimuksen tekijöiden ja hyödyntäjien verkostojen syntymistä. Ohjelmat on tarkoitettu yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten muodostamille yhteistyöryhmille. Yleensä rahoitusta saavilta konsortioilta edellytetään, että ne muodostetaan vähintään kahden eri valtion alueella toimivasta riippumattomasta organisaatiosta.

Suomalaisten tutkijoiden osallistuminen EU:n tutkimusohjelmiin on lisääntynyt selvästi. Tämä näkyy kuvioista 2.3, jossa on tarkasteltu tutkijoiden osallistumisaktiivisuutta eri puiteohjelmiin. Osallistumisaktiivisuus neljännessä puiteohjelmassa oli lähes nelinkertainen edelliseen ohjelmaan verrattuna.

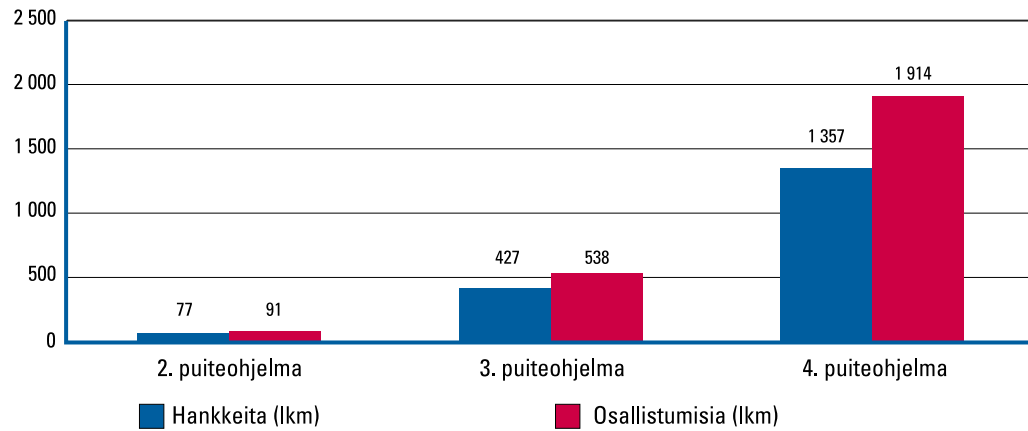
EU-tutkimuksen kansallista tutkimusta suuntaava vaikutus näkyy tarkasteltaessa eri ohjelma-alueiden sitomia taloudellisia voimavaroja. Teollisuutta lähellä oleva tieto- ja teleteknologia sekä teollisuus- ja materiaalitekniikka ovat saaneet lähes puolet Suomeen EU:sta tulleesta rahoituksesta. Valtaosa muustakin ohjelmarahoituksesta on kohdistunut luonnontieteen ja lääketieteen aloille. Tutkimuksen tukitoimintoihin, kansainvälisen yhteistyön ja liikkuvuuden edistämiseen, tutkijakoulutukseen ja tutkimustulosten hyödyntämiseen on kohdentunut kuusi prosenttia tutkimukselle osoitetuista varoista. Suoranaisesti ihmistä ja yhteiskuntaa koskevaan tutkimukseen saatu rahoitus on vain runsaan prosentin luokkaa. Kansalliseen tutkimuspolitiikkaan verrattuna EU:n rahoittama tutkimus on selkeämmin luonnontieteeseen ja tekniikkaan painottunutta.

Suomalaisten saaman rahoituksen jakautuminen eri toiminto- ja ohjelmakokonaisuuksiin ei poikkea merkittävästi EU-rahoituksen yleisestä jakaumasta muuten kuin tieto- ja teleteknologioiden ohjelmissa (taulukko 2.2). Näiden alojen osuus oli Suomeen tulleessa rahoituksessa selvästi suurempi kuin, mikä oli niiden osuus EU:n puiteohjelmarahoituksesta. Suomalaisten saama rahoitus on painottunut temaattisiin ohjelmiin horisontaalisten ohjelmien – kansainvälisen yhteistyön edistäminen, tutkimustulosten hyödyntäminen sekä tutkijankoulutus ja tutkijoiden liikkuvuus – kustannuksella.

Tutkimushenkilöstön lukumäärään suhteutettuna osallistumisemme on ollut samalla tasolla Ruotsin ja Norjan kanssa. Aktiivisimpia ovat olleet pienet EU-maat, kuten Kreikka, Irlanti ja Portugali, joiden kansallinen julkinen tutkimuspanostus on ollut suhteellisen alhainen. Euroopan suuret tiedemaat, Saksa, Iso-Britannia ja Ranska puolestaan osallistuivat näin suhteutettuna selvästi Suomea harvemmin EU:n hankkeisiin. Mikäli osallistumista suhteutetaan maiden maksuosuuksiin, maiden keskinäiset järjestykset muuttuvat jonkin verran. Ero kuitenkin säilyy pienten ja suurten tiedemaiden välillä. Tämä viittaa siihen, että suurten maiden tutkimuspolitiikka on riippumattomampaa EU:n tutkimusohjelmista kuin pienten maiden. OECD:n mukaan Etelä-Euroopan maiden ja Irlannin tiedejärjestelmät ovat selkeästi hyötyneet EU:n tutkimusrahoituksesta.

## Sisällys

### ■ Kuvio 2.3. Suomalaisten osallistuminen EU:n puiteohjelmiin.



Lähde: Niskanen ym. 1998.

### ■ Taulukko 2.2. Euroopan unionin neljännen puiteohjelman toimintojen rahoitus ja suhteelliset osuudet.

Ohjelmakokonaisuus	EU milj. ecua	%	Suomi milj. ecua	%
TEMAATTISET OHJELMAT				
Tieto- ja teleteknologiat	3 668	27,8	68,5	32,9
Teollisuus- ja materiaaliteknikka	2 140	16,2	30,8	14,8
Ympäristöntutkimus	1 157	8,8	18,7	9,0
Biotieteet ja -teknologiat	1 709	12,9	34,4	16,5
Energia	2 412	18,3	33,5	16,1
Liikenneala	263	2,0	6,7	3,2
Sosioekonominen tutkimus	147	1,1	2,5	1,2
HORISONTAALISET OHJELMAT				
Kansainvälisen yhteistyön ohjelma	575	4,4	2,6	1,3
Tutkimustulosten hyödyntäminen	352	2,7	3,8	1,8
Tutkijankoulutus ja tutkijoiden liikkuvuus	792	6,0	6,4	3,1
<b>Yhteensä</b>	<b>13 215</b>	<b>100</b>	<b>207,9</b>	<b>100</b>

Lähde: Niskanen ym. 1998

Sen avulla ne ovat voineet rakentaa tutkimuksen infrastruktuuriaan ja liittyä vahvemmin eurooppalaiseen tutkimusjärjestelmään.

Missä määrin EU-ohjelmat suuntaavat kansallista tiedepolitiikkaa, on kuitenkin osittain kansallisten päättäjien toimivallassa. Ohjelmien suuntaavuus lisääntyy, mikäli kansalliset tiederahoittajat suosivat rahoituspäätöksissään EU-hankkeisiin osallistuvia tutkimusryhmiä. EU:n ohjelmat syntyvät komission, eri maiden kansallisten tiede- ja teknologiapoliittisten toimijoiden ja tutkimusta hyödyntävien tahojen yhteistyönä. EU:n tutkimusohjelmien suuntaavuus on nähtävä myös tästä tiede- ja teknologiapoliittisesta näkökulmasta. Mikäli ohjelmat palvelevat hyvin kansallisessa tiedepolitiik-

kassa asetettuja tavoitteita, niiden suuntaavaa vaikutusta voidaan pitää vähäisenä. Ratkaisevaa on, kuinka vahvasti EU-ohjelmien valmistelussa on kyetty vaikuttamaan ohjelmien sisältöön kansallisten tavoitteiden näkökulmasta. Esimerkkinä kansallisen tiedepolitiikan ja EU:n tutkimuspolitiikan vuorovaikutuksesta käyvät samankaltaiset sisällölliset painotukset Suomen Akatemian tutkimusohjelmissa ja viidennessä puiteohjelmassa. Viidennen puiteohjelman tavoitteet vastaavat hyvin myös suomalaisia tiedepoliittisia tavoitteita. On mahdotonta sanoa, missä määrin tavoitteenasettelut ovat kulkeneet Suomesta EU:n suuntaan ja missä määrin päinvastoin.

Akatemia on rahoittanut yhdessä useiden muiden tahojen kanssa 1990-luvun jälkipuoliskolla kuutta eri tutkimusohjelmaa, joiden tematiikka on merkittävä myös puiteohjelman sisällöissä. Biodiversiteetti-tutkimusohjelma (1997–2002), Ympäristöterveyden tutkimusohjelma (1998–2001), Kaupunkitutkimusohjelma (1998–2001), Metsäntuotteiden materiaalitiede (1998–2001), Globaalimuutos tutkimuksen ohjelma (1999–2002) ja Ikääntymisen tutkimusohjelma (1999–2002) ovat kaikki saaneet rahoituspäätöksensä vuosien 1996 ja 1999 välisenä aikana. Ohjelmien kautta on näiden aihepiirien tutkimukseen kohdennettu kansallista rahoitusta yhteensä 270 miljoonaa markkaa, josta Akatemian osuus on 160 miljoonaa markkaa. Rahoitus on vahvistanut näiden alojen tutkimusta ja osaamista Suomessa sekä luonut hyvät edellytykset menestyä kilpailtaessa puiteohjelman rahoituksesta.

### 2.1.4 Ammattimaisen tutkijanuran kehittäminen

#### *Tutkijankoulutus*

Vuonna 1994 opetusministeriö teki merkittävän päätöksen tutkijankoulutuksen rakenteen kehittämiseksi luomalla Suomeen tutkijakoulujärjestelmän. Päätös pohjautui ns. Suomen Akademia -työryhmän muistiossa tehtyihin tutkijankoulutusta koskeviin ehdotuksiin. Työryhmä totesi, että tutkijankoulutuksen keskeisiä ongelmia ovat korkea väittelyikä, jatko-opintoihin käytetty pitkä aika, ulkomailla suoritettujen jatko-opintojen vähäisyys, tutkimustyön ohjauksen puutteellisuus ja pula päätoimisista tutkijankoulutuspaikoista.

Vuonna 1995 käynnistetyn tutkijakoulujärjestelmän tavoitteena on ollut tutkijankoulutuksen laadun parantaminen. Tähän on pyritty vahvistamalla tohtorintutkintoon tähtäävien jatko-opiskelijoiden mahdollisuuksia paneutua täysipainoisesti opintoihinsa ohjaamalla opetusministeriön rahoitusta määräaikaisiin tutkijakoulupaikkoihin. Tutkijakoulujen rahoituksella on luotu myös toimintaedellytykset tarvittavien pysyvien ohjaussuhteiden syntymiselle ja koulutuksen kansainvälisyyden lisäämiselle.

Tutkijakoulut käynnistyivät vuonna 1995 kahdessa vaiheessa. Vuoden alussa aloittivat 67 ensimmäistä tutkijakoulua, joihin suunnattiin varoja 722 tutkijaopiskelijan palkkaukseen. Vuoden 1995 talousarvioon sisältyneellä lisämäärärahalla vahvistettiin jo perustettuja tutkijakouluja syksystä 1995 lähtien 92 tutkijaopiskelijapaikalla sekä perustettiin 26 uutta tutkijakoulua. Näille tutkijakouluille osoitettiin 128 paikkaa. Tutkijakoulupaikkojen rahoitus oli nelivuotinen ja se osoitettiin yliopistoille korvamerkittynä muun rahoituksen yhteydessä.

## Sisällys

Valtioneuvoston 1996 hyväksymään tutkimusrahoituksen lisäsohjelmaan vuosille 1997–1999 sisältyi noin 120 miljoonaa markkaa tutkijakoulujen toiminnan kehittämiseen ja laajentamiseen sekä uusien tutkijakoulujen käynnistämiseen. Tämän määrärahan turvin aloitettiin vuoden 1998 alusta 12 uutta tutkijakoulua, joihin tuli 96 tutkijaopiskelijapaikkaa. Aiemmin aloittaneista tutkijakouluista 31 sai 171 lisäpaikkaa. Tutkimusrahoituksen lisäsohjelman erityisten painotusten vuoksi paikat osoitettiin pääosin tekniikan, luonnontieteiden ja tietointensiivisen yritystoiminnan kehittämisen kannalta tärkeille aloille.

Tutkijakoulujärjestelmän toinen nelivuotiskausi alkoi vuoden 1999 alusta. Sitä edelsi Suomen Akatemian toimikuntien tekemä arviointi ensimmäistä kauttaan päättävistä tutkijakouluista ja uusien tutkijakouluehdotusten arviointi. Toiselle kaudelle siirryttäessä tutkijakouluissa tapahtui jossain määrin rakenteellisia muutoksia osan tutkijakouluista yhdistyessä tai muuttaessa muuten muotoaan. Pieni osa vanhoista tutkijakouluista ei enää jatkanut. Vuoden 1999 alusta käytävissä oli kaikkiaan 1 282 opetusministeriön rahoittamaa tutkijaopiskelijapaikkaa. Kaiken kaikkiaan tutkijakouluissa arvioitiin olevan noin 4 300 tohtorintutkintoon tähtäävää opiskelijaa. Muita rahoittajia ovat muun muassa Suomen Akademia, yliopistot ja tutkimuslaitokset sekä säätiöt ja kansainväliset organisaatiot.

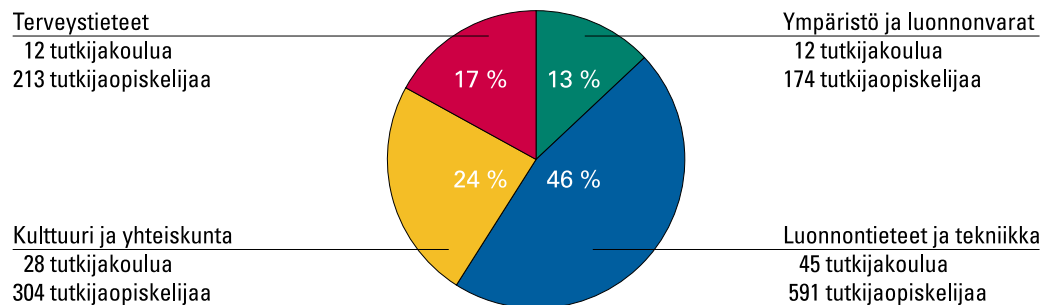
Suomen Akademia on osallistunut tutkijakoulujen toiminnan rahoitukseen osoittamalla niille koulutuspaikkoja ja rahoitusta valtakunnallisten kurssien järjestämiseen ja tutkijaopiskelijoiden liikkuvuuden edistämiseen. Lisäksi Akatemian hankerahoituksella työskentelee huomattava määrä väitöskirjaa valmistelevia tutkijoita, jotka osallistuvat tutkijakoulujen toimintaan. Tutkijakoulujen tukemiseen kokonaisuudessaan osoitettu rahoitus lähes kaksinkertaistui vuosien 1995–1999 aikana.

Opetusministeriön keskeinen tutkimukseen liittyvä tulostavoite yliopistoille ovat tohtorin tutkinnot. Ministeriö on nostanut yliopistoille asettamia tavoitteita vuosittain tutkijakoulujärjestelmän kehittämisen myötä. Tutkintomäärät osoittavat tutkijakoulujärjestelmän kykenevän nykymuodossaan vastaamaan hyvin asetettuihin määrällisiin tavoitteisiin. Yliopistot ovat kunakin vuonna ylittäneet niille asetetut tohtorikoulutuksen määrälliset tavoitteet. Tutkijakoulujärjestelmä on luonut aiempaa vakiintuneemmat puitteet tieteelliselle jatkokoulutukselle, mikä näkyy tutkintojen yli kaksinkertaisena määränä vuosikymmenen alkuun verrattuna. Vuoden 1999 tohtoritavoite oli 933 ja tohtorintutkintoja suoritettiin 1 165.

Tutkijakoulujen tieteenalakohtainen suuntaaminen on yksi keskeisistä tiede- ja innovaatiojärjestelmän rakennetta keskipitkällä aikavälillä muovaavista päätöksistä. Tutkijakoulujen tuottama tieteellinen työvoima muodostaa ydinjoukon, jonka pätevyyteen ja luovuuteen tieteen edistyminen ja kasvavassa määrin myös teollisuuden kilpailukyky perustuu nyt ja tulevaisuudessa. Tutkijakoulutuksen painotukset näkyvät havainnollisesti niiden paikkajakaumassa (kuvio 2.4).

Tohtorit ovat yleisesti työllistyneet hyvin: suomalaisten tohtorien työttömyysaste on ollut alhainen. Esimerkiksi Suomessa vuonna 1995 tohtorin (ja lisensiaatin) tutkinnon suorittaneista oli työttöminä vuosi valmistumisen jälkeen vain 2,5 prosenttia. Luku on selvästi alhaisempi kuin maisterin tutkinnon suorittaneilla. Muihin maihin verrattuna

■ Kuvio 2.4. Opetusministeriön tutkijakoulupaikkojen jakauma ja tutkijakoulujen lukumäärä toimikunnittain (1.1.1999).



Lähde: opetusministeriön päätös nelivuotisten tutkijakoulujen rahoituksesta vuonna 1999 (1.9.1998).

tilanne näyttäisi olevan pääpiirteissään samankaltainen: Alankomaissa tohtoreista oli työttömiä 6 prosenttia, mikä oli alle puolet maisterien vastaavasta osuudesta (14 prosenttia) vuonna 1995. Englannissa tohtoreista oli työttömiä 1,9 prosenttia 1996–1997, mikä oli vähemmän kuin maisterien vastaava 4,3 prosentin osuus. Ranskassa vuonna 1995 valmistuneista tohtoreista noin 15 prosenttia jäi työttömiksi; kahden vuoden kulluttua tohtoreista oli työttömiä enää viisi prosenttia. Tohtorikoulutuksen laajeneminen on kaikissa näissä maissa – Suomi, Alankomaat, Englanti ja Ranska – ollut suunnilleen yhtä nopeaa 1990-luvulla.

Tutkijakoulujärjestelmä on osoittanut vahvuutensa joistakin puutteista huolimatta. Opetusministeriön teettämän selvityksen (ks. Tutkijakoulut... 2000) mukaan tutkijakoulujen johtajat katsoivat tutkijakoulujärjestelmän tehneen tutkijankoulutuksesta järjestelmällisempää ja tehokkaampaa sekä lisänneen kansainvälisiä koulutustapahdumia ja tutkimusyhteistyötä. Tutkijaopiskelijat arvioivat tutkijakouluissa saamansa opetuksen laadun yleisesti hyväksi. Selvä enemmistö arvioi väitöskirjatyön ohjauksen hyväksi tai erinomaiseksi.

Vuonna 1995 aloittaneista tutkijakouluista oli kevääseen 1999 mennessä valmistunut 889 tohtoria. Näistä melkein puolet (46 %) oli luonnontieteiden ja tekniikan alalta, lähes neljäsosa (23 %) terveyden tutkimuksen alalta ja noin 15 % sekä kulttuurin ja yhteiskunnan että ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen aloilta. Valmistuneet tohtorit olivat työllistyneet erinomaisesti: vain noin 0,3 prosenttia tutkijakouluista valmistuneista oli työttömänä vuonna 1999. Selvityksen mukaan tutkijakoulujen tohtoreiden väittelyikä (keskimäärin 32 v.) oli selvästi alempi kuin aikaisempien vuosien tohtoritutkinnon suorittamisen keskimääräinen ikä (37 v.).

#### *Ammattimaisen tutkijauran edistäminen tohtoritutkinnon jälkeen*

Yksi keskeisimpiä tiedepoliittisia linjauksia 1990-luvun lopulla oli laajan tutkijatohtorijärjestelmän käynnistäminen ja nuorten tutkijanuran muu edistäminen. Akatemialle vuosiksi 1997–1999 osoitetusta tutkimusrahoituksen lisäysohjelman 630 miljoonasta markasta tutkijatohtorijärjestelmän osuus oli 169,9 miljoonaa markkaa (27 %). Lisäksi ammattimaisen tutkijanuran edistämiseen ja tutkijatohtorijärjestelmän perusta-

## Sisällys

miseen tarvittavia voimavaroja on saatu lakkauttamalla asteittain tutkimusassistentin virat vuoteen 2000 mennessä ja käyttämällä vapautuneet voimavarat tutkijatohtorin ja vanhemman tutkijan virkojen perustamiseen. Akatemiaprofessorin ja vanhemman tutkijan virkojen lukumäärää päätettiin lisätä merkittävästi vuodesta 1999 lähtien.

Tutkijatohtorijärjestelmän lähtökohtana on mahdollistaa väitelleen tutkijan koulutautuminen edelleen ammattitutkijaksi. Tavoitteena on, että noin joka viides väitellyt voisi suuntautua ammattitutkijaksi järjestelmän kautta. Tutkijanuran eri vaiheissa virkoja tai palvelussuhteita on väitöskirjaa valmistelevalle jatko-opiskelijoille, vastavalmistuneille tohtoreille sekä varttuneille tutkijantaitonsa osoittaneille tutkijoille.

Tutkimusrahoituksen lisäysohjelman tavoitteita olivat talouden, työllisyyden ja hyvinvoinnin edistäminen, mikä on konkretisoitunut tutkijanuran edistämässä yritys yhteistyön vahvistumisena. Tämä on otettu huomioon tutkijatohtorien valinnassa erityisesti myöntämällä rahoitusta lähes kaikille yliopistojen yhdessä yritysten kanssa tekemille hakemuksille. Tutkimusrahoituksen lisäysohjelmasta vuonna 1998 rahoitetuista tutkijatohtoreista noin puolet työskentelee elinkeinoelämän tutkimushankkeissa, jotka toteutetaan yhteistyössä yliopistojen kanssa.

Ammattimaisen tutkijanuran kehittäminen on merkinnyt myös Akatemian rahoituksella toimivien tutkijoiden aiempaa kiinteämpää osallistumista opetukseen yliopistossa. Vuonna 1997 edellytettiin 20 uuteen vanhemman tutkijan virkaan nimitetyiltä sitoutumista tutkijakoulujen opetustehtäviin. Vuonna 1999 Suomen Akatemian hallitus teki Akatemian virkatutkijoiden opetustehtävistä periaatepäätöksen, jonka mukaan vuodesta 2000 alkaen vanhemman tutkijan ja tutkijatohtorin työtehtäviin voi kuulua tutkimustyön ohella oman alan opinnäytetöiden ohjaaminen ja tutkijan tutkimustyöhön liittyvä opetus.

Vuonna 1998 Akatemia käytti lupaavimpien ja menestyvimpien nuorten tutkijoiden kannustavana lisärahoitusmuotona ns. nuoren tutkijan starttirahaa, jota myönnettiin 20:lle vanhemman tutkijan virkaan nimitetyille tutkijalle oman tutkimusryhmän perustamiseksi. Starttirahaa myönnettiin 1,5 miljoonaa markkaa kolmen vuoden ajalle. Tieteelliset toimikunnat ovat yleensä myöntäneet Suomen Akatemian tutkimusviran saaneille tutkijoille tutkimusmäärärahan tutkimushankkeen toteuttamiseen. Rahoituksen määrä on vaihdellut toimikunnittain, mutta se on ollut kuitenkin keskeinen perusta tutkijoiden tutkimushankkeiden toteuttamisessa ja tutkimustyön etenemisessä. Esimerkiksi vuonna 1999 Akatemian tieteelliset toimikunnat tekivät vanhemman tutkijan viran saaneille rahoituspäätöksiä yhteensä 33,5 miljoonalla markalla.

Ammattimaisen tutkijauran vahvistaminen on selkeimmin todettavissa tutkimusvirkojen ja palvelussuhteiden kohdalla. Niiden kokonaismäärä kasvoi 131 prosenttia vuosina 1995–1999 (taulukko 2.3). Ajanjakson aikana akatemiaprofessorien virkojen määrä on kasvanut 39 prosentilla ja vanhemman tutkijan virkojen lukumäärä 73 prosentilla. Tutkijanuraa aloittavien väitelleiden tutkijoiden työsuhteiden määrä – tutkijatohtorin ja nuoremman tutkijan virat sekä tutkijatohtorin määrärahat – on li-

■ Taulukko 2.3. Suomen Akatemian tutkimusvirat ja tutkijatohtorin määrärahat (lkm) vuosina 1995–1999.\*

	1995	1996	1997	1998	1999
VIRAT					
Akatemiaprofessori	23	25	25	29	32
Vanhempi tutkija	99	99	119	152	171
Nuorempi tutkija	137	137	137	88	47
Tutkijatohtori	–	–	–	46	111
Virat yhteensä	259	261	281	315	361
MÄÄRÄRAHAT (lkm)					
Tutkijatohtorimäärärahat	–	–	134	224	236
Virat ja määrärahat yhteensä	259	261	415	539	597

\* Tutkimusvirkojen lukumäärä 1. elokuuta kunakin vuonna.

Lähde: Suomen Akatemian hallituksen pöytäkirja 27.9.1999.

sääntynyt 188 prosentilla. Ammattimaisen tutkijanuran kehittäminen jatkuu edelleen asteittaisilla virkarakenteen muutoksilla: akatemiaprofessorin virkojen määrä nostetaan 40:een ja vanhemman tutkijan virkojen määrä 250:een vuoteen 2004 mennessä. Samanaikaisesti lakkautetaan tutkijatohtorin virat, jotka korvataan tutkijatohtorin palvelussuhteilla.

Tutkijanaiset ovat edelleen määrällisenä vähemmistönä tiedeyhteisössä viime vuosien myönteisestä kehityksestä huolimatta: vuonna 1998 naisia oli 37 prosenttia sekä yliopistojen että Suomen Akatemian kaikista viranhaltijoista. Naisten osuus tutkimusvirkojen haltijoista on vähitellen kasvanut, mutta kasvu näyttäisi hidastuneen 1990-luvun jälkipuoliskolla. Vuonna 1998 noin 19 000 jatko-opiskelijasta naisia oli 46 prosenttia. Naisten osuus vuosittain tohtorin tutkinnon suorittaneista on kasvanut 28 prosentista 43 prosenttiin vuosina 1987–1999. Vaikka naisten osuus tohtoreista on kasvanut, on heidän osuutensa kasvu Suomen Akatemian ja yliopistojen ylemmissä tutkimusviroissa ollut hidasta. Naisten osuus pienenee mitä ylemmäksi virkahierarkiassa edetään. Vaikka naisten osuus esimerkiksi yliopistojen professorin viroissa olevista on asteittain kasvanut, oli heistä naisia vain 18 prosenttia vuosina 1998 ja 1999. Myös ilman avointa hakumenettelyä toteutettavan kutsumenettelyn käyttäminen professorin virkoihin nimitettäessä on osoittautunut miespuolisia hakijoita suosivaksi: vuonna 1998 oli naisten osuus 14 prosenttia kutsumenettelyn kautta nimitetyistä professoreista, kun se tavallisessa virantäytössä oli 27 prosenttia.

Opetusministeriön ja Suomen Akatemian välisessä tulossopimuksessa vuosille 1998–2000 todettiin, että vuosina 1999–2000 jatketaan naisten tutkijanuran edistämistä. Akatemia on tutkijatohtorijärjestelmän yhteydessä sitoutunut edistämään nuorten ja naisten tutkijanuran kehittämistä tiedepoliittisilla linjauksilla ja käytännön toimenpiteillä. Vuosia 1998–2000 koskevassa tiedepoliittisessä linjauksessa todettiin, että “tutkijanuraa kehitettäessä on kiinnitettävä erityistä huomioita niihin ongelmiin, jotka koskevat tutkijanaisia.” Vuonna 1999 Suomen Akatemian johdon ja toimikuntien välisissä tulossopimuksissa oli seuraavia tavoitteita: naisten lukumäärän



## Sisällys

lisääminen asiantuntijoissa (terveyden tutkimus, kulttuurin ja yhteiskunnan sekä ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus), tasa-arvon edistäminen ja naisten mahdollisuuksien lisääminen tutkijanuralla etenemiseksi, menettelyjen kehittäminen naisten valikoitumiseksi luonnontieteen ja tekniikan alan tutkijakoulutukseen (luonnontieteen ja tekniikan tutkimus) sekä sellaisen rahoituksen myöntämistä tutkimusyksiköiden välillä liikkuville tutkijakoulutettaville ja tutkijoille, jotta myös perheelliset tutkijat voivat vaihtaa tutkimusyksikköään (ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus). Vuoden 1999 lopulla Suomen Akatemialle tehtiin esitys Akatemian rahoituksella työskentelevää tutkimushenkilöstöä koskevaksi uudeksi tasa-arvosuunnitelmaksi.

Suomessa vuosittain valmistuvien tohtorien sukupuolijakauma on tasapainottunut naisten osuuden noustessa 43 prosenttiin väitelleistä vuonna 1999. Naisten osuuden kasvu valmistuvista tohtoreista ja siten ammattimaiselle tutkijanuralle mahdollisesti hakeutuvista näkyy myös havainnollisesti Akatemian tutkimusvirkehauissa tehdyissä päätöksissä. Vuosina 1997–1999 naisten suhteellinen osuus Akatemian vanhemman sekä nuoremman tutkijan ja tutkijatohtorin virkaan nimitetyistä oli suurempi kuin heidän osuutensa näiden virkojen hakijoista. Myös luonnontieteen ja tekniikan tutkimuksen toimikunnassa, jonka tutkimusviroissa naisia on ollut selvä vähemmistö, naisia nimitettiin tutkimusvirkoihin jonkin verran enemmän kuin heidän suhteellinen osuutensa oli hakijoista (ks. taulukko 2.4).

Suomen Akatemian viranhaltijoiden osalta tutkijanaisten asema on tasa-arvoistunut ja parantunut aikaisempaan nähden, joskaan ei samassa määrin kaikissa toimikunnissa (taulukko 2.4). Vuoden 1999 elokuussa oli naisten osuus yhteensä 37 prosenttia kaikista Akatemian tutkimusviranhaltijoista. Naisia oli yhtä paljon kuin miehiä kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen alueella (50 %). Myös terveyden tutkimuksen (42 %) ja ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen (41 %) tieteenaloilla lähestyttiin selvästi tutkimusvirkojen tasapuolista jakautumaa. Luonnontieteen ja tekniikan tutkimuksen aloilla on naisten osuus (14 %) edelleen muita toimikuntia pienempi. Vuosina 1998–1999 yksittäisille tutkijoille omaan palkkaussuhteeseen myönnettävän tutkijatohtorin määrärahan saajien joukossa naisia (42 %) oli jonkin verran vähemmän kuin hakijoita (45 %). Naiset ovat selvästi vähemmistönä tutkimusvirkehierarkian yläpäässä, vanhemman tutkijan ja akatemiaprofessorin viroissa. Vuonna 1999 molemmissa virkakategorioissa naisten osuus oli noin kolmasosa (31 %) kaikista viranhaltijoista. Tutkijanuran alkupäässä tilanne oli huomattavasti parempi: tutkijatohtoreista naisia oli suunnilleen puolet (48 %).

Suomen Akatemian hallitus ja toimikunnat ovat edistäneet naisten tutkijanuraa erityisesti ammattimaisen tutkijanuran huipulla vaikuttavammin kuin yliopistot. Naisten osuus yliopistojen professoreista – akatemiaprofessuurien todennäköisimmistä ehdokkaista – oli vain 18,4 prosenttia vuonna 1998, kun vastaavasti naisten osuus akatemiaprofessoreista oli 31 prosenttia (taulukko 2.5.). Naisten osuus yliopistojen professoreista (18,4 %) on Suomessa korkein Euroopan Yhteisön maista. Vuonna 1999 naisten osuus Akatemian vanhemman tutkijan viranhaltijoista (31 %) oli lähes sama kuin yliopistojen ylisassistentteista (30,5 %) edellisenä vuonna.



■ Taulukko 2.4. Suomen Akatemian tutkimusvirkoihin hakeneet ja nimitetyt sukupuolen mukaan toimikunnittain vuosina 1997–1999.

Toimikunta	Vanhemmat tutkijat						Tutkijatohtorit / Nuoremmat tutkijat					
	Hakeneet			Nimitetyt			Hakeneet			Nimitetyt		
	Naisia	Miehiä	Lkm	Naisia	Miehiä	Lkm	Naisia	Miehiä	Lkm	Naisia	Miehiä	Lkm
KY	25 %	75 %	446	40 %	60 %	58	46 %	54 %	490	49 %	51 %	52
LT	15 %	85 %	313	16 %	84 %	38	25 %	75 %	287	27 %	73 %	42
TT	34 %	66 %	181	36 %	64 %	25	54 %	46 %	214	53 %	47 %	35
YL	29 %	71 %	242	36 %	64 %	28	47 %	53 %	271	52 %	48 %	30
Yhteensä	25 %	75 %	1 182	32 %	68 %	149	41 %	59 %	1 262	45 %	55 %	159

Toimikunnat: KY Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta  
 LT Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta  
 TT Terveystieteiden tutkimuksen toimikunta  
 YL Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunta

Lähde: Suomen Akatemian tutkimustietokanta (Tutti).

■ Taulukko 2.5. Suomen Akatemian virkatutkijoiden sukupuolijakauma toimikunnittain (1.9.1999).

Toimikunta	Akateemiaprofessori			Vanhempi tutkija			Tutkijatohtori			Yhteensä		
	Yht.	Naisia	Naisia %	Yht.	Naisia	Naisia %	Yht.	Naisia	Naisia %	Yht.	Naisia	Naisia %
KY	10	4	40	56	24	43	38	24	63	104	52	50
LT	9	0	0	48	7	15	26	5	19	83	12	14
TT	7	4	57	39	12	31	32	16	50	78	32	41
YL	6	2	33	35	12	34	22	12	55	63	26	41
Yhteensä	32	10	31	178	55	31	118	57	48	328	122	37

Toimikunnat: KY Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta  
 LT Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta  
 TT Terveystieteiden tutkimuksen toimikunta  
 YL Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunta

Lähde: Suomen Akatemian tutkimustietokanta (Tutti) 1.9.1999.

## 2.2 Teknologian tutkimuksen rahoitus

Valtion tutkimusrahoituksen lisäsohjelmasta on pääosa kanavoitu jaettavaksi kilpailun kautta perustutkimuksen ja teknologian kehittämiseen Suomen Akatemian ja Teknologian kehittämiskeskuksen toimesta. Tekesin osuus valtion tutkimusrahoituksesta on kasvanut 28,3 prosentista 32 prosenttiin vuosina 1995–1999 ja Akatemian rahoitus 8,3 prosentista 12 prosenttiin vastaavana aikana. Varovaisen arvion perusteella tekniseen tutkimus- ja kehittämistoimintaan kohdistettiin julkista tutkimusrahaa noin 3,4 miljardia markkaa vuonna 1999. Tämä oli noin 45 prosenttia julkisesta tutkimusrahoituksesta.

## Sisällys

### 2.2.1 Teknologian kehittämiskeskuksen tutkimusrahoitus

Teknologian kehittämiskeskuksella (Tekes) on keskeinen rooli innovaatiotoiminnan edellytysten luojana. Kolmannes valtion tutkimusrahasta osoitetaan Tekesin kautta yrityksille, yliopistoille ja korkeakouluille sekä tutkimuslaitoksille, jotka käyttävät sen teknologian tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Tekesin teknologiarahoitus on vuosina 1995–2000 kasvanut 56 prosenttia 1,6 miljardista markasta runsaaseen 2,4 miljardiin markkaan. Yliopistoille ja tutkimuslaitoksille suoraan suunnattu Tekesin tutkimusrahoitus on tänä aikana kasvanut 332 miljoonasta markasta 738 miljoonaan markkaan. Tekesin rahoitusta ohjautuu yliopistoille ja tutkimuslaitoksille myös yritysten tuotekehityshankkeiden kautta (taulukko 2.6, ks. myös luku 2.3.1).

■ Taulukko 2.6. Teknologian kehittämiskeskuksen rahoitus yliopistoille ja tutkimuslaitoksille vuosina 1995–1999.

Vuosi	Rahoitus suoraan (milj.mk)		Rahoitus suoraan ja yritysten kautta (milj.mk)
	Yliopistot	Yliopistot ja tutkimuslaitokset	Yliopistot ja tutkimuslaitokset
1995	197	332	449
1996	234	388	509
1997	398	612	741
1998	477	705	856
1999	467	738	926

Lähde: Teknologian kehittämiskeskuksen vuosikertomukset 1995–1999.

Tekesin rahoituksen selkeä painoalue ovat teknologiaohjelmat. Ne ovat osoittautuneet toimivaksi ja tuloksettaaksi tavaksi edistää yritysten ja tutkimusmaailman yhteistyötä ja verkottumista. Tekes katsoo ohjelmien vahvistavan Suomen tulevaisuuden kannalta merkittävimpiä teknologioita ja tutkimusaloja. Vuonna 1995 käynnissä olleissa 60 ohjelmassa Tekesin rahoitus oli noin 400 miljoonaa markkaa. Vuonna 1999 Tekes rahoitti teknologiaohjelmia noin 1,1 miljardilla markalla. Käynnissä oli 65 teknologiaohjelmaa, joissa oli kaikkiaan yli 2 400 yritysosallistumista ja noin 860 tutkimusyksiköiden osallistumista. Useita laajoja ohjelmakokonaisuuksia oli käynnissä yhteistyössä muiden rahoittajien, kuten Suomen Akatemian ja useiden ministeriöiden kanssa.

Pienten ja keskisuurten yritysten osuus Tekesin tuotekehitysrahoituksesta on kasvanut tarkasteluvälillä 1995–1999. Vuonna 1999 Tekes rahoitti alle 500 hengen yrityksiä 944 miljoonalla markalla, mikä oli 64 prosenttia Tekesin tuotekehitysrahoituksesta. Suurten yritysten hankkeiden kautta ohjautunut välillinen rahoitus mukaan lukien luku nousee 70 prosenttiin. Vuonna 1999 Tekes rahoitti 1 070 yrityksessä 1 376 hanketta. Aikaisempina vuosina tehdyt rahoituspäätökset mukaan lukien 2 060 yrityksen tuotekehityshankkeet olivat käynnissä osin Tekesin rahoituksella vuonna 1999. Vuonna 1998 Tekesillä oli yli 2 000 yritysasiakasta. Samana vuonna tutkimus- ja kehittämistoimintaa harjoittaneiden yritysten lukumäärä Suomessa oli 2 193 (yrityksiä yhteensä oli 219 273, vähintään kymmenen hengen yrityksiä oli 7 779). Vuonna 1999 yritysasiakasta yli kolmasosa oli Tekesille uusia asiakkaita. Uusille asiakkaille suuntautui runsaat 14 prosenttia Tekesin tuotekehitysrahoituksesta.

Tekes on arvioinut vuonna 1998 rahoitettujen hankkeiden synnyttävän 6–7 uutta pysyvää työpaikkaa sijoittamaa miljoonaa markkaa kohden, 20–40 miljoonaa markkaa liikevaihtoa ja 10–30 miljoonaa markkaa vientiä vuodessa viiden vuoden kuluessa (Tekesin asiantuntijoiden arvio yritysten esittämien näkemysten perusteella). Vielä tärkeämpi vaikutus työllisyyteen ja hyvinvointiin on teollisen pohjan vahvistumisella, mikä luo edellytykset palveluelinkeinojen kasvulle.

Julkisen rahoituksen osuus yritysten tutkimus- ja kehitysrahoituksesta vuonna 1997 oli 4,1 prosenttia, kun OECD-maiden keskiarvo oli samana vuonna 10,2 prosenttia. Julkisen teknologiarahoituksen kasvusta huolimatta Tekesin rahoitus lainat mukaan lukien oli vuonna 1998 vain vajaat seitsemän prosenttia yritysten tutkimus- ja kehityspanoksesta. Julkisen rahoituksen osuus yritysten tutkimus- ja kehityspanoksesta on Suomessa edelleen reilusti alle OECD-maiden keskiarvon.

Yritysten tutkimus- ja kehitysmenot vuonna 1998 olivat yhteensä 13,4 miljardia markkaa. Tästä elektroniikan ja sähköteollisuuden osuus oli puolet. Yrityssektorin tutkimus- ja kehitysmenojen kasvu on tapahtunut 1990-luvulla lähes yksinomaan sähköteknisen teollisuuden yrityksissä. Sähköteknisen teollisuuden tutkimus- ja kehitysmenot olivat vuonna 1998 reaalisesti lähes neljä kertaa suuremmat kuin vuonna 1991. Vuonna 1995 sähköteknisen teollisuuden osuus yritysten tutkimus- ja kehitysmenoista oli 43 prosenttia. Mikäli yritysten arvioima tutkimus- ja tuotekehitysmenojen kasvu toteutui vuonna 1999, sähköteknisen teollisuuden osuus kaikista yritysten tutkimus- ja kehitystoiminnan menoista nousee jo 55 prosenttiin. Nokian tutkimus- ja kehityspanos oli sen oman ilmoituksen mukaan 6,8 miljardia markkaa vuonna 1998.

### 2.2.2 Tekniikan ja luonnontieteiden rahoitus Suomen Akatemiassa

Tutkimus- ja kehittämisrahoituksen lisäysohjelmasta johtuen Suomen Akatemian tutkimusrahoitus kaksinkertaistui vuosina 1995–1999. Vuonna 1995 tehtyjen tutkimusrahoituspäätösten arvo oli 489 miljoonaa markkaa ja vuonna 1999 rahoituspäätöksien volyyymi oli 988 miljoonaa markkaa. Tekniikan tutkimusaloille suunnattujen rahoituspäätöksien arvot vuosina 1995 ja 1999 olivat 75 miljoonaa markkaa ja 180 miljoonaa markkaa (taulukko 2.7). Luonnontieteisiin osoitetut varat kasvoivat 163 miljoonasta markasta 366 miljoonaan markkaan vastaavana aikana. Akatemian rahoitus luonnontieteille kanavoituu kolmen toimikunnan kautta.

Suomen Akatemia ja Tekes ovat tiivistäneet yhteistyötään viime vuosina. Tutkimus- ja teknologiaohjelmia on valmisteltu yhdessä ja niille on tehty yhteisiä väliarviointeja. Myös yksittäisiä tutkimushankkeita on rahoitettu yhteisesti ja hankkeiden arviointia on toteutettu yhteistyössä. Tekesin teknologiaohjelmiin on otettu mukaan myös tutkijankoulutusta.

### 2.2.3 Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) toimii kauppaja- ja teollisuusministeriön strategian ja valtion tiede- ja teknologianeuvoston kehittämislinjausten mukaisesti. VTT:n harjoittaman tutkimus- ja kehitystyön tavoitteena on parantaa maamme

## Sisällys

■ Taulukko 2.7. Suomen Akatemian rahoitus luonnontieteiden ja tekniikan tutkimukselle vuosina 1995–1999.

Vuosi	Kokonaisrahoitus milj.mk	Tekniikka milj.mk	Tekniikka %	Luonnontieteet* milj.mk	Luonnontieteet %
1995	489	75	15,4	163	33,4
1996	503	82	16,3	197	39,1
1997	794	111	13,9	319	40,2
1998	836	121	14,5	331	39,6
1999	988	180	18,2	366	37,0

\* Kanavoituu kolmen toimikunnan kautta.

Lähde: Suomen Akatemian vuosikertomukset 1995–1999.

elinkeinoelämän teknologista kilpailukykyä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä ja edistää uusiin teknisiin innovaatioihin perustuvaa liiketoimintaa sekä työllisyyttä ja tuotantoa.

Teknologia- ja tutkimusohjelmilla on merkittävä rooli VTT:n strategisessa tutkimuksessa. Vuonna 1999 VTT:llä oli käynnissä 16 omaa tutkimusohjelmaa. Vuonna 1999 VTT osallistui 68 monivuotiseen ohjelmaan. Näistä 55 oli Tekesin ja 13 Suomen Akatemian ja ministeriöiden rahoittamia ohjelmia. Osallistuminen Tekesin ohjelmiin on lisääntynyt selvästi.

VTT on aktiivisesti mukana Tekesin ns. klinikkatoiminnassa. Teknologia- ja tutkimusohjelmilla on merkittävä rooli VTT:n strategisessa tutkimuksessa. Vuonna 1999 VTT:llä oli käynnissä 16 omaa tutkimusohjelmaa. Vuonna 1999 VTT osallistui 68 monivuotiseen ohjelmaan. Näistä 55 oli Tekesin ja 13 Suomen Akatemian ja ministeriöiden rahoittamia ohjelmia. Osallistuminen Tekesin ohjelmiin on lisääntynyt selvästi.

VTT:n kokonaisrahoitus vuonna 1999 oli 1 088 miljoonaa markkaa, josta budjettirahoituksen osuus oli 30 prosenttia eli 321 miljoonaa markkaa. Vuoden 1995 tasosta, (857 milj mk) VTT:n kokonaisrahoitus on kasvanut vuoteen 1999 mennessä 27 prosenttia. Budjettirahoitteinen osuus on tarkasteluvälillä noussut lievästi (9 %) vuoden 1995 tasosta 295 miljoonasta<sup>2</sup> 321 miljoonaan markkaan vuonna 1999. Tarkasteluvälillä 1995–1998 on ulkopuolisen rahoituksen osuus kasvanut 562 miljoonasta (36 % kokonaisrahoituksesta) 767 miljoonaan markkaan (70 %). VTT:n tutkimusrahoituksessa ei eritellä teknologisen perustutkimuksen osuutta.

### 2.2.4 Teknilliset korkeakoulut ja tiedekunnat

Opetusministeriön KOTA-tietokannan mukaan tekniikan tutkimusta tehdään Teknillisessä korkeakoulussa, Tampereen ja Lappeenrannan teknillisissä korkeakouluissa sekä Oulun yliopistossa ja Åbo Akademiassa. Vaasan yliopistossa tehdään myös jonkin verran tekniikan tutkimusta. Tekniikan tutkimustoiminnan kokonaiskustannuk-

<sup>2</sup> Vuonna 1995 VTT sai talonrakennukseen 39 miljoonaa markkaa, jota ei tässä ole huomioitu budjettirahoitteisena menona.

set näissä yliopistoissa vuonna 1998 olivat 1 087 miljoonaa markkaa. Tästä budjetti-rahoitusta oli 470 miljoonaa markkaa. Ulkopuolisen rahoituksen osuus tutkimustoiminnassa on ollut 57 prosenttia. Teknillisten korkeakoulujen tärkein ulkopuolinen rahoittaja on ollut Tekes.

Tietoteollisuuden lisäysohjelman avulla on korkeakoulujen tutkijankoulutukseen kanavoitu lisäresursseja. Opetusministeriön rahoittamista 1 282 tutkijaopiskelijapaikasta on luonnontieteiden ja tekniikan alueelle osoitettu lähes puolet eli 591 paikkaa vuoden 1999 alusta lähtien. Tietoteollisuuden lisäysohjelman mukaisesti osoitettiin tietoteollisuutta tukeville aloille 60 lisäpaikkaa, joten tällä alueella opetusministeriön tukemia tutkijaopiskelijapaikkoja on yhteensä 248.

### 2.3 Innovaatiojärjestelmän kehittäminen tutkimusyhteistyön avulla

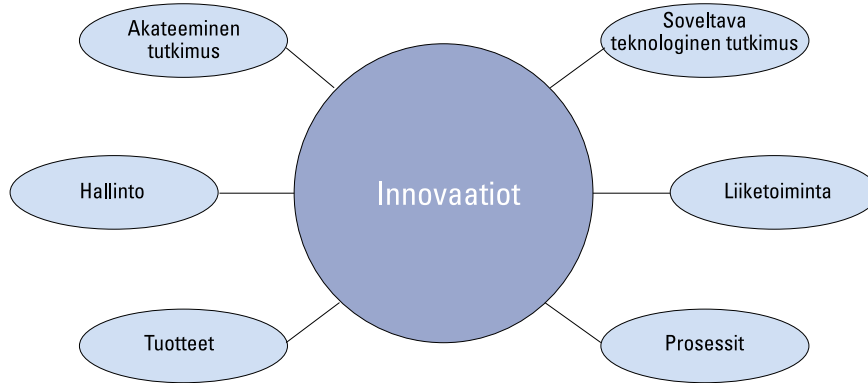
*Tiedon tuotannon muuttuvat rakenteet.* Tieteen yhteiskunnallisen vaikuttavuuden lisäämisen keskeisenä kehittämiskohteenä on pidetty yhteistyön lisäämistä tiedejärjestelmän ja yhteiskunnan muiden toimintasektoreiden välillä. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan jakaminen perus- ja soveltavaan tutkimukseen sekä kehittämistyöhön on perustunut toiminnan institutionaaliseen eriytymiseen. Perustutkimusta on tehty yliopistojen piirissä ja soveltavaa tutkimusta lähinnä teknillisissä yliopistoissa, tutkimuslaitoksissa ja teollisuudessa, samoin kuin kehittämistyötä. Yhä useammin on vaikea tehdä eroa perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen välillä. Monissa hankkeissa on sekä perustutkimuksellisia että soveltavia osia ja myös näkökulmasta riippuu, pidetäänkö tutkimusta perustutkimuksena vai sovelluksiin tähtäävänä tutkimuksena.

Monet tieteen tutkijat ovat väittäneet erojen katoavan eri tutkimuksen lajien väliltä tieteenharjoittamisen perinteisten institutionaalisten rakenteiden muuttuessa. Uuden tiedon tuotantoa luonnehtivat soveltavan kontekstin läheisyys, monien toimijoiden verkostot tiedon tuotannossa, epähierarkkinen organisoituminen, monitieteisyys ja tiedon tuotannon siirtyminen perinteisten tieteellisten (yliopistollisten) instituutioiden ulkopuolelle. Tämä ei merkitse, etteivätkö monet aiemmista tiedejärjestelmän toiminnan kannalta keskeisistä tekijöistä – kuten luovuus, tutkimuksen pitkäjänteisyys tai erikoisasantuntemuksen arvostus – olisi säilyttäneet merkityksensä. Tiedejärjestelmän muutosta vauhdittaa erityisesti pyrkimys tiedon laajaan ja nopeaan hyödyntämiseen, joka on ominaista kaikille tietoyhteiskunniksi kutsutuille maille, joissa tieto nähdään keskeisenä tuotannontekijänä.

*Tiedon ja yhteistyön rooli innovaatioiden tuotannossa.* Tiedepolitiikan mahdollisuudet edistää taloudellista kilpailukykyä ja yhteiskunnallista hyvinvointia liittyvät erityisesti luotujen tuotannontekijöiden laatuun sekä laajasti ymmärrettyyn tukialojen yhteistyöhön. Kansallinen tietoyhteiskuntastrategia on tähdännyt tiedon ja osaamisen edistämiseen kansallisina kilpailukykytekijöinä. Tämä on merkinnyt sitoutumista tuotannon ja tuotteiden korkeaan laatuun alhaisen jalostusasteen tuotteiden tuotannon sijasta. Laadukkaan tuotannon edellytyksenä puolestaan ovat riittävä innovaatiokyky, jota edistävät muun muassa korkeatasoinen tieteellinen tutkimus ja hyvät yhteistyösuhteet innovaatioiden syntyyn vaikuttavien toimijoiden kesken.

## Sisällys

### ■ Kuvio 2.5. Innovaatiotoiminnan tekijät.



Innovaatioiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä ja tiedon lähteitä on hahmoteltu kuviossa 2.5. Toisin kuin innovaatioketjuajattelussa, jossa innovaatiot syntyvät prosessissa perustutkimuksesta soveltavan tutkimuksen kautta tuotekehitykseen ja markkinointiin, innovaatiojärjestelmän käsitteeseen pohjautuvassa verkostoajattelussa innovaatioiden syntyä edistävän tiedon nähdään sijaitsevan samanaikaisesti verkoston eri osissa. Innovaatioiden synnyssä on erityisesti korostettu loppukäyttäjien roolia. Dokumentoidun tieteellisen ja teknologisen tiedon ohella innovaatioiden syntyyn vaikuttaa myös ns. hiljainen tieto (*tacit knowledge*), jota järjestelmän toimijoilla aina on.

#### 2.3.1 Yliopistojen ja yritysten välisen yhteistyön kehittäminen

Koulutuksen ja korkeakouluissa harjoitettavan tutkimuksen kehittämissuunnitelmasa vuosille 1995–2000 todettiin tutkimuksen kehittämisen keskeisiksi kriteereiksi korkea laatu, tutkimuksen vapaus ja eettisyys sekä perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen tasapaino. Hyvin toimiva ja tasapainoisesti resurssoitu innovaatiojärjestelmä on suunnitelman mukaan välttämätön perusta myös uusiin innovaatioihin perustuvalla työllisyyden ja talouden kehittymiselle. Innovaatiojärjestelmän toiminnassa keskeistä on hyvä kustannus-laatu-suhde. Koulutuksen ja tutkimuksen tietostrategiassa vuosille 2000–2004 on keskitytty tietoyhteiskuntakehityksen kannalta keskeisten asioiden toimeenpanon kuvaamiseen. Yliopistojen ja yritysten yhteistyötä tulisi strategian mukaan lisätä sekä tutkimustarpeiden selvittämiseksi että yhteisten tutkimus- ja kehittämishankkeiden toteuttamiseksi.

Hellström ja Jacob (1999) luonnehtivat skandinaavisia tiede- ja innovaatiojärjestelmiä keskusjohtoiseksi erotuksena dynaamisille tutkimusverkostoille rakentuvista järjestelmistä. Suomalaisen tiedehallinnon malli on skandinaavisen mallin mukainen vahvuuksineen ja heikkouksineen. Verkostoja voidaan rakentaa vain toimijoiden yhtenevien intressien varaan. Yksittäisellä verkoston toimijalla ei ole mahdollisuutta sanella toiminnan suuntaa oman tahtonsa mukaisesti. Tämä on keskeinen piirre, joka erottaa verkostomaisen toimintatavan perinteellisestä hierarkkisesta organisoitumisesta. Verkostoyhteistyön rakentaminen tiede- ja innovaatiojärjestelmässä perustuu edellä esitettyyn uuden tiedon tuotannon malliin.

Keskeisinä yliopistojen ja elinkeinoelämän käytännön yhteistyön rahoitusmuotoina ovat olleet maksullinen palvelutoiminta, yritysten rahoittamat tutkimus- ja kehityshankkeet sekä erilaiset yhteisrahoitteiset hankkeet (esimerkiksi Tekesin mallin mukaisesti), joissa yrityssektori on ollut mukana. Maksullisen toiminnan tavoitteeksi asetettiin vuonna 1995 yliopistojen oman toiminnan tukemisen ohella yritysten ja muun yhteiskunnan kanssa tapahtuvan tiedon vaihdon edistäminen sekä näiden tarvitsemien täydennyskoulutuspalvelujen tarjoaminen. Yliopistojen maksullinen palvelutoiminta edistää sekä uuden tiedon tuotantoa että osaamisen välittämistä muiden yhteiskunnallisten toimijoiden käyttöön. Tutkimuksen lisärahoitusohjelman myötä yliopistoille asetetut yhteiskunnallisen vaikuttavuuden tavoitteet ovat edelleen vahvistuneet. Myös budjetin perusrahoituksella tehtävään tutkimukseen kohdistuu aiempaa suurempia odotuksia vaikuttavuudesta.

Vuosien 1995–1999 välisenä aikana yliopistojen maksullinen palvelutoiminta on kasvanut 600 miljoonasta markasta 821 miljoonaan markkaan. Nimellinen kasvu on ollut 37 prosenttia. Tekesin rahoitus hankkeille, joita yliopisto on ollut mukana toteuttamassa, kasvoi 140 prosenttia eli noin 470 miljoonaan markkaan vuoteen 1999 mennessä (ks. taulukko 2.6). Kokonaisrahoitus hankkeille, joissa oli yritysten lisäksi toteuttajana joko yliopisto tai tutkimuslaitos, kasvoi lähes 860 miljoonaan markkaan. Yliopistojen yrityksiltä saama tutkimusrahoitus kasvoi vuodesta 1995 vuoteen 1998 noin 54 miljoonaa markkaa päätyen 216 miljoonaan kasvun ollessa 33 prosenttia. Rahoitusvolyymien kasvu osoittaa selvästi yliopistojen ja yritysten välisen yhteistyön lisääntymisen. Tekesin rahoitus on ollut vahvin tekijä yliopistojen ja yritysten välisen tutkimusyhteistyön edistämisessä.

Yliopistojen ja teollisuuden yhteistyön ongelmaksi on julkisessa keskustelussa usein esitetty yliopistojen liian vähäinen teollisuuden ja yritysten intressien ottaminen huomioon. OECD:n tekemissä kansallisten innovaatiojärjestelmien tarkasteluissa on kuitenkin huomattu, että riittämätön panostus perustutkimuksen laadun ylläpitämiseen voi myös muodostua innovaatiokyvyn esteeksi. Teollisuudessa on korostettu yliopistojen uutta luovaa tutkimustyötä ja kansainvälisesti korkeatasoista osaamista edellytyksinä yritysten taloudelliselle menestykselle globalisoituneilla markkinoilla (ks. Ollila 1999). Lisäksi on myös todettu, että teollisuudessa ei aina tunnusteta riittävästi perustutkimuksen merkitystä tiedon uusiutumisen varmistamisessa. Toisaalta, on tuotu esille perustutkimusta ylläpitäviin instituutioihin liittyviä ongelmia: muun muassa yliopistojen johtamis- ja hallintokulttuuri, kannustinjärjestelmät ja sen edelleen elävän pelon, että tutkijat menettävät tieteellisen riippumattomuutensa yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa.

Toistaiseksi ei ole yksiselitteistä tietoa siitä, kuinka vahvasti elinkeinoelämä on valmis sijoittamaan yhteistyöhön, joka on yritysten tavoitteiden suuntainen, mutta ei tuota niille välittömiä taloudellisia etuja. Koska tutkimus- ja kehittämistyö on hyvin työvaltaista, voidaan palkkakustannuksia ja muita taloudellisia panostuksia pitää yhtenä hyvänä eri osapuolten sitoutuneisuuden mittarina verkostoissa. Esimerkiksi Tietoteollisuuden lisäkoulutusohjelmaan liittyen 23 yritystä tekivät yhdessä yliopistojen kanssa selvityksen alalla tarvittavista uusista laitteista. Selvityksen perusteella yritykset päätyivät tekemään Teknilliselle korkeakoululle, Tampereen teknilliselle korkeakoululle ja Oulun yliopistolle 47 miljoonan markan arvoisen lahjoituksen tutkimuslaitteiden han-

## Sisällys

kintaan ja uudistamiseen vuosina 1999–2001. Ohjelmassa osoitettu julkinen rahoitus yliopistoille oli vastaavana aikana noin 300 miljoonaa markkaa. Se on tarkoitettu alan koulutuksen lisäämiseen.

### 2.3.2 Valtion tutkimuslaitokset

Valtion tutkimuslaitokset ovat sektoritutkimuksen toteuttamisen vastuujärjestelmän osia. Niiden tulisi kyetä samanaikaisesti sekä korkeatasoiseen tieteelliseen tutkimukseen että asiakaslähtöiseen ja ongelmakeskeiseen soveltavaan tutkimukseen ja tutkimustulosten käytäntöön viemiseen. Laitosten tehtäviin kuuluu tärkeänä osana myös erilaisia viranomais tehtäviä. Ministeriöt ovat päävastuussa sektoritutkimuksen kehittämisestä omalla hallinnonalallaan.

Sektoritutkimuksen yleinen kehittäminen kuuluu valtion tiede- ja teknologianeuvoston tehtäviin. Sen esityksestä kaikki tutkimuslaitokset arvioitiin vuoden 1999 loppuun mennessä. Vuosien 1995–1999 aikana tutkimuslaitosten kehittämisessä siirryttiin arviointien jälkeiseen vaiheeseen, jossa määriteltiin kehittämistoimet ja aloitettiin niiden toteuttaminen. Niitä seurataan ja arvioidaan osana talouden ja toiminnan suunnittelua ja kehittämistä hyödyntämällä tulosohejausta.

Valtion tiede- ja teknologianeuvosto on pohtinut sektoritutkimuslaitosten organisointia toiminnallisen yhteistyön pohjalta ja asettanut sille tavoitteita. Rahoittajien tehtävänä on horisontaalisen yhteistyön vahvistaminen edelleen. Pelkän laitospohjaisen tai sektoritutkimuksen sisäisen kehittämisen tarkastelun sijasta tärkeää on koko tutkimusjärjestelmän kehittämisen näkökulma. Ministeriöiden tulee kehittää sektoritutkimuksen rahoitusrakennetta niin, että ministeriöiden sitomattomat tutkimusvarat kasvavat suhteessa laitosten rahoitukseen tai muuten sidottuihin määrärahoihin. Lisäksi tutkimuslaitosten rahoitusrakennetta on kehitettävä niin, että ulkopuolisen rahoituksen määrää ja osuutta voidaan kasvattaa laitosten perustehtävien hoidon kannalta järkevällä tavalla.

Tutkimuslaitokset toimivat sekä julkisen tutkimus- ja kehittämisrahoituksen kohdentajina että suorittajina. Valtion tutkimusrahoituksesta tutkimuslaitosten osuus laski vuosina 1995–1999 noin 21 prosentista 16 prosenttiin. Tutkimuslaitosten perusrahoitus valtion budjetista on supistunut reaalisesti vuosina 1993–1999 ja erityisesti suhteessa niiden hankkimaan ulkopuoliseen rahoitukseen.

Kilpaillun ulkopuolisen rahoituksen saamista voidaan pitää osoituksena laitoksen tutkimuksen korkeasta tieteellisestä tasosta. Ulkopuolista tutkimusrahoitusta on useissa tapauksissa pyritty kasvattamaan määrätietoisesti ja järjestelmällisesti laitoksen oman budjettirahoituksen kanssa. Suurin osa tutkimuslaitoksista on kasvattanut ulkopuolisen rahoituksen määrää ja sen osuutta tutkimuksen kokonaismenoista 1990-luvun jälkipuoliskolla (taulukko 2.8). Usean tutkimuslaitoksen kohdalla kasvu johtuu EU-rahoituksen nopeasta lisääntymisestä. Myös ministeriöiden haettavissa olevia ns. sitomattomia määrärahoja on ohjautunut yhä enemmän valtion tutkimuslaitoksille. Maa- ja metsätalousministeriön jakama sitomaton rahoitus muodostaa suuren osan monen sen alaisen tutkimuslaitoksen ulkopuolisesta rahoituksesta. Yhteiskuntatieteitä tutkivien laitosten ulkopuolinen rahoitus tulee suurimmaksi osaksi ministeriöiltä.



■ Taulukko 2.8. Tutkimuslaitosten ulkopuolinen rahoitus vuosina 1995 ja 1997.

Tutkimuslaitos	Ulkopuolinen rahoitus (1 000 mk)		Ulkopuolisen rahoituksen reaalimuutos
	1995	1997	1995–1997
Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos	2 241	2 110	–8 %
Geodeettinen laitos	1 949	2 668	34 %
Geologian tutkimuskeskus	1 852	3 575	89 %
Ilmatieteen laitos	16 561	15 779	–7 %
Kansanterveyslaitos	38 000	66 000	70 %
Kotimaisten kielten tutkimuskeskus	229	434	85 %
Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos	3 000	4 315	41 %
Maatalouden tutkimuskeskus	32 100	52 000	58 %
Merentutkimuslaitos	2 700	5 100	85 %
Metsäntutkimuslaitos	45 503	40 210	–14 %
Oikeuspoliittinen tutkimuslaitos	791	1 244	54 %
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos	15 789	14 507	–10 %
Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus	5 617	14 500	152 %
Suomen ympäristökeskus	29 000	53 000	79 %
Säteilyturvakeskus	3 443	8 060	129 %
Työterveyslaitos	22 200	26 400	16 %
Valtion taloudellinen tutkimuskeskus	1 550	2 231	41 %
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	544 933	667 480	20 %

Lähde: Tilastokeskus ja Suomen Akatemian kysely tutkimuslaitoksille vuonna 2000.

Suomen Akatemian tutkimuslaitoksille myöntämä rahoitus on kasvanut vuosien 1995–1998 aikana 27 miljoonasta markasta (5 % tutkimusrahoituksesta) 61 miljoonaan markkaan (7 %). Rahoitusta sai 15 tutkimuslaitosta vuonna 1995 ja 18 vuonna 1998. Kansanterveyslaitokselle myönnettiin vuonna 1998 lähes puolet varoista, pääasiassa tutkimusohjelmien kautta. 1990-luvun jälkipuoliskolla Kansanterveyslaitos, Ilmatieteen laitos, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Maatalouden tutkimuskeskus ja Metsäntutkimuslaitos ovat saaneet eniten rahoitusta tutkimukseen.

Tekesin yliopistoille ja tutkimuslaitoksille myöntämästä kasvaneesta tutkimusrahoituksesta (1995: 332 miljoonaa markkaa; 1998: 705 miljoonaa markkaa) tutkimuslaitosten osuus on laskenut 1990-luvun jälkipuoliskolla 41 prosentista 32 prosenttiin (1995: 135 miljoonaa markkaa; 1998: 228 miljoonaa markkaa). Tästä rahoituksesta VTT:n osuus on ollut 86–88 prosenttia vuosina 1995–1997. Vuonna 1998 muut tutkimuslaitokset kasvattivat osuuttaan 20 prosenttiin. Merkittävimpiä rahoituksen saajia 1990-luvun jälkipuoliskolla ovat olleet VTT:n lisäksi Ilmatieteen laitos, Työterveyslaitos ja Geodeettinen laitos. Erityisesti Työterveyslaitoksen Tekesiltä saama rahoitus on kasvanut hyvin nopeasti.

Noin puolet tutkimuslaitoksista saa ulkopuolista rahoitusta yrityksiltä. Elinkeinoelämän rahoittamaa tutkimusta tehdään paljon Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa, Maatalouden tutkimuskeskuksessa ja Työterveyslaitoksessa.

## Sisällys

Tutkimuslaitosten kansainvälinen ulkopuolinen tutkimusrahoitus on painottunut EU:n tutkimusohjelmiin. Monet laitokset osallistuvat nykyään EU:n tutkimusohjelmiin valikoiden, kriteerinä on pääsääntöisesti laitoksen oman strategian toteutuminen. Tutkimuslaitokset ovat menestyneet keskimäärin hyvin EU-rahoituksen hankkimisessa. Suomalaisia tutkimuslaitoksia oli mukana EU:n toisen tutkimuksen puiteohjelmassa 36 hankkeessa, kolmannessa puiteohjelmassa 212 hankkeessa ja neljännessä puiteohjelmassa 539 hankkeessa. Neljännessä puiteohjelmassa Valtion teknillinen tutkimuskeskus on ollut menestyksekkäin osallistuja yli 300 hankeosallistumisella. Työterveyslaitos, Ilmatieteen laitos, Maatalouden tutkimuskeskus, Kansanterveyslaitos ja Säteilyturvakeskus ovat myös olleet mukana yli 20 hankkeessa. Yhteiskuntaa tutkivista pienistä tutkimuslaitoksista Valtion taloudellinen tutkimuskeskus ja Kuluttajatutkimuskeskus osallistuivat muutamiiin hankkeisiin. Tutkimuslaitokset osallistuivat eniten ympäristöohjelman (ENV 2) hankkeisiin.

### 2.3.3 Kansallisten klusteriohjelmien rooli Suomen tiede- ja innovaatiojärjestelmässä

Suomalaisen klusteripolitiikan lähtökohtana voidaan pitää kauppaja- ja teollisuusministeriön vuonna 1993 julkistamaa kansallista teollisuusstrategiaa. Strategiaan sisältyy Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen toteuttama analyysi suomen teollisuuden klustereista, niiden tilasta ja kehitysmahdollisuuksista. Klusteriajattelu pohjaa teoriaan kansallisen kilpailukyvyen kehittämistä yritysten muodostamia teollisia klustereita vahvistamalla. Keskeiset kilpailukykytekijät voidaan jakaa neljään: tuotannontekijät, yritysstrategiat ja kilpailuolot, kysyntätekijät ja lähi- ja tukialojen yhteistyö.

Kansallisen tiedon ja osaamisen strategian mukaisesti tutkimusrahoituksen tulee parantaa innovaatiojärjestelmän toimintaa, laatua ja vaikuttavuutta. Tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimuksen lisärahoitusohjelmassa on kohdennettu budjettivaroja seitsemän eri klusterin kehittämiseen. Klusteriohjelmilla luodaan verkostomaisia osaamiskeskittymiä, jotka yhteistyön kautta synnyttävät uutta innovaatiopotentiaalia, kilpailukykyä, liiketoimintaa ja työpaikkoja eri teollisuuden ja palvelujen aloilla. Innovaatioiden määrällisen kasvun ohella klustereiden kehittämisellä voidaan pyrkiä myös nopeuttamaan innovaatioiden syntyä. Varsinaiset klusterit ovat metsä-, elintarvike- ja ympäristöklusteri, liikenne- ja tietoliikenneklusteri, työelämän kehittämisohjelma sekä hyvinvointi-klusteri. Osa klustereista on jakautunut alaohjelmiin.

Klusteriohjelmien kokonaisrahoitusta on mahdotonta arvioida yhdellä luvulla. Volyymi riippuu tavasta rajata ohjelmakokonaisuudet. Mikäli ohjelmien volyymia arvioidaan ministeriöiden ja muiden julkisten rahoittajien ohjelmamäärärahojen avulla, päädytään runsaaseen 600 miljoonaan markkaan vuosina 1997–1999. Mikäli mukaan otetaan kaikkien rahoittajien klusterihankkeisiin osoittamat varat sekä toimijoiden arvioimat omat panostukset, päädytään selvästi korkeampaan noin 1,3 miljardin markan tasoon. Arviot perustuvat klusteriohjelmille budjetoituihin varoihin. Hyvinvointi-klusteri on laskentatavasta riippumatta selvästi merkittävin kokonaisuus noin 800 miljoonan markan volyymillaan. Muita panostukseltaan merkittäviä ohjelmia ovat metsäklusterin tutkimusohjelma ja ympäristöklusterin tutkimusohjelma, joiden yhteinen panostus on vajaat 300 miljoonaa markkaa. Kansallisen työelämän kehittämisohjelman yleiset tavoitteet ovat klusteritoiminnan mukaiset. Ohjelman 200 miljoo-

■ Taulukko 2.9. Suomen Akatemian osallistuminen klusteriohjelmiin.

Klusteriohjelma	Klusteriohjelman kokonaisrahoitus milj. mk	Suomen Akatemia	
		Tutkimusohjelma/suunnattu haku	Myönnetty rahoitus milj. mk
Metsäklusteri	200	Metsäntuotteiden materiaallitiede	28
Elintarvikeklusteri	28	–	–
Hyvinvointi-klusteri	800	Ikääntymisen tutkimusohjelma	15
Liikenneklusteri (Tetra)	70	–	
(Ketju)	85	–	
Tietoliikenneklusteri (verkkokaveri)	45	–	–
Työelämän kehittämisohjelma	30	–	–
Ympäristöklusteri	80	Materiaalivirtojen hallinta- ja materiaalien uusiokäyttö	6

Lähde: Klusteriohjelmien koordinaattorit ja Suomen Akatemian tietojärjestelmä.

nan markan kokonaisvolyymista on tässä huomioitu vain 30 miljoonaa markkaa, jotka on käytetty suoraanisiin verkostohankkeisiin. Merkittävimmät klusteriohjelmiä rahoittavat hallinnonalat ovat sosiaali- ja terveysministeriö (hyvinvointi-klusteri) sekä kauppa- ja teollisuusministeriö, joka rahoittaa useita ohjelmia Tekesin kautta.

Toistaiseksi on vielä ennen aikaista arvioida klusteriohjelmien tuloksia ja vaikutuksia kokonaisuudessaan uusien liiketoimintojen ja työpaikkojen synnyn kannalta, koska hankkeet ovat vielä alkuvaiheessa. Sen sijaan yhteistyöverkostojen rakentamista, joka on edellytys innovaatiojärjestelmän muun kehittämisen kannalta, voidaan jo arvioida. Nämä tulokset näyttävät myönteisiltä. Eri hallinnonalojen, tutkimuksen rahoittajien sekä tutkimuksen tekoon osallistuvien eri toimijoiden vuorovaikutus ja yhteistyö ovat lisääntyneet. Esimerkiksi ympäristöklusterin tutkimusohjelman rahoitukseen ovat osallistuneet ympäristöministeriön lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriö, Tekes, Suomen Akatemia (ks. taulukko 2.9) sekä yksityinen sektori. Tutkimus- ja kehityshankkeissa on mukana toimijoita eri yliopistoista, tutkimuslaitoksista ja yrityksistä. Vastaavaa yhteistyötä on useimmissa klusteriohjelmissa.

Klusteriohjelmien hyödyllisyys perustuu erilaisten toimijoiden yhteistyöhön. Toisaalta on tärkeää, että hankkeiden osapuolet säilyttävät yhteistyössä oman toiminnallisen profiilinsa. Tällä voidaan varmistaa se, että innovaatiojärjestelmän eri toimijoiden vahvuuksia voidaan hyödyntää klustereissa. Vaikka klusteriyhteistyö lähentää eri toimijoiden intressejä, yhteistyön hedelmällisyyden kannalta erilaisuuden säilyttäminen takaa sen, että klusterit säilyttävät innovaatiopotentiaalinsa. Suomen Akatemian hankkeissa tuotettava tieto ja osaaminen sekä hankkeiden valinnassa noudatettavat korkeat laatuvaatimukset vahvistavat myös muiden klusterihankkeiden pyrkimyksiä tavoittaa korkeatasoisia tuloksia. Tekesin rahoitus puolestaan suuntaa hankkeita käytännöllisiin tavoitteisiin ja yritys yhteistyön suuntaan.

Erilaisten tiedonintressien yhteen kietoutuminen näyttää toteutuvan klusteriohjelmien hankkeissa vaihtelevasti. Joukossa on puhtaita perustutkimushankkeita, mutta useimmissa hankkeissa esiintyy perustutkimuksen ohella samanaikaisesti soveltavaa tutki-

## Sisällys

musta ja kehitystyötä. Tyypillisimmät tulosodotukset koskevat uuden tiedon ja osaamisen syntymistä<sup>3</sup>. Yli 75 prosentissa hankkeista odotetaan selviä tiedollisia hyötyjä. Käytännöllisten hyötyjen odotukset ovat selvästi harvinaisempia. Liikevaihdon lisäystä tai uuden julkisen palvelun syntymistä odotetaan korkeintaan joka viidennessä hankkeessa. Patenteihin tai lisensseihin liittyvät odotukset ovat vieläkin harvinaisempia. Pääosassa hankkeista on kyse jo olemassa olevan tiedon tai teorioiden jonkinlaisesta soveltamisesta, vain neljäsosa hankkeista ilmoittaa tavoitteekseen tuottaa täysin uutta osaamista. Klusteriohjelmien tavoitteiden kannalta – kilpailukyky, uudet tuotteet tai palvelut – hankkeet ovat oikein suuntautuneita. Etäisyys soveltavasta tutkimuksesta käytännöllisiin innovaatioihin näyttää kuitenkin suhteellisen pitkältä.

Klustereiden rahoittajat ovat omista tiede- ja teknologiapoliittisista lähtökohdistaan vaikuttaneet hankkeiden profiileihin. Esimerkiksi täysin uuden osaamisen tuottamiseen ja monitieteisyyteen pyritään Suomen Akatemian rahoittamissa hankkeissa selvästi useammin kuin Tekesin rahoittamissa hankkeissa. Olennaista on sekä Akatemian että Tekesin rahoittamien hankkeiden monipuoliset tavoitteet. Tämä osoittaa klustereissa olevan mahdollisuuksia löytää sellaisia rajapintoja, joita hyödyntämällä voidaan synnyttää innovaatioiden tuottamisessa tarvittavaa uutta tietämystä.

---

3 Tiedot perustuvat Sitran kokoamaan alustavaan aineistoon klusterihankkeista.

## 3 Yliopistojen rakenteet, ohjausmekanismit ja strategiat

### 3.1 Pitkäjänteinen kehittämislinja

Suomessa on 1980-luvulta lähtien vallinnut koulutus- ja tutkimusmyönteinen ilmapiiri. Sitä on leimannut pyrkimys yliopistoissa tehtävän tutkimuksen ja tutkijankoulutuksen aseman ja edellytysten vahvistamiseen. 1980-luvun alussa tutkimusrahoitus oli vielä melko vaatimatonta, mutta jo vuosina 1981–1985 se kasvoi nopeammin kuin muissa OECD-maissa. Tämä kehitys perustui valtion tiedeneuvoston (nykyisin valtion tiede- ja teknologianeuvosto) ja hallituksen yhteisymmärrykseen nostaa uudesta tiedosta ja sen levittämisestä vastuussa olevien instituutioiden rahoitus tasapuoliseen asemaan kilpailijamaihin nähden. Sen seurauksena yliopistojen tutkimus- ja kehittämistoimintaan käyttämät varat kaksinkertaistuivat reaaliarvoltaan ja tutkimusrahoituksen osuus bruttokansantuotteesta nousi 1980-luvulla lähelle kahta prosenttia.

1980-lukua voidaan pitää tutkimusjärjestelmän myönteisen rahoituskehityksen sekä vakaan yliopistolaitoksen rakenteiden ja infrastruktuurin edistämisen kautena. Yliopistojen budjettirahoitus ja valtion tutkimuslaitosten voimavarat kasvoivat tuolloin tasaisesti. Myös tutkimuksen ja tutkijankoulutuksen asema ja edellytykset vahvistuivat. Vuonna 1986 annettu korkeakoulujen kehittämislaki ja siihen liittyvä valtioneuvoston päätös (niin sanottu resurssipykälä) takasivat yliopistojen tutkimuksen kannalta keskeisten määrärahojen kasvuohjelman aina vuoteen 1991. Vuosikymmenen alkupuolen talouden syvä lama taittoi tämän kehityksen. Yliopistojen tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot kasvoivat vielä 1990-luvun alkuvuosina, minkä jälkeen ne reaalisesti laskivat.

Vuonna 1996 Suomen hallitus päätti lisätä merkittävästi valtion tutkimusrahoitusta vuoteen 1999 mennessä. Tätä päätöstä tukivat aiemmat tietoyhteiskunta- sekä tiedon ja osaamisen Suomi -linjanvedot. Myös muualla tunnustettu tiede- ja teknologiapolitiikan yhteys suotuisaan talous- ja työllisyyskehitykseen havaittiin Suomessakin hyväksi keinoksi päästä lamasta irti. Kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittäminen alkoi konkreettisesti, kun vuosikymmenen tärkeimmän tiede- ja teknologiapoliittisen päätöksen mukaisesti tutkimusrahoitukseen tehtiin 1,5 miljardin markan tasokorotus. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan julkinen rahoitus lisääntyi nopeammin kuin koskaan. Samalla rahoittajien vaatimukset tutkimuksen yhteiskunnallisesta ja taloudellisesta relevanssista kasvoivat.

Tutkimuksen yhteyksistä yhteiskunnan kehitykseen ja erityisesti taloudelliseen menestymiseen on keskusteltu läntisissä teollisuusmaissa suhteellisen runsaasti 1960-luvulta lähtien. 1990-luvulla asia on ollut kuitenkin aiempaan verrattuna huomattavasti enemmän esillä. Myös Suomessa keskustelu tutkimuksen tärkeydestä ja tutkimusjärjestelmän kehittämisestä on jatkunut pitkään, mutta kuva Suomesta tutkimusta aktiivisesti tukevana ja kansainvälisesti tunnettuna korkean teknologian maana on kuitenkin uusi. Tämä havaitaan, kun tarkastellaan esimerkiksi tutkimusintensiiteetin tai korkean teknologian viennin ja vaihtotaseen viime vuosien kehitystä. 1990-luvun loppupuolella on myös tutkimuksen kansallinen strateginen merkitys kasvanut. Suomen pa-

## Sisällys

nostus koulutukseen, osaamiseen, tutkimukseen ja teknologiaan on myös OECD:n mitataavassa ollut pitkäjänteistä ja laaja-alaista. OECD:n vuonna 1998 julkaisemassa raportissa, joka käsittelee laajasti tieteen ja teknologian yhteyttä maiden tuotantoelämään ja työllisyyteen, on Suomen vahvuutena pidetty tiedeperustan hallinnointia, tutkimuksen taloudellisia voimavaroja, yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä sekä teknologian kehitystä ja soveltamista.

### 3.2 Muutoksen tilassa

Yliopistojen ja tutkimuksen sisäinen organisoituminen ja suhde yhteiskuntaan on muuttunut lähes jatkuvasti 1930-luvun lopulta lähtien. Jo niin kutsutun vanhan Suomen Akatemian perustamisen yhteydessä vuonna 1938 keskusteltiin tutkijankoulutuksen kehittämisestä, tutkimusvoimavarojen tuloksekkaasta käytöstä ja rahoituksen keskittämisestä tehokkaimmille tutkijoille. Tästä näkökulmasta yliopistoihin nykyisin kohdistuvat paineet eivät ole täysin uusia. Yliopistotutkimukseen ovat vaikuttaneet samanaikaisesti niin tutkimusjärjestelmän sisäiset kuin ulkoisetkin tekijät. Vaikka keskustelussa yliopistojen suhteesta yhteiskuntaan on esiintynyt aikasidonnaisia teemoja ja painotuseroja, on myös toistuvia aiheita. Näitä ovat esimerkiksi tieteen ja tutkimuksen yhteiskunnallisen merkityksen korostaminen, tutkimus- ja kehittämistoiminnan tärkeys teollisuudelle sekä tavoitteet tutkimuksen ja teknologian avulla ratkaista yhteiskunnallisia ongelmia ja edistää hyvinvointia.

Yliopistojen, valtion tutkimuslaitosten ja yritysten yhteistyön tärkeyttä alettiin korostaa uudelleen 1980-luvun lopulla. Tavoitteena oli perus- ja soveltavan tutkimuksen sekä kehittämistyön kytkeminen entistä tiiviimmin yhteen. Samalla suhtautuminen tutkimukseen muuttui. Erityisesti valtionhallinnossa ja yrityksissä toiminnan keskeisiksi tavoitteiksi asetettiin teollisuuden teknologinen edistäminen ja tutkimukseen perustuvien teollisten tuotteiden kehittäminen eli teollisuuden strategisen uusiutumisen ja kilpailukykyyn ylläpito. Myös yliopistotutkimukselta alettiin vaatia painokkaammin tehokkuutta, tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta.

Yliopistoissa on 1980- ja 90-lukujen vaihteesta lähtien purettu päällekkäisiä, epätarkoituksenomaisia tai vanhentuneita toimintoja ja selkeytetty yliopistojen keskinäistä ja sisäistä työnjakoa. Tutkimuslaitoksia on yhdistetty laajoiksi ja toimivammiksi kokonaisuuksiksi. Suomen kansainvälisesti tarkasteltuna pieniä yliopistoja on kannustettu erikoistumaan ja keskittymään omille vahvuusaloilleen. Yliopistojen alueellinen vaikuttavuus ja rooli alueensa kehittämisessä on kasvanut. Valtiovalta on korostanut profiloitumista ja toiminnan päällekkäisyyksien poistamista. Yliopistojen tutkimustoiminnan nostaminen korkealle tieteelliselle tasolle on edellyttänyt tutkimusrahoituksen määrätietoista suuntaamista kilpailun kautta valittuihin kohteisiin.

On todettu, että länsimaisiin yliopistoihin ei ole montakaan kertaa niiden yli 900-vuotisen historian aikana kohdistunut niin suuria odotuksia, toiveita ja ulkoisia paineita kuin nykyään. Toimintaympäristön muutokset, kuten koulutuksen ja tutkimuksen kansainvälistyminen, yliopistoihin ulkopuolelta kohdistuvat kasvavat odotukset, tehtävien lisääntyminen, arvojen ja kulttuurien murros sekä valtion suoran budjettirahoituksen suhteellinen väheneminen, ovat kaikki heijastuneet yliopistojen ohjausmekanismeihin, tutkimuksen rahoitusrakenteeseen ja rahoituksen jakoperusteisiin. Muutokset näkyvät

myös yliopistojen käytännön toiminnassa. Vaikutuksista käydään jatkuvaa keskustelua niin yliopistojen piirissä kuin niiden ulkopuolellakin. Yliopistojen näkökulmasta huolta aiheuttavat valtion tutkimus- ja kehittämistoiminnan sisäinen painotus sekä yliopistoissa tehtävän perustutkimuksen rahoitus tulevaisuudessa.

Yliopistojen perustehtäviä ovat tutkimus ja opetus. Yliopistot korostavat kehittämis-työssään yliopistojen perinteisen sivistys- ja kulttuuritehtävän lisäksi akateemista autonomiaa. Tutkimuksen vapautta pidetään edelleen autonomian peruspilarina. Siihen kuuluu mahdollisuus itse valita tutkimuskohteet sekä oikeus julkaista myös sellaiset tutkimustulokset, jotka voivat esimerkiksi rahoittajan kannalta olla ongelmallisia. Tilanteeseen luovat ristivetoa yhtäältä tutkimuksen laadun korostaminen, kansainvälisen yhteistyön lisääminen sekä yliopistojen ja teollisuuden yhteyksien vahvistaminen. Toisaalta päättäjät ja tutkimustulosten hyödyntäjät painottavat tutkimustulosten käyttökelpoisuutta ja taloudellista relevanssia.

### 3.3 Ohjausjärjestelmä ja rakenteet

Yliopistojen toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset ovat Suomessa 1990-luvun loppupuolella olleet varsin samankaltaisia kuin muissa OECD-maissa. Suomessa toiminnallisia ja rakenteellisia uudistuksia ovat olleet tutkimuksen huippuyksikköjärjestelmän perustaminen, tutkijakoulujärjestelmän luominen ja ammattimaisen tutkijauran kehittäminen tutkijatohtorijärjestelmän avulla sekä yhteistyön kasvu yliopistojen ja yksiköiden, tieteenalojen, tutkimuslaitosten ja teollisuuden kesken. Muutokset ovat tukeneet uudenlaisten luovien tutkimusympäristöjen syntymistä, mitä on pidetty positiivisena kehityksenä kaikissa yliopistoissa.

#### 3.3.1 Tulosohjaus

Julkisen hallinnon tehostaminen ja julkisen johtamisen edellytysten parantaminen on ollut OECD-maissa keskeisellä sijalla 1990-luvulla. Myös Suomen valtionhallinnon kehittämisessä pääajatuksena on ollut irtautua vanhasta keskitetystä suunnittelujärjestelmästä ja korvata se tulos- ja palvelusuuntautuneella ohjauskulttuurilla. Säädöksiin, normien ja yksityiskohtaisen budjettiohjauksen tilalle ovat tulleet tulostavoitteet ja niiden saavuttamiseksi tarvittavia voimavaroja koskevat sopimukset.

Opetusministeriön ja yliopistojen välinen tulossopimusmenettely on ollut käytössä vuodesta 1994 lähtien. Ohjausfilosofian muutos on ollut nopea; vuonna 1999 julkaistun arvion mukaan nopeimpia koko eurooppalaisessa tutkimusjärjestelmässä. Vuosien 1986–1996 kehittämislainsäädäntö juurrutti tulosohjauksen ja kustannustehokkuuden nopeasti ja tehokkaasti suomalaiseen yliopistomaailmaan. Tulosneuvotteluissa sovitaan toiminnan tavoitteista sekä perus-, hanke- ja tuloksellisuusrahoituksesta. Lisäksi sovitaan yliopistojen tehtävistä, profiloitumisalueista ja painoaloista. Tulossopimukset tehdään kolmivuotiseksi siten, että ensimmäisenä vuonna neuvotellaan toiminnan tavoitteista ja ensimmäisen sopimusvuoden rahoituksesta sekä kahtena seuraavana vuonna näiden vuosien rahoituksesta.

Yliopistojen perustehtävät, tieteellinen perustutkimus ja tutkimukseen perustuva tutkijankoulutus sekä perusopetus, on määritelty yliopistolaisissa. Yhteinen laki vuodelta

## Sisällys

1998 korvasi 20 yliopiston omaa erillistä lakia. Laissa taataan yliopistojen itsehallinto, tutkimuksen ja opetuksen riippumattomuus. Yliopistojen päätösvaltaa on lisätty ja yksityiskohtaisesta budjettiohjauksesta on siirrytty tulosohjaukseen, jossa korostetaan toiminnan tavoitteiden ja määrärahojen välistä yhteyttä. Laki toi lisää hallinnollisiin rakenteisiin liittyvää päätösvaltaa, esimerkiksi mahdollisuuden päättää yliopistojen tutkimus- ja opetusjärjestelyistä. Näin on haluttu parantaa muun muassa yliopistojen reagointikykyä ja -nopeutta. Yliopistolaki antaa myös uudenlaisen strategisen johtamisen mahdollisuuden.

Päämääränä on siis toiminnan tavoitteiden ja tulosten entistä kiinteämpi sitominen rahoitukseen. Keskustelua on paljon käyty siitä, onko yliopiston yleinen toimintavapaus lisääntynyt vai vähentynyt. Yliopistojen näkökulmasta autonomia on paradoksaalisesti lisääntynyt, mutta samalla kaventunut. Vaakakupissa ovat yhtäältä yliopistojen lisääntynyt taloudellinen päätösvalta – esimerkiksi valta päättää omista virkajärjestelyistä – sekä toisaalta budjettirahoituksen sitominen suoraan tiettyihin hankkeisiin ja aloittain sovittuihin tutkintomääriin. Yliopistojen toiminnan vapausaste on kieltämättä ratkaisevasti kasvanut. Kontrolli tapahtuu tulostavoitteiden kautta ja ratkaisevaan asemaan nousevat kriteerit, joita käytetään yliopistojen tulosten määrittelyssä.

Yliopistojen budjettirahoitus on tätä nykyä riippuvainen yliopistojen aikaansaamista suoritteista. Yliopistojen on tuotettava tutkintoja ja tehtävä hyvää tutkimusta. Yliopistojen perusrahoituksesta jaetaan 65 prosenttia koulutuksen ja 35 prosenttia tutkimuksen perusteella. Koulutuksen mittaimina käytetään maisterintutkintoja ja tutkimuksen mittaimina tohtorintutkintoja. Rahoituksessa siirryttiin 1990-luvulla asteittain niin kutsuttuun laskennalliseen malliin. Budjetoinnin uudistus tulee täyteen laajuuteen tulosopimuskaudella 2001–2003. Yliopistojen taholta on uudessa mallissa kritisoitu perusrahoituksen määrää suhteessa tutkintotavoitteisiin sekä sitä, että malli ei ota huomioon laatua tarpeeksi. Yliopistot painottavat perusrahoituksen vakaan kehityksen tärkeyttä. Myös sitomattoman perusrahoituksen suhde toimintasidonnaiseen rahoitukseen sekä tuloksellisuusrahoituksen osuus ovat keskustelujen kohteina. Toiminnan tuloksellisuuden perusteella kohdennetaan voimavaroista noin 2–5 prosenttia. Opetusministeriö on luvannut kehittää yliopistojen budjetointijärjestelmää siten, että se mahdollistaa yliopistojen perustehtäville asetettujen tavoitteiden toteutumisen, koulutus-, tutkimus- tai kulttuuripoliittisesti merkittävien valtakunnallisten tehtävien hoitamisen ja toiminnan laadun ja vaikuttavuuden palkitsemisen.

Helsingin yliopisto on ensimmäisenä yliopistona Suomessa toteuttanut laajan tutkimuksensa laadun arvioinnin ja luonut sen pohjalta mallin, jossa toiminnan laatu on nostettu määrällisten tekijöiden rinnalle yliopiston sisäisten voimavarojen kohdentamiskriteerinä. Jokaiselle yliopiston tiedekunnalle on luotu tutkimuksen laatua kuvaava numeerinen kerroin, jota tullaan käyttämään tiedekuntien välisessä rahanjaossa vuosina 2000–2004. Helsingin yliopiston mallissa arvioinnin tuloksia käytetään sisäisessä rahanjaossa siten, että rahoitusta siirretään parhaiten menestyneille alueille. Tämän rinnalle kehitetään myös järjestelmä, joka auttaa huonommin menestyneitä aloja parantamaan tutkimuksensa laatua.

Korkeakoulujen kehittämislakiin vuodelta 1986 liittyi valtioneuvoston päätös, jossa edellytettiin kaikissa korkeakouluissa otettavan käyttöön toiminnan arviointijärjestel-



mä, joka tuottaisi riittävät ja vertailukelpoiset tiedot tutkimuksen ja opetuksen tuloksista sekä niiden kustannuksista. Yliopistojen ja korkeakoulujen tutkimustoiminnan tuloksellisuuden arviointi on herättänyt vilkasta keskustelua. Esimerkiksi yliopistojen tutkimuksen tuloksellisuuden määrittely ja toimivien tunnuslukujen, indikaattorien käyttäminen arvioinnissa tuloskriteerinä on koettu ongelmalliseksi. Arvioinnista on kuitenkin tulossa yliopistojen keskeinen ja vakiintunut toiminto.

### 3.3.2 Rakenteellisen kehittämisen tavoitteet

Koko 1990-lukua leimasi yliopistojen ja korkeakoulujen rakenteellinen kehittäminen, joka esiintyi ensimmäisen kerran vuoden 1986 kehittämislaisissa. Laissa todettiin, että uusia voimavaroja kohdennettaessa on otettava huomioon tutkimuksessa ja koulutuksessa saavutetut tulokset ja, että olemassa olevia voimavaroja on kohdennettava uudelleen muuttuvien tarpeiden mukaan. Kun julkisen talouden tilanne pakotti valtion supistamaan myös tutkimusrahoitustaan vuosina 1993–1996, jouduttiin myös korkeakoulutuksen tavoitteita ja toimintalinjoja pohtimaan uudelleen. Määrärahojen leikkauksen lisäksi edellytettiin rakenteellisia muutoksia ja tutkimusjärjestelmän toimivuuden kehittämistä. Kehittämistyön perusteiksi otettiin muuallakin julkishallinnossa käytössä olleet tehokkuus-, tuloksellisuus- ja vaikuttavuusperiaatteet.

Valtioneuvosto päätti yliopistojen rakenteellisista kehittämistoimista vuosina 1993–1996 hyväksyessään koulutuksen ja korkeakouluissa harjoitettavan tutkimuksen kehittämissuunnitelmat, joissa kummassakin tavoitteeksi asetettiin, että yliopistot erikoistuvat ja sopeuttavat koulutus- ja tutkimustoimintansa taloudellisiin edellytyksiin. Yliopistojen tulossopimusten yhteydessä korostettiin, ja korostetaan edelleen, jatkuvaa rakenteellista kehittämistä. Yliopistojen kehittämisen keskeinen tavoite on parantaa opetuksen ja tutkimuksen laatua sekä yliopistojen taloudellisuutta, tehokkuutta ja toimivuutta.

Yliopistoille on 1990-luvulla asetettu muun muassa seuraavat kehittämistavoitteet: 1) yliopistojen kehittämisessä painotetaan tieteellistä tutkimusta ja korkeatasoista taiteellista toimintaa, jotka luovat perustan opetukselle, 2) korkeatasoisen perustutkimuksen ja tutkijankoulutuksen toimintaedellytykset turvataan, 3) joustavat ja monipuoliset tutkimus- ja koulutusjärjestelyt sekä yliopistojen profiloituminen vahvuusalueilleen muodostavat perustan tutkimuksen ja opetuksen kehittymiselle huipputasolle, 4) uusien yksiköiden, lupaavien tieteenalojen sekä ajankohtaisten ja tärkeiden tutkimusongelmien tutkimusrahoitusta lisätään, 5) nuorten väitelleiden tutkijoiden mahdollisuuksia päteöityä ammattitutkijoiksi parannetaan sekä 6) uusteollistamista tukevia yliopistojen ja yritysten yhteisiä tutkimushankkeita edistetään.

Uusimmassa koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa vuosille 1999–2004 todetaan, että yliopistot suuntaavat vuoteen 2002 mennessä vähintään kolme prosenttia vuoden 1999 perusvoimavaratasosta uudelleen opetuksen ja tutkimuksen edellytysten parantamiseksi ja painoalojen vahvistamiseksi.

Rakenteellisen kehittämisen tavoitteena on vahvistaa yliopistoverkon toimivuutta, lisätä mahdollisuuksia suunnata voimavaroja strategisille kasvualueille ja uusien nousevien alojen tukemiseen. Kehittämistoimien tarkoituksena on auttaa yliopistoja vastaamaan

## Sisällys

budjettirahoituksen kaventumiseen sekä vahvistaa niiden sisäistä kykyä reagoida toimintaympäristön muutoksiin. Rakenteellinen kehittäminen on ollut monissa yliopistoissa laajalle ulottuvaa. Toimintoja on pyritty kehittämään siten, ettei voimavaroja sitovaa päällekkäistä työtä enää tehtäisi. Rakenteita on muutettu joustavammiksi ja tehokkaammiksi lakkauttamalla ja yhdistämällä yksiköitä ja laitoksia sekä perustamalla uusia niille aloille, joilla se on ollut tarpeellista. Yliopistoilla on kuitenkin vieläkin paljon erillisiä toimipisteitä, joiden tarkoituksenmukaisuudesta on käyty keskustelua.

Tutkimusympäristöt ovat muovautuneet yliopistorakenteissa eri tutkimusaloilla hyvinkin erilaisiksi. Tieteidenvälinen yhteistyö on lisääntynyt niin tutkimuksessa kuin koulutuksessaakin. Tieteelliset yhteisöt eivät enää pelkäästään noudata akateemisia tieteenalarajoja. 1990-luvulla ovat syntyneet sateenvarjo-organisaatiot molekyylibiologiaa ja modernia bioteknologiaa menetelmittäin käyttävien biologisiin ja lääketieteellisiin ongelmiin keskittyvien tutkimusryhmien ympärille (esim. Helsingin Biocentrum, Biocenter Oulu, Turun BioCity sekä A. I. Virtanen -instituutti ja Soveltavan biotekniikan instituutti Kuopiossa). Myös tekniikan tutkimuksen alueella on syntynyt samantyyppisiä työskentelytapoja kuin biotieteiden piirissä.

Yliopistojen perinteisiä opetus- ja virkarakenteita on muutettu vastaamaan paremmin ajankohtaisen tutkimuksen tarpeita ja haasteita. Myös tiedekuntajärjestelmän uudistamisesta on esiintynyt muutamia puheenvuoroja ja useissa yliopistoissa muutosten tarvetta harkitaankin. Kehittämistehtävässä yliopistot ovat onnistuneet hyvin kun otetaan huomioon, että samanaikaisesti esimerkiksi rahoitusrakenteessa ja tutkintomäärissä on tapahtunut suuria muutoksia. Yliopistoille on lisäksi tullut uusia tehtäviä ja velvoitteita (mm. aikuiskoulutus avoimessa yliopistossa). Tuloksellisuusvaatimusten takia rakenteellista kehittämistyötä jatketaan edelleen.

Kehittämisen lähtökohtana on ollut yliopistojen oman erikoisosaamisen painottaminen: voimavaroja on keskitetty erityisille painoaloille samalla kun vähemmän merkittäviä aloja on supistettu. Tämä näkyy erityisesti luonnontieteen, tekniikan ja biotieteiden aloilla, joiden yksi tärkeimpiä tavoitteita on opetuksen ja tutkimuksen tukeminen ja tietopohjan vahvistaminen nopeasti kehittyvillä tuotannon aloilla. Myös rakenteellinen kehittäminen edellyttää yliopistoilta panostamista sisäiseen laadun arviointiin ja omien rahoituskriteerien luomiseen.

## 3.4 Yliopistojen voimavarat vuosituhaten taitteessa

### 3.4.1 Tutkimusmenot ja henkilöstö 1990-luvulla

Tutkimus- ja kehittämistoiminnan kokonaismenot ovat kasvaneet Suomessa vuodesta 1991 vuoteen 1998 nimellisesti kaksinkertaisiksi. Samanaikaisesti yliopistojen tutkimusmenot ovat kasvaneet noin 55 prosenttia. Vuonna 1998 yliopistosektorin tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot olivat 3,9 miljardia markkaa (taulukko 3.1). Tästä yliopistollisten keskussairaaloitten osuus oli noin 430 miljoonaa markkaa. Yliopistojen reaaliset tutkimusmenot kasvoivat edellisestä vuodesta 11 prosenttia. Aikaisempaan 1990-luvun kehitykseen verrattuna tämä oli poikkeuksellisen paljon. Yliopistojen reaaliset tutkimusmenot kasvoivat esimerkiksi vuodesta 1991 vuoteen 1995 yhteensä vain seitsemän prosenttia. Yliopistoissa tehtiin tutkimustyövuosia vuonna 1998

■ Taulukko 3.1. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot sektoreittain vuosina 1991–1998.

Vuosi	Yrityssektori		Julkinen sektori*		Yliopistot	Yliopistosairaalat	yht.	Yhteensä milj. mk
	milj. mk	%	milj. mk	%	milj. mk	milj. mk	%	
1991	5 798	57,0	2 126	20,9	2 248	–	22,1	10 172
1995	8 166	63,2	2 226	17,2	2 524	–	19,5	12 916
1997	11 396	66,0	2 430	14,1	3 062	386	20,0	17 274
1998	13 395	67,3	2 639	13,2	3 482	430	19,6	19 946

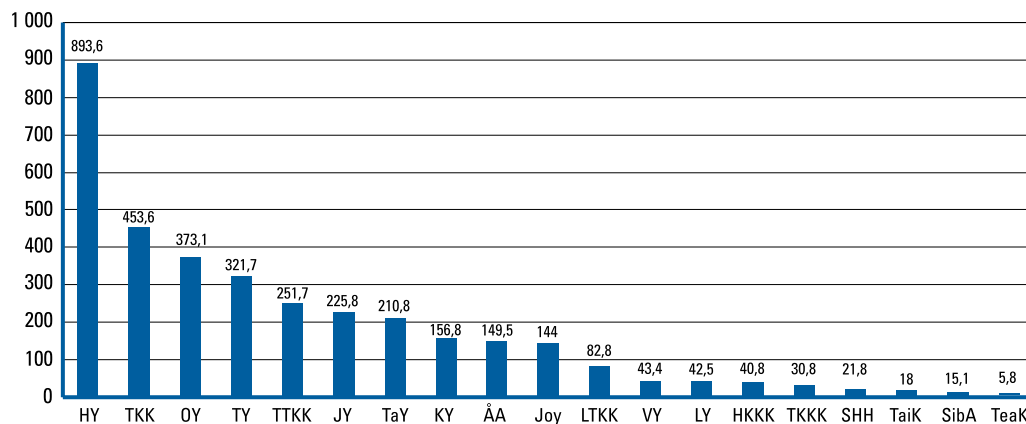
\*Mukaan lukien yksityinen voittoa tavoittelematon toiminta.

Lähde: Tilastokeskus.

yhteensä 13 653, joista yliopistollisissa keskussairaaloissa 863. Tutkimustyövuosien kasvu vuodesta 1997 oli noin 15 prosenttia.

Yliopistojen huomattavia kokoeroja kuvaa se, että neljän suurimman yliopiston yhteenlasketut tutkimusmenot olivat vuonna 1998 lähes 60 prosenttia koko yliopistolaitoksen tutkimusmenoista (kuvio 3.1). Tarkasteltaessa yliopistojen tutkimusmenojen kehitystä 1990-luvulla havaitaan yliopistojen kehityksessä varsin huomattavia eroja (kuvio 3.2). Kokonaisuudessaan yliopistojen tutkimustoiminnan volyyymi on 1990-luvulla kasvanut selvästi. Myönteinen kehitys on ollut lähinnä seurausta ulkopuolisen rahoituksen kasvusta – tämän rahoituksen hankinnassa ovat onnistuneet kaikki yliopistot.

■ Kuvio 3.1. Tutkimusmenot yliopistoittain vuonna 1998 (milj. mk).

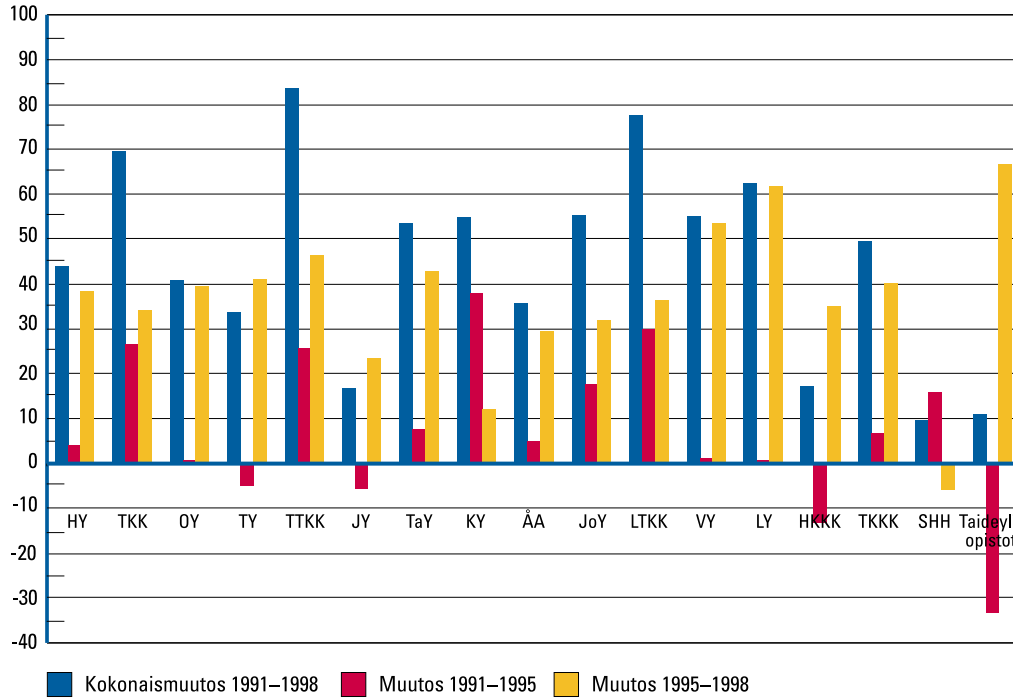


Lähde: Tilastokeskus.

Yliopistojen tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoissa suurin osuus oli vuonna 1998 luonnontieteillä (33 %), tekniikalla (20 %) ja yhteiskuntatieteillä (20 %) sekä pienin maatalous- ja metsätieteillä (2 %). Vuodesta 1991 vuoteen 1998 osuuttaan kasvattivat luonnontieteet (11 %-yksikköä). Osuudet laskivat samalla ajanjaksolla lääke- ja hoitotieteillä (5 %-yksikköä), tekniikalla (3 %-yksikköä), humanistisilla tieteillä (2 %-yksikköä) sekä maatalous- ja metsätieteillä (1 %-yksikkö). Yhteiskuntatieteiden osuus pysyi samana (kuvio 3.3.).

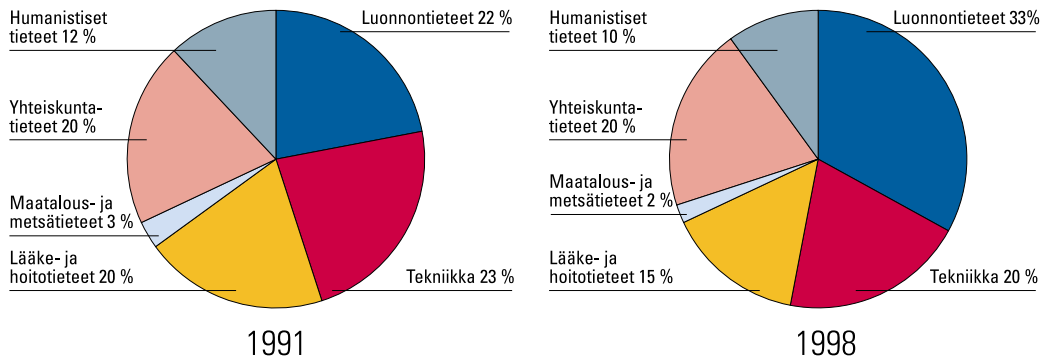
## Sisällys

■ Kuvio 3.2. Yliopistojen tutkimusmenojen reaaliomuutos vuosina 1991–1998 (%).



Lähde: Tilastokeskus.

■ Kuvio 3.3. Yliopistojen tutkimusmenot päätieteenaloittain vuosina 1991 ja 1998 (%).



Lähde: Tilastokeskus.

Yliopistojen opetus- ja tutkimushenkilökunnan rakenteessa on tapahtunut huomattavia muutoksia 1990-luvulla (taulukko 3.2). Kehitys on ollut samanlainen kaikissa Suomen yliopistoissa. Ulkopuolisen rahoituksen kasvu on lisännyt yliopistojen henkilökuntaa erityisesti vuodesta 1994 lähtien. Yliopistoissa työskentelevän tutkimushenkilöstön määrä (mukaan lukien tutkijakouluissa työskentelevät) oli vuonna 1999 yli kolminkertainen verrattuna 1990-luvun alun tilanteeseen. Professuurit lisääntyivät vielä 1990-luvun alkupuoliskolla, mutta määrä on nyttemmin käänntynyt hienoiseen laskuun. Osa professorin viroista on muutettu määräaikaikaisiksi, vaihtuva-alaisiksi ja kut-

sumenettelyllä täytettäväksi, millä on haluttu joustavasti vastata erityisesti uusien tieteen- ja tutkimusalojen kehittämistarpeisiin.

Yliassistenttien virkojen suhteellinen kasvu on ollut suurinta 1980-luvun jälkipuoliskolla ja 1990-luvun alussa. Yliassistentin virat ovat aikaisemmin olleet lähes ainoita niin kutsuttuja väliasteen virkoja; niiden rinnalle on kehitetty muun muassa tutkijalehtorin uudet toimet. Assistentuurit ovat vähentyneet koko 1990-luvun ajan, mutta erityisesti 1990-luvun jälkipuolella. Myös päätoimisten tuntiopettajien määrä on pienentynyt. Naisten osuus yliopistojen opetushenkilökunnasta on kasvanut hieman (taulukko 3.3). Naisvaltaisia ovat lehtorin ja päätoimisen tuntiopettajan virat.

OECD-tilastojen mukaan Suomi käytti vuonna 1997 korkea-asteen koulutukseen<sup>1</sup> keskimäärin 1,7 prosenttia bruttokansantuotteestaan, mikä oli myös teollisuusmaiden keskiarvo. Suomen opiskelijaa kohden lasketut koulutusmenot yliopistosektorilla olivat

### ■ Taulukko 3.2. Yliopistojen virkarakenteen kehitys 1990-luvulla.

	1990	1992	1994	1996	1999	Muutos 1990–1999
Professorit	1 842	1 924	1 980	2 070	2 044	11 %
Yliassistentit	523	629	614	657	671	28 %
Assistentit	1 834	1 808	1 805	1 750	1 486	–19 %
Lehtorit	1 770	1 854	1 853	1 953	1 865	5 %
Päätoimiset tuntiopettajat	585	523	401	348	298	–49 %
Tutkimushenkilöstö	1 890	2 262	2 630	4 212	5 998*	217 %
Muu kuin tutkimushenkilöstö	11 284	11 508	12 045	13 072	13 802	22 %
<b>Yhteensä</b>	<b>19 728</b>	<b>20 508</b>	<b>21 328</b>	<b>24 062</b>	<b>26 164</b>	<b>33 %</b>

\*Mukaan lukien tutkijakouluissa työskentelevät.

Lähde: opetusministeriön KOTA-tietokanta.

### ■ Taulukko 3.3. Yliopistojen opetushenkilökunnan sukupuolijakauma vuosina 1990 ja 1999.

	1990		1999	
	Naisia %	Miehiä %	Naisia %	Miehiä %
Professorit	13	87	18	82
Yliassistentit	26	74	33	67
Assistentit	36	64	45	55
Lehtorit	44	56	54	46
Päätoimiset tuntiopettajat	52	48	60	40
<b>Yhteensä</b>	<b>32</b>	<b>68</b>	<b>38</b>	<b>62</b>

Lähde: opetusministeriön KOTA-tietokanta.

<sup>1</sup> Korkea-asteen koulutus sisältää yliopistot, ammattikorkeakoulut ja osan oppilaitoksista.

## Sisällys

selvästi OECD:n keskimääräistä tasoa pienemmät. Vuonna 1997 yliopistokoulutukseen kohdistuneet koulutusmenot olivat opiskelijaa kohden OECD:ssä keskimäärin 8 600 Yhdysvaltojen dollaria. Suomessa vastaavat menot olivat 7 145 dollaria. Lisäksi opiskelijoiden määrä opettajaa kohden on 1990-luvun aikana kasvanut. Suomen yliopistoissa vuonna 1997 oli 18 opiskelijaa yliopisto-opettajaa kohti, kun OECD-maissa luku oli keskimäärin vähän yli 14. Tilanne on entisestään huonontunut; vuonna 1999 oli jokaista opettajaa kohden 21 opiskelijaa.

### 3.4.2 Ulkopuolinen tutkimusrahoitus

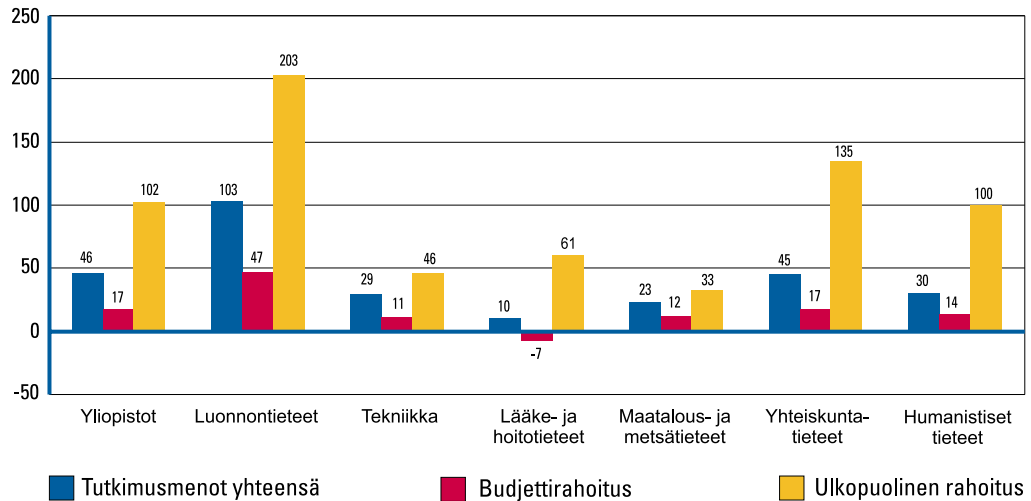
Yliopistojen kokonaisrahoitus muodostuu suoraan yliopistoille kohdistuvasta budjetti-rahoituksesta ja ulkopuolisesta rahoituksesta. Viime vuosina nopeasti kasvaneen ulkopuolisen tutkimusrahoituksen on katsottu yliopistoissa nykyisin suuntaavan tutkimusta aiempaa enemmän. Yliopistojen tutkimustoiminta on muuttunut siihen suuntaan, että yliopistojen oman kiinnostuksen kohteena oleva hankemuotoinen tutkimustoiminta on vahvistunut. Ohjausvastuu ulkopuolisin rahoin tehtävästä tutkimuksesta on yliopiston johdolla. Ulkopuolisen rahoituksen pitäisi tukea opetusministeriön ja yliopiston tulosneuvotteluissa sovittuja tavoitteita. Yliopistoilta edellytetään tulevaisuudessa entistä selkeämpää toimintastrategiaa, jossa otetaan huomioon myös ulkopuolisen rahoituksen suuntaaminen.

Yliopistot ovat onnistuneet hankkimaan budjetin ulkopuolista tutkimusrahoitusta, jota on ollut tarjolla yhä enemmän sekä kotimaisista että ulkomaisista lähteistä. Yliopistojen mielestä voimakkaasti lisääntynyt ulkopuolinen rahoitus ei kuitenkaan korvaa perusrahoitusta niiden tehtävien hoidossa, mihin perusrahoitus on ensisijaisesti tarkoitettu.

Yliopistojen tutkimusmenot ovat kasvaneet reaalisesti 46 prosenttia vuodesta 1991 vuoteen 1998 (kuvio 3.4). Suurin tutkimusmenojen muutos on tapahtunut luonnontieteissä ja pienin lääke- ja hoitotieteissä. Yliopistojen budjettirahoitteisten tutkimusmenojen kehitys on ollut erittäin maltillista lukuun ottamatta luonnontieteitä, joissa budjettirahoitus on kasvanut 47 prosenttia. Yliopistojen budjetin ulkopuolisen rahoituksen kasvu vuodesta 1991 vuoteen 1998 oli 102 prosenttia. Ulkopuolisen rahoituksen kasvu on merkinnyt sitä, että yliopistojen tutkimustoiminnan kokonaisvolyymi ei ole taantunut omien budjettivarojen kehityksen jälkeensä jääneisyydestä huolimatta. Ulkopuolinen rahoitus on lisääntynyt erittäin voimakkaasti luonnontieteissä. Samoin yhteiskuntatieteissä ja humanistisissa tieteissä ulkopuolisen rahoituksen suhteellinen kehitys on ollut hyvin suotuisaa. Näillä aloilla on otettava kuitenkin huomioon, että ulkopuolisen rahoituksen lähtötilanne on ollut varsin alhainen.

Vuonna 1998 ulkopuolisen rahoituksen osuus yliopistojen tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoista oli noin 47 prosenttia (ks. taulukot 3.4 ja 3.5). Julkisen sektorin osuus yliopistojen ulkopuolisesta rahoituksesta oli vuonna 1998 yhteensä 73 prosenttia. Suomen Akatemia oli vuonna 1998 yliopistojen suurin ulkopuolinen rahoittaja. Suomen Akatemian rahoitus oli noin 467 miljoonaa markkaa. Ulkopuolisista rahoittajista on eniten osuuttaan kasvattanut Tekes, jonka osuus kasvoi vuodesta 1997 noin viisi prosenttiyksikköä 23 prosenttiin. Tekesin rahoitus oli noin 371 miljoonaa markkaa.

■ Kuvio 3.4. Tutkimusmenojen reaaliomuutos vuodesta 1991 vuoteen 1998 kaikissa yliopistoissa ja päätieteenaloittain (%).



Lähde: Tilastokeskus.

Yliopistojen väliset erot budjetin ulkopuolisen rahoituksen osuuksissa ovat suuria. Ulkopuolisen rahoituksen osuus tutkimusmenoista oli vuonna 1998 suurin Tampereen teknillisessä korkeakoulussa (66 %) ja Teknillisessä korkeakoulussa (60 %) ja pienin Teatterikorkeakoulussa (3 %) ja Sibelius-Akatemiassa (11 %). Ulkopuolisen tutkimusrahoituksen osuudessa on eroja päätieteenalojen välillä. Vuonna 1998 suurin osuus tutkimusmenoista rahoitettiin ulkopuolisella rahoituksella tekniikan aloilla (59 %) ja maatalous- ja metsätieteissä (57 %). Kasvu budjetin ulkopuolisen tutkimusrahoituksen määrässä on 1990-luvulla ollut voimakkainta luonnontieteellisillä ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla.

Tutkimusmenojen nopean kasvun kannalta keskeisessä asemassa on ollut tutkimuksen lisärahoitusohjelma, jonka volyymi on ollut yhteensä 3,35 miljardia markkaa. Tiedepoliittisesti keskeistä lisärahoituspäätöksessä oli se, että tavoitteena on myös huippuluokan tieteellisen työn vahvistaminen erityisesti tekniikan, luonnontieteiden ja tietointensiivisen yritystoiminnan kannalta tärkeillä tieteenaloilla. Lisärahoitus suunnattiin suurimmaksi osaksi Tekesin (56 %) kautta. Painotus oli siten selvästi soveltavassa tutkimuksessa ja tuotekehityksessä. Yliopistot saivat lisärahoituksesta suoraan 635 miljoonaa markkaa (19 %) ja lisäksi Suomen Akatemian kautta suunnilleen samankokoisen osan (19 %). Myös Tekesin kautta kanavoitui huomattava määrä rahoitusta yliopistojen tutkimukseen. Lisärahoituspäätös onkin ollut merkittävä yliopistojen toiminnan perusedellytysten turvaamisen kannalta.

Yliopistoille suunnattavan lisärahoituksen kohteina olivat menestyneimpien tutkijakoulujen vahvistaminen ja uusien käynnistäminen, laitekannan uusiminen, verkostoyhteistyön ja tiedonsiirtomekanismien kehittäminen sekä matemaattis-luonnontieteellisen ja teknillisten alojen asiantuntijakoulutuksen lisääminen. Tekesin lisärahoitus kohdistettiin neljään erityiskäyttökohteeseen: teknologialähtöisiin palveluihin, hallinnonalojen välisiin klusteriohjelmiin, teknologisen perustutkimuksen vah-

## Sisällys

### ■ Taulukko 3.4. Yliopistojen\* budjetin ulkopuolinen rahoitus rahoituslähteittäin vuonna 1998.

	milj. mk	%
Suomen Akatemia	467,1	29
Tekes	370,9	23
Muu julkinen rahoitus	341,6	21
Rahastot	39,5	2
Yritykset	167,7	10
Ulkomaat	191,5	12
Omat varat	43,4	3
Yhteensä	1 621,7	100

\* Ilman yliopistosairaaloita.

Lähde: Tilastokeskus.

### ■ Taulukko 3.5. Yliopistojen\* budjetin ulkopuolinen tutkimusrahoitus päätieteenaloittain vuonna 1998.

	Tutkimusmenot milj. mk	Ulkopuolinen rahoitus milj. mk	Ulkopuolisen rahoituksen osuus %
Luonnontieteet	1 114,7	594,9	53
Tekniikka	702,9	413,1	59
Lääke- ja hoitotieteet	524,0	195,5	37
Maatalous- ja metsätieteet	80,2	46,0	57
Yhteiskuntatieteet	699,8	266,8	38
Humanistiset tieteet	360,1	105,4	29
Yhteensä	3 481,6	1 621,7	47

\* Ilman yliopistosairaaloita.

Lähde: Tilastokeskus.

vistamiseen ja uusiin liiketoimintoihin. Suomen Akatemian lisärahoitus käytettiin tutkimusohjelmien aloittamiseen strategisesti tärkeillä tutkimusaloilla, tutkimuksen huippuyksiköiden vahvistamiseen ja uusien luomiseen, tutkijatohtorijärjestelmän luomiseen ja nuorten tohtoritutkijoiden tutkijanuran muuhun edistämiseen sekä kansainvälisen tutkimusyhteistyön laajentamiseen.

## 3.5 Yliopistojen vahvistaminen

Yliopistojen tutkijankoulutus- ja tutkimusroolin vahvistaminen on tärkeä kansallinen strateginen tavoite, jonka toteuttaminen on viime vuosina tasapainottanut yliopistojen toimintaa suhteessa muuhun tutkimusjärjestelmään. Se on myös profiloinut yliopistoja suhteessa ammattikorkeakouluihin ja nostanut selvästi suomalaisen opetuksen ja koulutuksen laatua. Yliopistojen perusrahoituksen kaventuminen tutkimusvoilymin kasvaessa ja tutkijankoulutuksen lisääntyessä on kuitenkin heikentänyt yli-



opistojen perustoiminnan edellytyksiä. Yliopistojen perusrahoitusta pohtineen työryhmän vuonna 1999 julkaistun muistion mukaan yliopistojen vuoden 1998 määrärahat olivat likimain vuoden 1991 tasolla, kun tarkastelussa on poistettu budjettitekniisten muutosten vaikutukset ja kiinteistöhallinnon järjestelyistä aiheutuneet muutokset. Samanaikaisesti yliopistojen toiminta on laajentunut voimakkaasti. Maisterintutkintojen määrä on kasvanut 35 prosenttia vuodesta 1991 vuoteen 1998 ja tohtorintutkintojen määrä peräti 88 prosenttia. Uusien opiskelijoiden määrä on kasvanut vastaavana ajanjaksona 13 prosenttia ja kokonaisopiskelijamäärä 27 prosenttia.

Yliopistojen pitkäjänteisen kehittämisen turvaamiseksi olisi budjettirahoituksen kehityksen oltava vakaata. Tässä ei esimerkiksi Tutkimusedellytystyöryhmä 98:n mukaan ole täysin onnistuttu. Perusrahoituksen riittämättömyys vaarantaa yliopistojen mahdollisuuksia kehittää aktiivisesti opetus- ja tutkimustoimintaansa. Yliopistojen menoista on kaksi kolmasosaa palkkamenoja, ja henkilöstön vähentäminen on koettu yliopistoissa vaikeaksi. Yliopistot ovat kuitenkin lomauttaneet ja vähentäneet henkilökuntaansa selvittääkseen tilanteesta. Tutkimusedellytyksiä on osin parannettu leikkaamalla opetuksen voimavaroja. Tilanne ei ole suotuisa, koska korkeatasoinen perusopetus on yksi tutkimuksen välttämättömistä edellytyksistä.

Säästötoimenpiteet ovat voimakkaasti kohdistuneet muihin kuin palkkamenoihin. Ongelmaksi ovat erityisesti 1990-luvulla muodostuneet tutkimuksen tukitoiminnat, muun muassa yliopistojen vanhentuneet tutkimuslaitteistot, tieteellisen kirjallisuuden puute sekä lisääntyneeseen tutkimustoimintaan nähden riittämättömät palvelut. Varsinkin kirjastopalveluissa ja tutkimuslaittehankinnoissa on jouduttu säästämään.

Valtioneuvoston hyväksymässä *Koulutus ja tutkimus vuosina 1999–2004* -kehittämissuunnitelmassa todetaan, että yliopistojen pitkäjänteisen työn mahdollistamiseksi yliopistojen perusrahoituksen kehitys turvataan ja yliopistolaitokselle asetettujen tavoitteiden ja määrärahojen yhteyttä parannetaan siten, että uudet tehtävät sekä koulutuksen ja tutkimuksen laajentaminen kasvattavat vastaavasti budjettirahoitusta. Opetusministeriön työryhmä esittikin yliopistomäärärahojen reaalitason turvaamiseksi kehittämislainsäädännön kolmannen eli niin sanotun resurssipykälän voimassaolon jatkamista ottaen huomioon palkkakustannusten nousun lisäksi myös yleisen kustannustason nousun. Lisäksi lainsäädäntöön olisi tehtävä säännös, joka ottaisi huomioon yliopistojen toiminnan laajuudessa tapahtuneet muutokset. Nämä ehdotukset turvaisivat toteutuessaan yliopistomäärärahojen tulevan kehityksen, mutta eivät korjaisi rahoitustason jälkeensä jääneisyyttä 1990-luvulla. Tämän vuoksi työryhmä ehdotti yliopistojen toimintamenoihin vuosittaista 110 miljoonan markan tasokorotusta vuosille 2001–2006.

Kilpailtu ulkopuolinen rahoitus on epävarmaa, lyhytaikaista ja tiettyihin tarkoituksiin sidottua. Yliopistojen tutkimustoiminnan jatkuva laajentuminen ja laadun kohottaminen ei voi tapahtua pelkästään hanketyyppisen ja kilpaillun rahoituksen turvin. Eräät yliopistot kokevat, että ulkopuolinen tutkimusrahoitus myös kaventaa yliopistojen omaa määräysvaltaa. Ulkopuolinen tutkimusrahoitus toisaalta antaa liikkumavaraa suhteessa opetusministeriöön, koska yliopistot eivät ole enää täysin suoran budjettirahoituksen varassa. Yliopistojen pysyviä toimintoja on kuitenkin hankala rakentaa kovin voimakkaasti ulkopuolisen rahoituksen varaan, koska tieteellisen toiminnan pitkäjänteisyys edellyttää selkeyttä rahoituksen tasosta pidemmällä aikavälillä.

## Sisällys

Tutkimukseen panostamisessa on suuria eroja yliopistojen välillä, mikä selittyy osin niiden koulutusalarakenteella. Ne yliopistot, joilla on erityisesti teknillistä, kauppatieteellistä, lääketieteellistä tai luonnontieteellistä osaamista, menestyvät ulkopuolisen tutkimusrahoituksen hankinnassa paremmin kuin perinteiset monitieteelliset ja -koulutusalaisten yliopistot, jotka ovat enemmän riippuvaisia budjettirahoituksesta tutkimustoiminnassaan. Yliopistojen tieteenalakoostumuksella on ratkaiseva merkitys tutkimusrahoituksen hankintamahdollisuuksiin. Yliopistolaitoksen sisällä taidekorkeakoulut ovat 1990-luvun jälkipuolella kasvattaneet tutkimusrahoitustaan. Taidekorkeakouluilla ei ole vielä samanlaista tutkimus- ja jatkokoulutusperinnettä kuin tiedekorkeakouluilla, mutta tutkimuksen rooli on selvästi vahvistumassa.

Viime aikoina yliopistojen rahoitustilannetta koskevassa keskustelussa on toistuvasti tuotu esiin huoli ulkopuolisen rahoituksen ohjaavasta vaikutuksesta yliopistojen toimintaan ja tavoitteisiin. Tämä ongelma on tunnustettu myös koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa vuosille 1999–2004, ja siihen pyritään jatkossa kiinnittämään enemmän huomiota. Yliopistojen ulkopuolista rahoituspohjaa laajennettaessa lähtökohtana on, että ulkopuolinen rahoitus tukee yliopistolle asetettuja tavoitteita noudattaen hyväksytyjä eettisiä periaatteita. Ulkopuolinen rahoitus ei myöskään saa vaarantaa yliopistojen tutkimuksen ja opetuksen riippumattomuutta.

Tutkimusympäristöjen vahvistamiseen on kiinnitetty erityistä huomiota 1990-luvulla. Tutkimuksen tuloksellisuuden ja laadun paranemiseen on ulkopuolisella, kilpailulla rahoituksella ollut keskeinen merkitys. Yliopistojen kannalta tieteellisen laadun arvioinnissa on aina pyrittävä ottamaan huomioon tieteenalojen erityispiirteet. Esimerkiksi monilla soveltavilla aloilla tutkimustoiminnan tuloksista syntyneitä innovaatioita ja vaikuttavuutta kansantalouden kehitykseen voidaan jopa pitää tärkeämpinä kriteereinä kuin tieteellistä tuloksellisuutta. Monitieteisyyden ja innovatiivisuuden nostaminen keskeisiksi kriteereiksi on tärkeää erityisesti uusilla, nousevilla tutkimusalueilla.

Tutkijankoulutuksen tehostuminen ja tohtorintutkintojen määrän kaksinkertaistuminen 1990-luvulla on ollut yksi yliopistojen toiminnan vahvuuksista. Tohtorintutkintojen määrän lisääntyminen kuvastaa hyvin yliopistojen tutkimustoiminnan lisääntymistä. Valtakunnallinen tutkijakoulujärjestelmä on yliopistoissa koettu tehokkaaksi ja tarpeelliseksi tavaksi edistää nuorten tutkijoiden pätevöitymistä. Järjestelmä on myös parantanut suomalaisen jatkokoulutuksen laatua. Se on lisännyt yliopistojen välistä yhteistyötä, mikä puolestaan edistää uudenlaisten tutkimusympäristöjen kehittymistä. Myös yhteistyö valtion tutkimuslaitosten kanssa on lisääntynyt tutkijankoulutuksessa. Tutkimuslaitokset ovat yhdessä yliopistojen kanssa luoneet esimerkiksi kannustinjärjestelmiä, joiden tarkoituksena on motivoida laitosten tutkijoita väittelemään.

Yliopistoissa tapahtuva tutkijankoulutus on hyötynyt budjetin ulkopuolisen rahoituksen kasvusta, kun ulkopuolisin varoin on voitu palkata jatko-opiskelijoita tutkimushankkeisiin. Omien jatkokoulutuspaikkojen kohdentaminen tietyille aloille on yliopistoille tehokas väline vahvistaa painoaloja. Nykyisessä voimavaratilanteessa yliopistoilla ei kuitenkaan välttämättä ole ollut mahdollisuuksia tukea jatkokoulutusta täysin toivomallaan tavalla. Samalla kun tutkijankoulutuksen kehittäminen on lisännyt tutkimukseen suunnattavia voimavaroja valtakunnallisesti, se on kaventanut yliopis-

tojen omaa päätösvaltaa jatkokoulutuksensa järjestämisessä ja aiheuttanut niille huomattavia lisäkustannuksia.

Myös yliopistojen näkökulmasta on tärkeää, että tutkijankoulutuksen kehitys vastaa yhteiskunnan tarpeisiin. Tutkintotavoitteiden lisäyksen toivotaan edellyttävän tohtorien työelämään sijoittumisen arviointia. Tohtorintutkinnon suorittaneiden määrän kasvu asettaa paineita uusien tutkijanvirkojen luomiselle yliopistoihin. Yliopistoilla onkin uuden yliopistolain mukaan oikeus itse perustaa tarvitsemiaan virkoja. Kuitenkin yhä useamman uuden tohtorin toivotaan sijoittuvan yliopistojen ulkopuolisiin korkeaa asiantuntemusta vaativiin tehtäviin.

Yliopistot ovat nyttemmin sitoutuneet vahvasti valtakunnalliseen huippuyksikköpolitiikkaan. Korkeatasoiset, tutkimuksen eturintamassa olevat yksiköt ja ryhmät kehittävät yliopistojen omia vahvuusalueita ja profiloivat yliopistojen tutkimustoimintaa. Myös huippuyksikköstatus on yliopistoille tärkeää.

Rakenteellinen kehittäminen on lisännyt ja vahvistanut yliopistojen välistä yhteistyötä ja ohjannut niitä verkottumaan keskenään tehokkaasti ja joustavasti. On pyritty löytämään uusia organisatorisia ratkaisuja, jotka tukisivat esimerkiksi tiedekuntarajat ylittävän tutkimuksen syntymistä. Saman alan tai lähialojen laitoksia on yhdistetty suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja perustettu monitieteisiä tutkimusyksiköitä ja tiedepuistotyyppejä keskuksia. Kirjastoja on yhdistetty laitosten yhteisiksi. Tiedekuntien väliset koulutusohjelmat ja muut yhteishankkeet ovat mahdollistaneet monitieteisen opetuksen ja tutkimustyön kehittämisen.

Yliopistot ovat vahvistaneet aktiivisesti erilaisia yhteistyön muotoja oman alueen yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen sekä koulutusaloittain koko maan yliopistojen välillä. Yhteistyön tiivistäminen ja kehittäminen on ollut osa työnjaon selkeyttämistä. Alueellinen yhteistyö on lisäksi vahvistanut yliopistojen mahdollisuuksia vastata oman alueen koulutustarpeisiin. Yliopistoilla on merkittävä myönteinen vaikutus ympäröivään yhteiskuntaan, niinpä niihin kohdistuvat yhteiskunnallisen vaikuttavuuden vaatimukset ovat lisääntyneet. Esimerkkinä yliopistojen alueellisesta vaikuttavuudesta ovat Itä-Suomen yliopistot (Joensuun yliopisto, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu ja Kuopion yliopisto), jotka ovat kansainvälisen asiantuntijaryhmän suorittaman arvioinnin mukaan antaneet omilla vahvuusaloillaan merkittävän panoksen alueelliseen kehittämistyöhön ja joiden merkityksen ympäristön sidosryhmät kokevat tärkeäksi (ks. myös luku 4.2.2).

Yksi tapa lisätä yliopistojen vaikuttavuutta ja tutkimustiedon ja -tulosten hyödyntämistä on ollut yritys yhteistyön kehittäminen. Suomalaisten yliopistojen yksi vahvuus onkin yhteistyö elinkeinoelämän kanssa. Yhteistyö ja verkottuminen on lisääntynyt ja syventynyt. Tästä kertoo esimerkiksi lahjoitusprofessorien entistä suurempi määrä. Tällä hetkellä alana suosituin on tietoteollisuus, jota tukee myös opetusministeriön ohjelma lisätä alan koulutuspaikkoja. Yliopistot ovat omilla vahvuusaloillaan mukana esimerkiksi alueellisissa osaamiskeskuksissa. Pienyritystoimintaa edistävät tiedepuistot ja -keskukset luovat yhteistyökontakteja tutkimuksen ja elinkeinoelämän välille. Yliopistoihin on perustettu tutkimuslähtöistä yritys- ja innovaatiotoimintaa tukevia palveluyksiköitä. Tutkinnon suorittaneiden työllistymistä edesauttavat rekrytointipalvelut

## Sisällys

toimivat linkkinä yliopiston ja yritysten välillä. Monilla yliopistoilla on tutkimus- ja yritysasiamiehiä, joiden tehtävänä on auttaa eri alueiden yrityksiä hyödyntämään yliopistojen tarjoamia tutkimus- ja tuotekehityspalveluja.

Kansainvälisen yhteistyön lisääntyminen edesauttaa uudenlaisten tutkimusympäristöjen syntymistä. Yliopistojen opettajien ja tutkijoiden vierailut ulkomaille ovat lisääntyneet 1990-luvulla merkittävästi. Muutos on ollut samansuuntainen ulkomailta Suomeen suuntautuviissa vierailuissa. Eniten ovat lisääntyneet lyhyet, kahden viikon-yhden kuukauden pituiset vierailut ulkomaille ja Suomeen. Myös ulkomaille lähtevien opiskelijoiden ja Suomeen opiskelemaan tulevien ulkomaisten vaihto-opiskelijoiden määrä on kasvanut. Opiskelijavaihto tapahtuu pääasiassa Euroopan unionin vaihtohjelmien sekä yliopistojen omien kahdenvälisten sopimusten kautta.

Kansainvälisyys usein maailmanlaajuisine kontakteineen on yliopistoille luonnollinen osa toimintaa. Erityisesti osallistuminen Euroopan unionin puiteohjelmien tutkimushankkeisiin on lisännyt yliopistojen yhteistyötä ulkomaisten yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa. Yliopistot ovat pyrkineet tukemaan tutkimuksensa kansainvälistymistä osallistumalla muun muassa erilaisiin yhteistyöverkostoihin. Esimerkiksi Turun yliopisto koordinoi valtakunnallista Baltian maiden kanssa toteutettavaa yliopistoyhteistyöverkostoa, jonka pilottihankkeena toimii Baltic Sea Region Studies -koulutusohjelma. Lapin yliopiston Arktinen keskus on saanut tehtäväkseen koordinoida valmisteluja maailman pohjoisten yliopistojen ja instituutioiden välisen virtuaalisen verkostoyliopiston perustamiseksi. Joensuun yliopisto puolestaan on liittynyt European Consortium of Innovative Universities -verkostoon, jonka tavoitteena on luoda yhteisiä tutkimus- ja koulutushankkeita ja lisätä yliopistojen yritys yhteistyötä.

### 3.6 Yliopistojen rooli tulevaisuudessa

Yliopistojen yhtenä tulevaisuuden haasteena on, miten saada kohtaamaan eri tieteenaloilta alhaalta ylöspäin rakentuvat yksittäiset ja erilaisilta arvoperustoiltaan nousevat strategiat, yliopiston johdon näkemykset, kansallisen tiede- ja teknologiapolitiikan painotukset sekä rahoittajien ja erityisesti elinkeinoelämän tarpeet. Tieteen sisäiset kehityssuunnat ovat johtamassa tieteidenvälisiin ja monitieteisiin lähestymistapoihin, ja yhteiskunnassa tarvitaan tutkijoiden monialaista osaamista ja ongelmanratkaisutaitoja. Tieteidenvälisiä rajoja murtavan perus- ja jatkokoulutuksen ja tutkimuksen edistäminen on yksi yliopistojen tulevaisuuden visioiden peruselementeistä. Toinen tulevaisuuden visio on pyrkimys erikoistumiseen ja profiilin vahvistamiseen. Tehtävänjako yliopistolaitoksen sisällä on yksi keino päästä tutkimuksen kärkeen ja selvittää kiristyvässä kilpailussa voimavaroista. Erikoistuminen tietyille tieteenaloille ja vahva profiloituminen nähdään yliopistoissa haasteena, johon voi kuitenkin liittyä tiedepolitiikan tai yhteiskunnan kehitykseen liittyviä uhkakuvia. Perusvoimavarojen vähyys, tutkimuksen ja opetuksen yksipuolistuminen ja tutkimusrahoituksen kanavoituminen tietyille tieteenaloille ovat uhkakuvista pahimpia.

Yliopistot osallistuvat aktiivisesti alueelliseen kehittämistyöhön ja hyvinvoinnin edistämiseen. Alueellisen vaikuttavuuden parantaminen nähdään yliopistoissa tärkeänä tulevaisuuden tehtävänä. Yliopistojen merkitys näkyy muun muassa niiden tarjoamissa koulutusmahdollisuuksissa, jotka lisäävät alueen vetovoimaa ja kilpailukykyä. Yli-

opistot vaikuttavat elinkeinorakenteeseen tuottamalla tiettyjen alojen osaamista ja luomalla työpaikkoja. Tietoa ja osaamista pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti yritysten hyödynnettäväksi. Hyvänä esimerkkinä yliopistojen alueellisesta vaikuttavuudesta ovat maamme kasvukeskukset. Yliopistot pyrkivät vaikuttamaan myönteisesti myös alueensa kulttuuriseen ja sosiaaliseen hyvinvointiin. Yliopistojen visioissa ne ovat merkittäviä yhteiskunnallisia vaikuttajia ja arvostettuja omien alojensa asiantuntijoita, joilla on kiinteät suhteet ympäröivään yhteiskuntaan.

Yliopistot ovat pyrkineet joustavasti sopeutumaan ulkoisen rahoituksen voimakkaaseen lisääntymiseen muun muassa rahoitusrakenteen ja -mekanismien monipuolistamisella. Nähtäväksi kuitenkin jää, millainen vaikutus kehityksellä on tutkimuksen sisältöön ja laatuun. Myös rakenteellista kehittämistä on syytä vielä jatkaa esimerkiksi harkitsemalla tarkkaan yliopistojen eri toimipisteiden tarkoituksenmukaisuutta.

Huolenaihetta aiheuttaa tulevaisuudessa erityisesti se, että kaupallisen hyödynnettävyyden vaatimukset jättävät taakseen yleisen sivistyksen ja tiedon edistämisen sekä vanhan humboldtilaisen ideaalin opetuksen ja tutkimuksen yhteydestä. Yliopistojen muuttuneet rakenteet ja toiminnot heijastelevat perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen rajojen hämärtymistä. Tästä huolimatta yliopistot kokevat tärkeimmäksi tehtäväkseen innovaatiojärjestelmässä korkealaatuisen perustutkimuksen tekemisen, joka muodostaa vakaan pohjan soveltavalle tutkimukselle ja teknologian kehittämiseksi. Innovaatiojärjestelmän toimintakykyä tukee yliopistojen näkökulmasta parhaiten laaja-alainen ja tasapuolinen tutkimuksen perusedellytysten vahvistaminen.

## Sisällys

## 4 Tutkimustoiminnan tuloksellisuus ja vaikuttavuus

Tieteellinen tutkimus sekä siihen pohjautuva perusopetus ja jatkokoulutus ovat perinteisesti olleet yliopistojen päätehtäviä. Yhteistyöstä toimintaympäristön muiden tahojen kanssa on tullut yliopistojen kolmas päätehtävä ja tulosalue. Yliopistojen tehtävät tukevat toinen toisiaan: ne ovat osittain päällekkäisiä, samanaikaisia ja vuorovaikutteisia. Tutkimustoiminta tuottaa tuloksia ja vaikutuksia, joita ei useinkaan ole tarkoituksenmukaista tai edes mahdollista erottaa toisistaan. Esimerkiksi uusien tutkijoiden kouluttaminen, hiljaisen tiedon (*tacit knowledge*) lisääntyminen ja tutkijoiden työmarkkinoilla liikkuminen on prosessi, jota voidaan pitää sekä tutkimustoiminnan tuloksena, tutkimustulosten leviämismekanismina että tutkimuksen vaikutuksena.

Tutkimukseen kohdistuvat yhteiskunnalliset odotukset hahmottuvat tarkasteltaessa yliopistoille asetettuja tuloksellisuus- ja vaikuttavuustavoitteita. Tutkimusjärjestelmää koskevat poliittiset linjanvedot on tehty pääasiassa valtion tiede- ja teknologianeuvostossa ja opetusministeriössä. Niiden raporteissa ja kehittämissuunnitelmissa esitetyjä yleisluontoisia tavoitteita voidaan pitää perustana, jolle myös tieteellisen tutkimuksen tulos- ja vaikuttavuustavoitteet pohjaavat.

Valtion tiede- ja teknologianeuvosto totesi raportissaan *Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* (1996), että pystyäkseen kehittämään talouttaan sekä sosiaalista ja kulttuurista hyvinvointiaan Suomen on panostettava tietoon ja osaamiseen sekä näiden laajaan hyödyntämiseen. Yliopistojen näkökulmasta keskeisiksi yleistason tavoitteiksi asetettiin tutkimusjärjestelmän kehittäminen osana innovaatiojärjestelmää, korkeatasoista tutkimusta tukevien ympäristöjen kehittäminen, huippuyksikköjen verkostojen aikaansaaminen, kansainvälisen yhteistyön tiivistäminen sekä tutkimusrahoituksen lisääminen. Valtion tutkimusrahoituksen lisäysohjelman (1997–1999) tavoitteet perustuivat pääkohdiltaan tiede- ja teknologianeuvoston linjauksiin. Ohjelmassa asetettiin yliopistoille tavoitteiksi myös tutkijakoulujen vahvistaminen ja uusien käynnistäminen, laitekannan uusiminen, tutkimusedellytysten vahvistaminen, tiedonsiirtomekanismien kehittäminen sekä matemaattis-luonnontieteellisen ja teknillisten alojen asiantuntijakoulutuksen lisääminen.

Opetusministeriön tekemässä vuosia 1995–2000 koskevassa koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa todettiin, että tutkimuksen kehittämisen keskeisiä tavoitteita ovat korkea laatu, tutkimuksen vapaus, eettisyys sekä perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen tasapaino. Suunnitelman mukaan joustavat ja monipuoliset tutkimus- ja koulutusjärjestelyt sekä yliopistojen profiloituminen vahvuusalueilleen muodostavat perustan tutkimuksen ja opetuksen kehittymiselle huipputasolle. Keskeisenä tavoitteena pidettiin myös sitä, että edellytykset tutkimuksen ja taiteellisen toiminnan huippuyksiköiden muodostumiseen ja vahvistumiseen turvataan, nuorten äskettäin väitelleiden tutkijoiden mahdollisuuksia pätevoityä ammattitutkijoiksi edistetään ja että uusteollistamista tukevia yliopistojen ja yritysten yhteisiä tutkimushankkeita edistetään. Tutkimusjärjestelmälle asetettuja yleisiä tiedepoliittisia tavoitteita, tuloksellisuuteen ja vaikuttavuuteen liittyviä kehittämistoimia sekä näiden toteutumista on tarkasteltu jo raportin aiemmissa luvuissa. Tässä luvussa arvioidaan tutkimuksen tu-

## Sisällys

loksellisuutta erityisesti tieteellisten julkaisujen ja niiden saamien viittausten näkökulmasta. Luvussa analysoidaan myös tutkimustoiminnan vaikuttavuuden muotoja sekä valotetaan näitä kotimaisin ja kansainvälisin esimerkein.

### 4.1 Tuloksellisuuden ja vaikuttavuuden muodot ja mekanismit

Tieteellisen tutkimuksen ja erityisesti perustutkimuksen yhteiskunnallisesta roolista ja vaikuttavuudesta on esitetty varsin erilaisia ja ristiriitaisiakin näkemyksiä. Perinteisen käsityksen mukaan tieteellä ja tutkimuksella on keskeinen merkitys uuden tiedon tuottamisessa ja tietopääoman kasvussa, rationaalisen maailmankuvan muodostamisessa, yhteiskunnan itsearviointinissa sekä ilmiöitä ja asioita koskevan ymmärryksen lisäämisessä. Yliopistot ja tieteellinen tutkimus ovat luoneet sivistyksen, uteliaisuuden ja uuden tiedon tavoittelun institutionaalisen perustan. Tämä varsin yleisesti tunnustettu näkemys ei kuitenkaan enää yksinään riitä perusteluksi tutkimusjärjestelmän kehittämiseksi tai voimavarojen ohjaamiselle tutkimukseen.

Perustutkimus edistää niin tieteellistä kuin myös yhteiskunnallista, teknologista ja taloudellista kehitystä. Tutkimuksen vaikuttavuus ja hyödyt ovat kuitenkin pääasiassa välillisiä. Investoinnit tieteelliseen tutkimukseen on perusteltavissa muun muassa siksi, että tutkimuksen kautta syntyy (ks. Pavitt 1991; Rosenberg 1992; Martin ym. 1996; National... 1998):

- uutta tietoa ilmiöiden ja asioiden perusominaisuuksista ja toimintamekanismeista sekä tietoa, joka vahvistaa tai kumoaa aiemman näkemyksen
- uusia tutkimusvälineitä, työkaluja, menetelmiä ja tekniikoita, jotka voidaan ottaa käyttöön hyvinkin laajasti yhteiskunnassa
- uusia henkilöitä työmarkkinoille, erityisesti tietointensiivisiin ja erityisosaamista vaativiin ammatteihin
- tietoa poliittisen päätöksenteon tueksi
- tietoa yhteiskunnallisten toimenpiteiden ja teknologian laajempien sosiaalisten, kulttuuristen ja ekologisten vaikutusten arvioimiseksi
- tietoa, jonka avulla voidaan luoda aiemmasta merkittävästi poikkeavia teknologisia ratkaisuja tai jotka johtavat uusiin tieteellisiin kysymyksiin
- sovelluskelpoista tietopääomaa, jonka kautta on mahdollista päästä eteenpäin soveltavassa tutkimuksessa ja tuotekehityksessä.

Tutkimuksen tuloksia ja vaikuttavuutta tarkasteltaessa on aiheellista kiinnittää huomiota myös tieteen ja teknologian väliseen vuorovaikutussuhteeseen. Kyse on tällöin ilmiöiden/asioiden ymmärtämisestä sekä käyttöfunktioita korostavien lähestymistapojen yhteyksistä. Tiedon siirtymistä tieteellisen ja teknologisen toiminnan välillä tapahtuu molempiin suuntiin. Osittaisista päällekkäisyyksistä huolimatta käsitteitä *tiede* ja *teknologia* ei ole perusteltua pitää samaa tarkoittavina tai merkittävästi päällekkäisinä. Klassisen näkemyksen mukaan suunta on tieteestä teknologiaan: tiede vaikuttaa tutkimustulosten kautta teknologiseen kehitykseen ja vuorovaikutus päinvastaiseen suuntaan on vähäistä. Tämä tulkinta on kuitenkin osoittautunut kovin rajoittuneeksi.

Tiede antaa teknologialle muun muassa: a) uutta tietoa, joka toimii suorana lähteenä uusille teknologisille ideoille sekä tehokkaammille työkaluille ja tekniikoille; b) tutki-



muslaitteita, laboratoriotekniikoita ja menetelmiä teollis-tekniikan kehittämiseksi; c) hiljaista tietoa, jota tarvitaan uusien teknologioiden luomisessa ja kehittämisessä; d) tietopohjaa teknologian vaikutusten arviointiin sekä tehokkaampia strategioita sovelletulle tutkimukselle ja kehitystyölle. Teknologia tarjoaa puolestaan tieteillemme: a) uusia tieteellisiä kysymyksiä ja tutkimusaineistoja; b) tietoa, jonka pohjalta tieteellistä tutkimusta ja aihealueiden keskinäisiä painotuksia voidaan suunnata tarkoituksenmukaisella tavalla; c) uusia laitteita ja tekniikoita, jotka edesauttavat tieteellisten kysymysten ratkaisemisessa (ks. Narin & Olivastro 1992; Rosenberg 1992; Brooks 1994). On myös otettava huomioon, että yhteydet tieteen ja teknologian välillä voivat stimuloida samanaikaisesti niin perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta kuin kehitystyötäkin. Eräillä aloilla, kuten biotieteissä, tieteen ja teknologian samoin kuin perus- ja soveltavankin tutkimuksen väliset erot hämärtyvät, ja niihin liittyvät toiminnot kytkeytyvät varsin kiinteästi toisiinsa. Siten esimerkiksi jonkin laboratorion työn painotuksen siirtyminen puhtaasta perustutkimuksesta selvästi soveltavampaan suuntaan ei aiheuta – ainakaan lyhyellä aikavälillä – sen tieteellisen kehityksen hidastumista. Vaikutus voi itse asiassa olla päinvastainen.

Tutkimustoiminnan tulosten vaikutukset voivat olla:

- tieteellisiä – esimerkiksi tiedon ja osaamisen kumuloituminen ja uudistuminen
- teknisiä – esimerkiksi uudet teknologiset ratkaisut ja parannukset, uudet tuotteet ja prosessit, patentit
- yhteiskunnallisia – (a) sosiaalisia ja kulttuurisia vaikutuksia, jotka näkyvät esimerkiksi kotimaisessa tai kansainvälisessä yhteiskunnallisessa keskustelussa, (b) alueellisia vaikutuksia, jotka paljastuvat tarkasteltaessa yliopistojen merkitystä toimintaympäristölleen, (c) poliittisia vaikutuksia, jotka liittyvät tulosten hyödyntämiseen ja tieteenharjoittajien asiantuntemuksen käyttöön poliittisessa päätöksenteossa, (d) organisatorisia vaikutuksia, jotka näkyvät silloin, kun esimerkiksi hallintotieteen, valtiotieteen, kauppatieteiden tai viestinnän tutkimuksessa esitettyjä uusia toimintatapoja ja -malleja sekä rakenteita sovelletaan käyttöön yhteiskunnassa ja poliittisessa toiminnassa
- taloudellisia – tieteellisen tutkimuksen tuloksilla on ollut välillinen vaikutus muun muassa korkean teknologian tuotteiden tuotannon ja ulkomaankaupan kehitykseen.

Esimerkiksi lääketieteellisellä, yhteiskuntatieteellisellä sekä ympäristötieteisiin ja sosiaalialaan liittyvillä tutkimuksilla on oma vaikutuksensa poliittiseen päätöksentekoon sekä linjauksiin. Vaikutukset saattavat levitä yhteiskuntaan hyvinkin laaja-alaisesti, joskin epäsuorasti. Monesti prosessi kulkee julkisten tiedotusvälineiden kautta. Tällöin mielenkiintoisena pidetty tutkimustulos uutisoidaan näyttävästi, josta seuraa julkista keskustelua. Tämä nostaa yleistä tietotasoa, joka voi muuttaa yleisön käyttäytymistä, tai mikäli päättäjät tulevat vakuutetuksi, voi johtaa esimerkiksi tutkimus- tai toimialueen vahvistamiseen tai muihin toimenpiteisiin.

Tutkimuksen tulosten ja vaikuttavuuden monimuotoisuutta kuvaa hyvin se, että yliopistojen tutkijat ja opettajat tukevat yhteiskunnan toimintaa laatimalla selvityksiä ja lausuntoja, toimimalla erilaisissa elimissä ja työryhmissä, osallistumalla kansalaistoimintaan sekä esiintymällä ja ottamalla julkisesti kantaa asioihin (ks. Wilhelmsson 1999). Nämä ovat tyypillisimmillään sellaista tiedeyhteisön toimintaa, josta on ole-

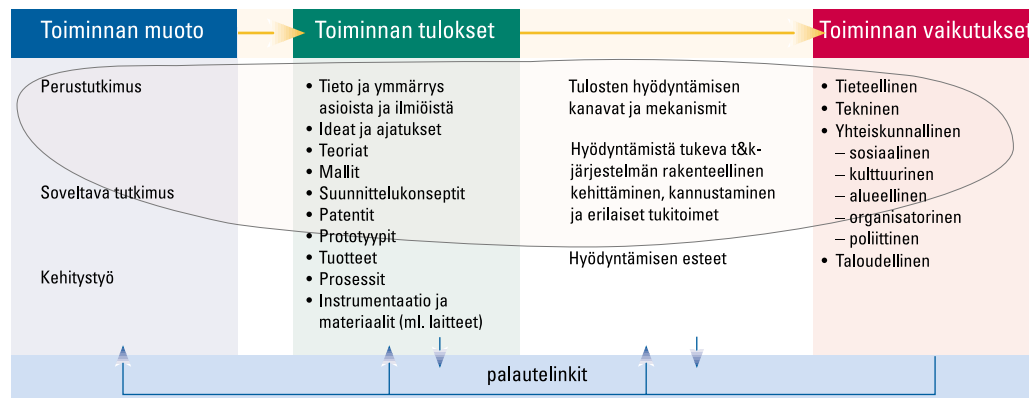
## Sisällys

massa niukasti kattavaa tai tarkkaa koottua tietoa. Toiminnot ovat myös luonteeltaan sellaisia, ettei niitä voi mitata tai luokitella sen paremmin luotettavasti kuin tarkoituksemukaisestikaan, vaikka näin jostain syystä haluttaisiin.

Tutkimustoiminnan tulosten sekä niiden leviämisen ja vaikutusten yhteyksiä on hahmoteltu kuviossa 4.1. Luvuissa 4.2–4.4 keskitytään erityisesti seikkoihin, jotka ovat kuviossa rajatun alueen sisäpuolella. Tutkimustoiminnan muotojen, tulosten ja vaikutusten väliset yhteydet ovat vaihtelevia ja prosesseina monimutkaisia. Siksi on korostettava, että kuvion palautelinkit ja tieteellisen toiminnan tulosten hyödyntämismekanismit ja -kanavat ovat tiedon ja taidon siirtymisen kannalta keskeisiä. Tällaisia mekanismeja ja kanavia voivat olla esimerkiksi:

- 1) yritysten ja tutkijoiden verkostoitumista edistävät toimet (teknologian edistämiseen perustetut alueelliset keskuskeskukset, biokeskuskeskukset, klusterihankkeet)
- 2) teknologian siirtoa, patentointia, lisensointia ja spin-off-yritysten syntymistä tukeva toiminta (teknologiansiirto-organisaatiot ja yritykset, yliopistojen tutkimus- ja innovaatioasiamiehet, yliopistojen omat tai niiden yhteydessä olevat yritys- ja ideahautomot)
- 3) tutkimustulosten hyödyntämistä tukeva lainsäädäntö (esim. immateriaalioikeuksiin liittyvät kysymykset)
- 4) tutkijoiden ja tutkimuksen hyödyntäjien aktiivisen yhteistyön tukeminen ja siihen kannustaminen. Tulosten hyödyntämiskanaviin ja mekanismeihin kuuluvat myös julkaisut, tekniset raportit ja ei-julkiset dokumentit sekä hiljaisen tiedon välittymisen erilaiset muodot, kuten a) koulutus, b) kokoukset, seminaarit, konferenssit ja muut erilaiset tapaamiset, c) konsultointi, asiantuntijapalvelut ja tilaustutkimukset sekä d) tutkijoiden liikkuminen työmarkkinoilla.

■ Kuvio 4.1. Tutkimustoiminnan muodot, tulokset, tulosten leviäminen ja vaikutukset<sup>®</sup>.



## 4.2 Tuloksellisuuden arviointi julkaisumäärien ja viittausten avulla

Tieteellisen tutkimustoiminnan tuloksellisuudella tarkoitetaan usein sitä, miten hyvin tutkijat onnistuvat saavuttamaan tiedeyhteisön arvokkaina pitämiä päämääriä. Tärkeinä pidetään saavutuksia, jotka lisäävät merkittävästi tieteellistä ymmärrystä ja/tai jotka voivat johtaa myös hyödyllisiin sovelluksiin. Uudet oivallukset sekä niihin pohjautuvat hypoteesit ja teorit ohjaavat toisten tutkijoiden työtä. Tieteellisen ymmärryksen lisääntymistä on kuitenkin yleensä vaikea tarkasti osoittaa. Erityisen hankalaa on arvioida yksittäisen tuloksen tai tutkijan merkitystä tieteen kehitykselle. Myös hyödyllisten sovellusten taustalla olevien yksittäisten tieteellisten löydösten jäljittäminen on usein lähes mahdotonta.

Tutkimuksen julkaiseminen tieteellisessä lehdessä edellyttää, että se on läpäissyt tieteellisen asiantuntija-arvioinnin. Arviointia käyttävissä julkaisusarjoissa julkaistujen artikkeleiden tai monografioiden määrää voidaan tässä suhteessa pitää yhtenä tutkijan, tutkimusryhmän, laitoksen, tutkimusalan tai maan tieteellisen toiminnan tuloksellisuuden mittarina. Yksittäisen julkaisun tieteellistä merkittävyyttä voidaan jossain määrin arvioida artikkelin julkaisseen aikakauskirjan yleisen arvostuksen perusteella. Aikakauskirjan arvostusta arvioidaan ainakin tieteenalan sisällä sen mukaan, kuinka monta viittausta lehden julkaisemat artikkelit keskimäärin saavat jonakin tiettyinä aikana. Viittausten määrää käytetään myös yksittäisen julkaisun, tutkijan, tutkimusorganisaation tai maan akateemisen tutkimuksen arvostuksen arvioinnissa.

Julkaisumääriin ja julkaisujen saamiin viittauksiin perustuvien indikaattoreiden tulokinnassa on otettava huomioon niihin liittyvät ongelmat ja rajoitukset (ks. liite 1). Julkaisemis- ja viittauskäytännöt vaihtelevat tieteenaloittain, minkä vuoksi bibliometrisiä tiedeindikaattoreita ei ole tarkoituksenmukaista käyttää tutkimuksen arvostuksen mittaamiseen eri tieteenalojen välillä. Lisäksi joillain tieteenaloilla julkaistaan artikkeleiden sijasta paljon monografioita, joihin ja joissa tehdyt viittaukset eivät sisälly bibliometrisiin tietokantoihin. Kansainvälisiin julkaisu- ja viittaus-tietokantoihin liittyy usein myös rakenteellinen vinouma: tietokantoihin indeksoidusta julkaisuista valtaosa on englanninkielisiä. Kuitenkin esimerkiksi monilla humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen alueilla suuri osa julkaisuista on oman maan kielillä kirjoitettuja. Näillä tutkimusalueilla on suhteellisen vähän kansainvälisiä julkaisusarjoja, ja parhaimmissa oman maan julkaisusarjoissa julkaiseminen on arvostetumpaa kuin muiden maiden kansallisissa aikakauskirjoissa julkaiseminen.

Usean tekijän yhdessä kirjoittamiin julkaisuihin liittyy ongelma, kenen ansioksi julkaisu pitäisi katsoa. Yhteisjulkaisut ovat erityisen yleisiä luonnontieteissä ja lääketieteessä, ja niiden piirissä on usein suurimman ansion katsottu kuuluvan julkaisun ensimmäiselle tai viimeiselle tekijälle. Monen tutkimusryhmän, laitoksen tai maan tutkijoiden yhteisjulkaisuissa joudutaan pohtimaan myös sitä, mille yhteisölle suurin ansio julkaisusta kuuluu. Julkaisuihin liittyvien indikaattoreiden käyttäminen voimavarojen jaon perusteena on saattanut johtaa käytäntöjen muuttumiseen julkaisujen tekijöistä sovittaessa.

## Sisällys

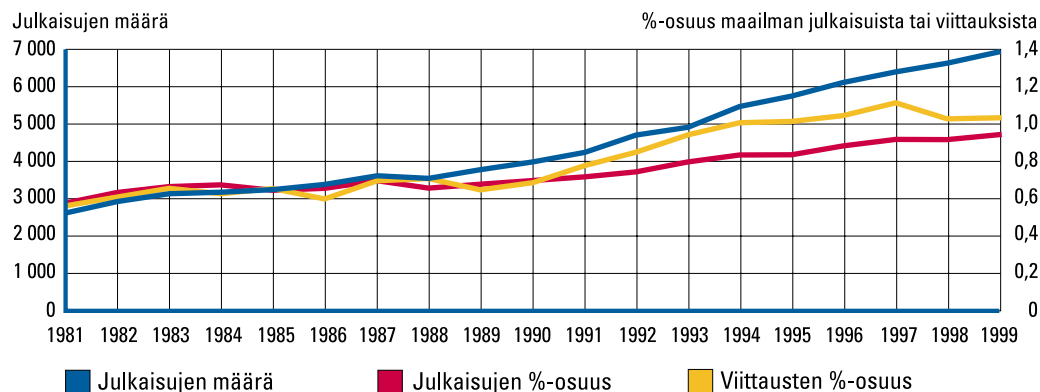
### 4.3 Tieteellinen julkaisutoiminta Suomessa ja muissa OECD-maissa

Tässä alaluvussa tarkastellaan suomalaisten tutkijoiden julkaisumääriä<sup>1</sup> ja viittauserkitymiä sekä verrataan niitä muiden OECD-maiden vastaaviin lukuihin. Lisäksi julkaisumääriä tarkastellaan suhteessa asukaslukuun, bruttokansantuotteeseen sekä yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenojen määrään. Tutkimuksen arvostusta arvioidaan suhteuttamalla suomalaisten julkaisujen saamia viittauksia julkaisujen määrään ja vertaamalla näitä lukuja muiden maiden vastaaviin. Tarkoituksena on saada kansainvälisesti vertailukelpoinen yleiskuva suomalaisen tutkimuksen tuloksellisuudesta ja tasosta. Vertailujen peruslukuina käytetään OECD-maiden julkaisu- ja viittaussmäärien kokonaiskertymiä sekä julkaisu- ja viittaussmääriä päätieteenaloittain. Alojen ryhmittely perustuu OECD:n kuusiluokkaiseen tieteenalajaotteluun (luonnontieteet, lääke- ja hoitotieteet, tekniset tieteet, maatalous- ja metsätieteet, yhteiskuntatieteet sekä humanistiset tieteet). Julkaisu- ja viittaussmäärät on saatu yhdysvaltalaisen Institute for Scientific Informationin (ISI) tietokannasta *National Science Indicators on Diskette* (NSIOD) 1981–1999. Tietokannan rakenne ja ominaispiirteet samoin kuin myös tieteenalaluokittelun perusteet on kuvattu bibliometriikkaa käsittelevässä liitteessä 1.

#### 4.3.1 Suomalaisen julkaisut kansainvälisissä tieteellisissä sarjoissa vuosina 1981–1999

Suomalaisten tekemien julkaisujen kokonaismäärä NSIOD-tietokantaan kuuluvissa tieteellisissä lehdissä oli vuonna 1999 korkeampi kuin kertaakaan aiemmin. Suomalaiset tutkijat julkaisivat tuolloin lähes 7 000 tieteellistä julkaisua, mikä oli kaksi kertaa enemmän kuin vuonna 1986. Myönteinen kehitys on jatkunut varsin pitkään (kuvio 4.2). Vuonna 1981 julkaisumäärä oli noin 2 600 ja vuonna 1983 ylitettiin kolmen tuhannen raja. Varsinkin 1990-luvun alusta lähtien julkaisumäärien kasvu on ollut erityisen nopeaa. Vuonna 1991 ylittyi 4 000 julkaisun raja, vuonna 1994 päästiin yli 5 000 julkaisun ja viimeisin rajapyykki, 6 000 julkaisua, ylitettiin vuonna 1996.

■ Kuvio 4.2. Suomen julkaisujen määrä sekä julkaisujen ja viittausten osuus maailman julkaisuista ja viittauksista vuosina 1981–1999.



Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

1 Luvuissa ovat mukana Suomessa toimivien tutkijoiden tekemät artikkelit ja sellaiset yhteisjulkaisut, joissa on vähintään yksi Suomessa työskentelevä tutkija. Oleellista on, että artikkelin yhteystietokentässä kirjoittajan tai yhteisjulkaisussa ainakin yhden kirjoittajan osoite on Suomessa.

Suomen osuus maailman julkaisuista on kehittynyt julkaisumäärien tavoin suotuisasti. Vuonna 1999 suomalaisten osuus julkaisuista oli 0,95 prosenttia. Vielä 1980-luvulla suomalaisten osuus pysyi varsin muuttumattomana: se vaihteli 0,6–0,7 prosentin välillä. Vuodesta 1990 alkaen on osuuden kasvutrendi ollut kuitenkin hyvin vahva. Julkaisuosuuden tavoin myös Suomen osuus kaikista viittauksista kehittyi 1980-luvulla suhteellisen hitaasti. Viittausten osuuden voimakas kasvu alkoi vuonna 1991. Samasta vuodesta lähtien on Suomen osuus maailman viittauksista ollut selvästi julkaisuosuutta korkeampi.

Taulukossa 4.1 on kuvattu Suomen julkaisu- ja viittausmäärien kehitystä kolmessa viisivuotiskaudessa vuodesta 1981 vuoteen 1999<sup>2</sup>. Tässä tarkastelutavassa yksittäisten vuosien vaikutukset tasoittuvat. Vuosina 1995–1999 suomalaiset julkaisivat noin 31 900 artikkelia, mikä oli 0,91 prosenttia maailman julkaisuista. Vuosina 1988–1992 suomalaisten osuus oli 0,70 prosenttia, kun taas 1980-luvulla oltiin 0,65 prosentin tuntumassa. Julkaisumäärien kasvu on ollut myönteistä viime 20 vuoden ajan. Vuosina 1995–1999 tuotettiin 57 prosenttia enemmän julkaisuja kuin vuosina 1988–1992. Julkaisumäärien kasvu jaksosta 1981–1985 jaksoon 1988–1992 oli 33 prosenttia.

Vuosina 1995–1999 ilmestyneet suomalaisten julkaisut keräsivät samana ajanjaksona yli 140 000 viittausta. Tämä oli noin 128 prosenttia enemmän kuin vuosina 1988–1992 ja lähes 3,5 kertaa enemmän kuin vuosina 1981–1985. Vuosina 1995–1999 Suomen osuus maailman viittauksista oli 1,05 prosenttia<sup>3</sup>. Osuuden kasvu vuosiin 1988–1992 (0,69 %) verrattuna on ollut ripeää. Myös tutkimuksen näkyvyyttä ja vaikuttavuutta kuvaavat indikaattorit eli viittauskerroin ja suhteellinen viittausindeksi ovat kehittyneet myönteisesti. Suomen saamat viittausmäärät ovat viime vuosina kasvaneet selvästi nopeammin kuin maailmassa keskimäärin. Vuosina 1981–1985 ja 1988–1992 suhteellinen viittausindeksi oli jo lähellä maailman keskitasoa eli indeksiarvoa 1. Vuosina 1995–1999 suomalaisten julkaisut keräsivät viittauksia jo 15 prosenttia enemmän kuin julkaisut maailmassa keskimäärin (indeksi 1,15).

Lisänäkökulman ISI-tietokannan tietojen tulkintoihin saa opetusministeriön KOTA-tietokannasta, johon on kerätty systemaattisesti tietoa yliopistotutkijoiden julkaisu toiminnasta. KOTA:n mukaan vuonna 1994 tutkijat julkaisivat 18 020 ja vuonna 1998 yhteensä 20 474 julkaisua<sup>4</sup>. Tieteellisissä referoiduissa sarjoissa julkaistujen artikkelien kokonaismäärä vuonna 1998 oli 10 235, kun se neljä vuotta aikaisemmin oli 9 838. Suomalaisissa sarjoissa julkaistiin vuonna 1998 alle 1 800 artikkelia, kun määrä oli vielä vuonna 1994 yli 2 300. Ulkomaalaisissa lehdissä puolestaan oli vuonna 1994 yli 7 500 (NSIOD:ssä mukana 5 448 julkaisua eli 73 % KOTA:ssa ilmoitetusta määrästä) ja vuonna 1998 lähes 8 500 artikkelia (NSIOD:ssä 6 632 eli 78 %).

2 Taulukon tiedot kertovat, kuinka monta julkaisua kullakin viisivuotiskaudella on ilmestynyt ja kuinka monta viittausta ne ovat mainittuna aikana saaneet. Lukuihin ei ole laskettu viittauksia, joita julkaisut ovat saaneet tarkastellun ajanjakson jälkeen. Tämän vuoksi viittausmäärät poikkeavat taulukon 4.7 tiedoista. Taulukossa 4.7 on esitetty kuitenkin vuoden julkaisujen saamien viittausten kokonaiskertymä vuosilta 1981–1999.

3 Kun tarkastellaan yksittäisiä vuosia, Suomen osuus viittauksista oli yli yhden prosentin (1,01) jo vuonna 1994.

4 Luvuissa ovat mukana yliopistotutkijoiden ilmoittamat artikkelit kotimaisissa ja ulkomaisissa tieteellisissä lehdissä, kirjoitukset kokoomateoksiin ja kongressijulkaisuihin, monografiat sekä yliopistojen omissa julkaisusarjoissa ilmestyneet paperit.

## Sisällys

■ Taulukko 4.1. Suomalaisten tieteellisten julkaisujen ja niiden saamien viittausten määrä, kehitys sekä osuudet maailman julkaisuista ja viittauksista vuosina 1981–1985, 1988–1992 ja 1995–1999.

	1981–1985	1988–1992	1995–1999
JULKAISUT			
julkaisujen määrä	15 232	20 285	31 907
julkaisumäärän kasvu-% edelliseen kauteen verrattuna	–	33,2	57,3
%-osuus maailman julkaisuista	0,65	0,7	0,91
VIITTAUKSET			
viittausten määrä	41 005	61 809	140 731
viittausmäärän kasvu-% edelliseen kauteen verrattuna	–	50,7	127,7
%-osuus maailman viittauksista	0,63	0,69	1,05
viittauskerroin*	2,69	3,05	4,41
suhteellinen viittausindeksi**	0,97	0,98	1,15

\* Viittauskerroin = viittausten määrä / julkaisujen määrä.

\*\* Suhteellinen viittausindeksi = Suomen viittauskerroin / maailman viittauskerroin (esim. kaudella 1995–1999 Suomen viittauskerroin oli 4,41 ja koko maailman 3,82 eli indeksiarvoksi saadaan  $4,41 / 3,82 = 1,15$ ).

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

ISI:n ja KOTA:n tietojen vertailun perusteella havaitaan, että kotimaisissa tieteellisissä julkaisuissa ilmestyneiden artikkelien määrä ja niiden osuus kaikista suomalaisten tekemistä tieteellisistä julkaisuista on vähentynyt selvästi; vastaavissa ulkomaisissa sarjoissa julkaistujen artikkelien suhteen tilanne on päinvastainen. Suomalaisten tutkijoiden ulkomaisissa lehdissä julkaistujen artikkelien määrän kasvu on kuitenkin ollut ISI:n indeksoimissa lehdissä vuosina 1994–1998 nopeampaa ja trendi tasaisemmin kasvava kuin KOTA:n tietojen perusteella. Tämä viittaa siihen, että suomalaisten tutkijoiden julkaisutoiminta – toisin sanoen tieteellinen julkaisuprofiili – on kansainvälistynyt voimakkaasti. Tutkijat julkaisevat aiempaa enemmän laajalti tunnetuissa ja arvostetuissa lehdissä. Julkaisutoiminnan laadun kohottaminen ja näkyvyyden parantaminen ovat olleet pitkään suomalaisen tiedepolitiikan tavoitteina ja tutkimustoiminnan edellytyksiä on kehitetty tämän saavuttamiseksi. Tavoitteet ovat toteutuneet edellä tarkasteltujen tietojen perusteella varsin hyvin.

Taulukossa 4.2 on esitetty neljältä poikkileikkausvuodelta Suomen julkaisutoiminnan maaprofiili eli päätieteenaloittaiset julkaisumäärät ja niiden kehitys, osuudet maailman julkaisuista sekä suhteelliset julkaisuindeksit. Vuonna 1999 julkaistuista suomalaisista tieteellisistä julkaisuista suurin osa oli luonnontieteiden (45 % kaikista Suomen julkaisuista) sekä lääke- ja hoitotieteiden (40 %) alueilta. Muiden päätieteenalojen osuudet ovat selvästi näitä pienempiä: tekniikan osuus oli seitsemän, yhteiskuntatieteiden noin viisi ja maatalous- ja metsätieteiden noin kaksi prosenttia. Humanististen tieteiden osuus oli yhden prosentin luokkaa. Päätieteenalojen julkaisuosuuksissa on tapahtunut jonkin verran muutoksia kahden viime vuosikymmenen aikana. Verrattaessa esimerkiksi vuosia 1987 ja 1999 havaitaan, että luonnontieteiden osuus on kasvanut noin seitsemän ja tekniikan noin kolme prosenttiyksikköä. Lääke- ja hoitotieteiden osuus on puolestaan laskenut noin yhdeksän prosenttiyksikköä. Muiden päätieteenalojen osuuksissa muutokset ovat olleet pieniä, korkeintaan 1,5 prosenttiyksikön luokkaa.

■ Taulukko 4.2. Suomen julkaisu toiminnan profiili: päättieteenalojen keskeisiä julkaisu toiminnan indikaattoreita vuosilta 1981, 1987, 1993 ja 1999.

Päättieteenala / vuosi	1981	1987	1993	1999
<b>Luonnontieteet</b>				
julkaisujen määrä	1 165	1 503	2 328	3 502
osuus Suomen julkaisuista	41,2 %	38,2 %	42,7 %	45,2 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	29,0 %	54,9 %	50,4 %
osuus maailman julkaisuista alalla	0,49 %	0,55 %	0,70 %	0,89 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	0,85	0,79	0,88	0,94
<b>Tekniset tieteet</b>				
julkaisujen määrä	165	170	394	541
osuus Suomen julkaisuista	5,8 %	4,3 %	7,2 %	7,0 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	3,0 %	131,8 %	37,3 %
osuus maailman julkaisuista alalla	0,45 %	0,38 %	0,63 %	0,69 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	0,76	0,55	0,79	0,72
<b>Lääke- ja hoitotieteet</b>				
julkaisujen määrä	1 297	1 938	2 335	3 103
osuus Suomen julkaisuista	45,8 %	49,2 %	42,9 %	40,1 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	49,4 %	20,5 %	32,9 %
osuus maailman julkaisuista alalla	1,00 %	1,20 %	1,22 %	1,32 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	1,71	1,72	1,52	1,39
<b>Maatalous- ja metsätieteet</b>				
julkaisujen määrä	102	127	149	148
osuus Suomen julkaisuista	3,6 %	3,2 %	2,7 %	1,9 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	24,5 %	17,3 %	0,0 %
osuus maailman julkaisuista alalla	0,65 %	0,88 %	0,98 %	0,93 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	1,11	1,26	1,23	0,98
<b>Yhteiskuntatieteet</b>				
julkaisujen määrä	73	163	188	379
osuus Suomen julkaisuista	2,6 %	4,1 %	3,5 %	4,9 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	123,3 %	15,3 %	101,6 %
osuus maailman julkaisuista alalla	0,19 %	0,39 %	0,40 %	0,71 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	0,32	0,56	0,51	0,74
<b>Humanistiset tieteet</b>				
julkaisujen määrä	28	35	54	70
osuus Suomen julkaisuista	1,0 %	0,9 %	1,0 %	0,9 %
määrän kasvu-% ed. tarkastelu vuoteen verrattuna	-	25,0 %	54,3 %	29,6 %
osuus maailman julkaisuista alalla	0,18 %	0,21 %	0,32 %	0,40 %
suhteellinen julkaisuindeksi *	0,30	0,30	0,40	0,42
<b>YHTEENSÄ</b>				
Julkaisuja **	2 830	3 936	5 448	7 743
Todellinen julkaisumäärä ja päällekkäisyysaste	2 635 (7,4 %)	3 625 (8,6 %)	4 923 (10,7 %)	6 980 (10,9 %)

\* Suhteellinen julkaisuindeksi = tieteenalaryhmän julkaisujen osuus kokonaisjulkaisumäärästä Suomessa / tieteenalaryhmän julkaisujen osuus kaikista julkaisuista maailmassa. Esimerkiksi luonnontieteiden saama indeksi arvo vuonna 1999 oli 0,94 eli suomalaiset tuottivat kuusi prosenttia vähemmän luonnontieteellisiä julkaisuja suhteessa maan kokonaisjulkaisutuotantoon kuin maailmassa keskimäärin. Lääke- ja hoitotieteellisiä julkaisuja puolestaan tuotettiin samana vuonna 39 prosenttia (indeksi 1,39) enemmän kuin muissa maissa keskimäärin.

\*\* ISI:n NSIOD-tietokannan ominaisuudesta johtuva huomautus. Kun tietokannasta poimitaan julkaisu- ja viittaustietoja ensin tieteenaloittain ja tämän jälkeen yhdistellään aloja suuremmiksi ryhmiä, voivat jotkut julkaisuista tulla tällöin laskettua kahteen kertaan. Siksi taulukon kuudesta tieteenalaryhmästä yhteenlasketut julkaisumäärät ovat suuremmat kuin tietokannasta kokonaishauulla saadut tiedot.

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981-1999.



## Sisällys

Kaikilla päätiiteenaloilla julkaisuaktiiviteetin lisääntyminen on ollut huomattavaa. 1980-luvulla muista ryhmistä eroaa lähinnä yhteiskuntatieteet julkaisumäärien kasvun nopeuden (1981–1987 julkaisumäärä kasvoi 123 %) ja tekniset tieteet kasvun mallillisuuden (3 %) suhteen. Vuodesta 1993 vuoteen 1999 julkaisumäärä kasvoi erityisen ripeästi yhteiskuntatieteissä ja luonnontieteissä. Tekniikan aloilla, lääke- ja hoitotieteissä sekä humanistisilla aloilla julkaisumäärän kasvu liikkui 30–40 prosentin välillä. Maatalous- ja metsätieteissä julkaisuutuotanto pysyi samana.

Kaikilla päätiiteenaloilla osuudet maailman julkaisuista ovat kasvaneet 1980-luvun alusta lähtien erittäin myönteisesti. Lääke- ja hoitotieteiden osuus oman alansa julkaisuista on ollut jatkuvasti korkein (1,32 % vuonna 1999). Suhteellisesti voimakkainta kehitys on kuitenkin ollut yhteiskuntatieteiden, humanististen tieteiden ja luonnontieteiden alueella. Vuosina 1981–1999 Suomen osuus maailman julkaisuista kasvoi yhteiskuntatieteissä 0,19 prosentista 0,71 prosenttiin, humanistisilla aloilla 0,18 prosentista 0,40 prosenttiin ja luonnontieteissä 0,49 prosentista 0,89 prosenttiin. Myös tekniikan aloilla sekä lääke- ja hoitotieteissä osuuden kasvu on ollut varsin positiivista.

Muihin maihin verrattuna Suomen julkaisuprofiili on painottunut selvästi lääke- ja hoitotieteisiin. Vuonna 1999 lääke- ja hoitotieteellisten julkaisujen osuus Suomen kaikista julkaisuista oli 39 prosenttia suurempi kuin näiden alojen osuus kaikista julkaisuista maailmassa vuonna 1999 (indeksiarvo 1,39). Osuuden kehitystrendi on kuitenkin ollut laskeva: 1980-luvulla suhteellinen julkaisuindeksi oli vielä noin 1,7. Tuolloin myös maatalous- ja metsätieteiden osuus julkaisuista oli Suomessa varsin korkea (indeksi 1,11–1,26). Vuonna 1999 yhteiskuntatieteiden osuus Suomen kaikista julkaisuista oli 26 prosenttia pienempi kuin niiden osuus oli maailmassa keskimäärin. Teknisten tieteiden osuus oli puolestaan 28 ja humanististen tieteiden peräti 58 prosenttia pienempi kuin maailmassa keskimäärin.

Humanististen ja yhteiskuntatieteiden kohdalla suhteelliset alhaiset osuudet maailman julkaisuista ja matala suhteellinen julkaisuindeksi johtuvat osaksi ISI:n tietokannan sisällöllisistä ominaisuuksista<sup>5</sup>. Tämä on havaittavissa myös luvun 4.2.2 kansainvälisissä vertailuissa. Samalla on korostettava, että vaikka Suomen asema ei näillä aloilla vaikuta mainittujen indikaattoreiden perusteella olevan kovinkaan vahva, ovat alat menestyneet muihin OECD-maihin verrattuna ja esimerkiksi suhteellisen viittausindeksin (ks. esim. taulukko 4.11) näkökulmasta kohtuullisen hyvin.

Yksittäisistä tutkimusaloista Suomen osuudet maailman julkaisuista olivat vuosina 1995–1999 suurimmat seuraavilla ISI:n määrittelemillä aloilla: ympäristölääkätiede (2,81 %), endokrinologia (aineenvaihdunta 2,75 %; ravitsemus 1,70 %), reumatologia (2,74 %), hammaslääkätiede ja suukirurgia (2,43 %), lisääntymistutkimus (2,31 %), korva-, nenä- ja kurkkutautien tutkimus (1,81 %), kliininen psykologia (1,79 %), yleislääkätiede (1,74 %), anestesia ja tehohoito (1,73 %), psykiatria (1,69 %), kliininen im-

5 Suuret englanninkieliset maat ja erityisesti Yhdysvallat ovat valta-asemassa ISI:n tietokannoissa (ks. liite 1). Esimerkiksi vuonna 1997 Yhdysvallat tuotti yhdessä Ison-Britannian, Kanadan ja Australian kanssa 69 prosenttia humanististen tieteiden ja yli 81 prosenttia yhteiskuntatieteellisistä julkaisuista. Tieteenalakohtaisesti tietokannan vinoumat voivat olla vieläkin suuremmat: kun Yhdysvaltojen osuus koko tietokannan kaikista julkaisuista on noin 38 prosenttia, on sen osuus esimerkiksi oikeustieteissä 89, kasvatustieteissä 63 ja taloustieteissä 60 prosenttia.



munologia (1,69 %), laboratoriolääketiede ja -tekniikka (1,66 %), elinten ja elinjärjestelmien lääketieteellinen tutkimus (1,65 %) sekä ympäristötiede ja ekologia (1,61 %).

Taulukossa 4.3 on esitetty tutkimusalakohtaiset suhteelliset viittausindeksit vuosina 1995–1999 ja 1985–1989. Ne kertovat, montako prosenttia enemmän tai vähemmän viittauksia suomalaisten julkaisut kyseisellä tutkimusalalla saivat maailman keskiarvoon verrattuna. Alat, joiden julkaisumäärä oli keskimäärin alle 10 vuodessa, jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Näillä aloilla suhteelliset viittausindeksit heilahtelivat hyvin paljon. Tämän vuoksi suuri osa humanistisista tieteistä ja yhteiskuntatieteistä sekä eräät teknisten tieteiden alat eivät ole tarkastelussa mukana. Vuosina 1995–1999 suomalaisiin tutkimuksiin viitattiin erityisen ahkerasti yleislääketieteessä ja sisätautien aloilla (viittausindeksi 1,99 eli viittauksia kertyi julkaisua kohti 99 prosenttia enemmän kuin alalla maailmassa keskimäärin), farmakologiassa ja toksikologiassa (1,59), gastroenterologiassa ja hepatologiassa (1,56), elintarvike- ja ravitsemustieteissä (1,54) sekä laboratoriolääketieteessä ja -tekniikassa (1,54).

Taulukon 4.3 keskeisin tulos on, että entistä useammalla alalla suhteellinen viittausindeksi ylittää arvon 1. Tarkastelluista 80 tutkimusalasta viittauskertymä julkaisua kohti oli yli maailman keskiarvon vuosina 1985–1989 Suomessa 27 alalla. Vuosina 1995–1999 jo 50 tutkimusalaa Suomessa ylitti maailman keskiarvon. Samaan aikaan, kun suomalaisten tekemien julkaisujen määrä on kehittynyt hyvin myönteisesti, on tutkimuksen vaikuttavuus kasvanut ja laatu kohentunut laaja-alaisesti. Suomalainen tiede on nykyisin monilla aloilla kansainvälisesti näkyvämpää ja arvostetumpaa kuin aiemmin. Suotuisaan kehitykseen on osaltaan vaikuttanut suomalaisten tutkijoiden kansainvälisen tutkimusyhteistyön nopea lisääntyminen viime 15 vuoden aikana. Tämä näkyy ulkomaisten tutkijoiden kanssa tehtyjen yhteisjulkaisujen määrän kasvuna. Vuonna 1998 yhteisjulkaisujen osuus kaikista suomalaisista julkaisuista oli 40 prosenttia, kun se vuonna 1986 osuus oli vielä alle 20 prosenttia (ks. Persson ym. 2000: 20–22, 36).

### 4.3.2 Kansainvälinen vertailu

#### *Julkaisu- ja viittausmäärät sekä niiden kehitys*

Kansainvälisissä ISI:n indeksoimissa tieteellisissä sarjoissa ilmestyi vuonna 1999 yli 730 000 julkaisua. Näistä suomalaisten tekemiä oli 6 980. Tämä oli 0,95 prosenttia kaikista julkaisuista (ks. taulukot 4.4 ja 4.5). Suomen julkaisumäärä oli OECD-maiden 17. suurin. Pohjoismaista Suomen edellä olivat vuonna 1999 Ruotsi (14 753 julkaisua; 2,01 %) ja Tanska (7 453 julkaisua; 1,02 %).

Vuosina 1981–1999 selvästi eniten julkaisuja tehtiin Yhdysvalloissa. Vuonna 1999 yhdysvaltalaisia artikkeleita ilmestyi yli 250 000. Tämä oli lähes 35 prosenttia maailman julkaisuista. Seuraavaksi eniten julkaisuja tuottivat Iso-Britannia (noin 69 200 julkaisua, 9,5 % maailman julkaisuista), Japani (68 800 julkaisua; 9,4 %), Saksa (64 400 julkaisua; 8,8 %) ja Ranska (47 400 julkaisua; 6,5 %). Viiden suurimman tutkimusmaan yhteenlaskettu osuus maailman julkaisuista on vuosina 1981–1999 pysynyt lähes yhtä suurena yli (60 %). Niiden asema keskeisinä tutkimusmaina on ollut siten varsin vakaana. Vuosina 1995–1999 osuus maailman julkaisuista kasvoi eniten Saksassa (0,82 %).

## Sisällys

■ Taulukko 4.3. Suomen tutkimusalat, joiden suhteellinen viittausindeksi ylitti alan maailman keskiarvon vuosina 1995–1999 ja 1985–1989. Alat on esitetty aakkosjärjestyksessä.

1995–1999	suhteellinen viittausindeksi	1985–1989	suhteellinen viittausindeksi
Anestesia & tehohoito	1,17		
Biologia, yleinen	1,09	Biologia, yleinen	1,06
Bioteknologia, sovellettu mikrobiologia	1,22	Bioteknologia, sovellettu mikrobiologia	1,57
Ekologia / ympäristötutkimus	1,12	Ekologia / ympäristötutkimus	1,30
Elintarvike- ja ravitsemustieteet	1,54	Elintarvike- ja ravitsemustieteet	1,16
Eläinlääketiede	1,37	Eläinlääketiede	1,36
Eläintieteet	1,40	Eläintieteet	1,24
Endokrinologia, aineenvaihdunta	1,28	Endokrinologia, aineenvaihdunta	1,07
Endokrinologia, ravitsemus	1,47	Endokrinologia, ravitsemus	1,02
Farmakologia & toksikologia (kliininen lääketiede)	1,13		
Farmakologia / toksikologia	1,59	Farmakologia / toksikologia	1,28
Fysiikka	1,45	Fysiikka	1,59
Gastroenterologia & hepatologia	1,56		
Hammaslääketiede, suukirurgia	1,19	Hammaslääketiede, suukirurgia	1,16
Hematologia	1,04		
Ihotaudit	1,37	Ihotaudit	1,57
Informaatioteknologia ja viestintäjärjestelmät	1,21	Informaatioteknologia & viestintäjärjestelmät	1,29
Instrumentaatio	1,30	Instrumentaatio	1,31
		Kansanterveys & hoitotiede	1,23
Kardiovaskul. tutkimus & hematologia	1,21		
Kardiovaskul. tutkimus & keuhkosairaudet	1,40		
Kirurgia	1,12		
Kliininen immunologia, tartuntataudit	1,27		
Kokeellinen biologia	1,38		
Konetekniikka	1,06		
Korva-, nenä- ja kurkkutaudit	1,03	Korva-, nenä- ja kurkkutaudit	1,16
Laboratoriolääketiede & laboratoriotekniikka	1,54		
Lastentaudit	1,44	Lastentaudit	1,39
Lisääntymislääketiede	1,03		
Lääketiede, diagnostiikka ja hoito	1,30		
Lääketiede, elimet ja systeemit	1,07		
Maatalouskemian	1,27		
Maataloustieteellinen tutkimus	1,12		
Matematiikka	1,07	Matematiikka	1,15
Metallurgia	1,01	Metallurgia	1,18
Molekyylibiologia & genetiikka	1,20		
Neurologia	1,34	Neurologia	1,06
Onkogeenninen tutkimus & syöpätutkimus	1,02	Onkogeenninen tutkimus & syöpätutkimus	1,02
Onkologia	1,22	Onkologia	1,15
		Optiikka & akustiikka	1,08
Orgaaninen kemia / polymeeritutkimus	1,14		
Ortopedia & urheilulääketiede	1,45	Ortopedia & urheilulääketiede	2,16
Radiologia	1,01		
Reumatologia	1,06		
Silmätaudit	1,17		
Sovellettu fysiikka, tiiviin aineen fysiikka	1,08	Sovellettu fysiikka, tiiviin aineen fysiikka	1,17
Spektroskopia	1,02		
Teknillinen kemia	1,13		
Teknillinen matematiikka	1,45		
Urologia & munuaistaudit	1,42		
Yleislääketiede & sisätaudit	1,99	Yleislääketiede & sisätaudit	2,07
Ympäristölääketiede / kansanterveys	1,24	Ympäristölääketiede / kansanterveys	1,14
Kaikki alat	1,15	Kaikki alat	0,97
Yhteensä 50 alaa ISI:n luokittelun 80:stä.		Yhteensä 27 alaa ISI:n luokittelun 80:stä.	

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

yksikköä) ja Japanissa (0,77 %-yksikköä). Muista OECD-maista poiketen Yhdysvaltojen ja Kanadan julkaisumäärien kehitys on viime vuosina taantunut ja osuus maailman julkaisuista laskenut.

Suomalaisten julkaisujen määrä kasvoi vuosina 1991–1999 keskimäärin 6,4 prosenttia vuodessa (taulukko 4.6). Tämä oli OECD-maista yhdeksänneksi eniten. Julkaisumäärän kasvu oli Suomessa 1990-luvulla nopeampaa kuin 1980-luvulla, jolloin julkaisumäärän kasvuvauhti oli keskimäärin 4,6 prosenttia vuodessa. Julkaisumäärän kasvuvauhdissa Suomen edellä olivat vuosina 1991–1999 lähinnä nk. nousevat kansantaloudet (*emerging economies*) ja/tai tutkimusinfrastruktuurin kehittyneisyyden suhteen vielä kärkimaita jäljessä olevat maat, kuten Turkki, Etelä-Korea ja Meksiko. Myös Itävalta, Espanja ja Irlanti olivat Suomen edellä. Tutkimusmenoilla mitattuna suurimmissa maissa, kuten Isossa-Britanniassa, Japanissa, Ranskassa ja Saksassa, julkaisumäärän kasvuvauhti oli 1990-luvulla selvästi maltillisempaa (keskim. 3,9–5,1 %/v.).

OECD-maiden tieteellisten julkaisujen saamat viittausten kokonaiskertymät sekä osuudet viittauksista maailmassa vuosina 1981–1999 on esitetty taulukoissa 4.7 ja 4.8. Viittausten kokonaisuutena ja viittausosuuksia tarkasteltaessa on syytä olla varovainen, koska tietokannan tiedot täydentyvät joka vuosi myös aiempien vuosien osalta. Tämä havaitaan taulukosta 4.7, jossa on esitetty OECD-maiden viittausmäärät vuodesta 1981 vuoteen 1999 (ks. myös alaviite 2). Viittausten kokonaiskertymä saavuttaa huipunsa vuonna 1990 (lähes 7,8 miljoonaa viittausta), jonka jälkeen se laskee. Vuoden 1999 julkaisut ehtivät saada runsaat 200 000 viittausta<sup>6</sup>.

Julkaisumäärien tavoin selvästi eniten viittauksia vuosina 1981–1999 ovat saaneet yhdysvaltalaiset julkaisut. Yhdysvaltojen osuus viittauksista vuosina 1997–1999 oli noin 50 prosenttia. Vielä 1980-luvulla Yhdysvaltojen osuus oli noin 55 prosenttia. Muut kärkimaat viittausten osuuksissa vuonna 1999 olivat samat kuin julkaisuosuuksissakin mutta hieman eri järjestyksessä: Iso-Britannia (12,1 %), Saksa (10,7 %), Japani (8,3 %), ja Ranska (6,7 %). Viiden suurimman tutkimusmaan yhteenlaskettu osuus maailman viittauksista on Yhdysvaltojen osuuden pienenemisestä huolimatta kasvanut vuosien 1981–1999 aikana hieman. Merkittävää on, että Japania lukuun ottamatta suurimpien tutkimusmaiden osuus viittauksista maailmassa on ollut viime vuosina huomattavasti julkaisuosuutta suurempi (vrt. taulukko 4.5, ks. myös kuvio 4.5). Samaan aikaan kun suurimmat maat ovat kyenneet säilyttämään keskeisen asemansa julkaisuaktiiviteetin suhteen, on niissä tehdyn tutkimuksen kansainvälinen näkyvyys ja vaikuttavuus kasvanut (poikkeuksena Yhdysvallat).

1990-luvulla osuus maailman viittauksista kasvoi eniten Saksassa (yli 3 %-yksikköä) ja Isossa-Britanniassa (noin 2 %-yksikköä). Suomalaisten julkaisujen saamien viittausten osuus viittauksista maailmassa alkoi nousta merkittävästi vuodesta 1991 alkaen (taulukko 4.8). Tuolloin Suomen osuus viittauksista nousi edellisen vuoden 0,69 prosentista 0,78 prosenttiin. Samasta vuodesta lähtien on Suomen osuus maailman viittauksista ollut korkeampi kuin osuus maailman julkaisuista. Vuodesta 1994 lähtien on Suomen

6 On mahdollista, että viittaukset kertyvät epätasaisesti eri maiden julkaisuille. Kokonaiskertymän pohjalta laskettavat maakohtaiset viittausosuudet voivat siten muuttua tulevaisuudessa (ks. taulukko 4.8). Julkaisujen viittauskertymistä saa vertailukelpoisemman kuvan tarkastelemalla esimerkiksi suhteellisen viittausindeksin kehitystä tiettyinä ajanjaksoina (kuva 4.10).

■ Taulukko 4.4. OECD-maiden tieteellisten julkaisujen määrä vuosina 1981–1999.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alankomaat	7 370	7 523	8 284	8 756	9 520	9 998	10 164	10 828	12 014	12 715	13 045	14 678	14 955	16 087	16 983	17 379	18 087	18 355	18 314
Australia	10 833	10 761	10 961	11 047	11 651	12 278	12 130	12 332	13 087	13 303	14 046	15 199	15 612	17 058	18 428	19 017	19 533	20 561	21 125
Belgia	4 319	4 521	4 486	4 546	4 984	5 045	5 164	5 185	5 587	5 898	6 151	6 712	6 784	7 584	8 301	8 678	8 856	9 479	9 826
Espanja	3 524	4 083	4 641	4 914	5 766	6 850	7 205	7 924	8 426	9 363	10 302	12 671	13 191	14 495	15 743	17 203	18 574	19 861	21 006
Etelä-Korea	240	306	379	426	566	667	878	1 025	1 349	1 593	1 960	2 498	3 014	4 041	5 414	6 430	7 818	9 513	11 010
Irlanti	944	1 024	1 134	1 070	1 081	1 191	1 225	1 220	1 232	1 400	1 454	1 600	1 680	1 834	1 949	2 166	2 249	2 547	2 575
Islanti	46	84	74	57	84	88	87	101	108	146	179	187	198	205	257	266	262	312	291
Iso-Britannia	40 056	41 170	42 363	41 417	45 045	46 049	45 774	45 938	46 856	48 523	50 801	55 374	55 291	60 279	63 819	65 823	64 498	67 701	69 220
Italia	9 724	10 396	11 252	11 772	12 408	13 018	13 352	14 757	16 172	16 812	18 401	20 716	20 716	20 812	23 369	24 985	26 701	27 177	29 587
Itävalta	2 780	2 754	2 810	2 694	3 044	3 123	3 143	3 168	3 538	3 664	3 813	4 302	4 395	4 749	5 403	5 531	6 161	6 476	6 718
Japani	27 240	28 535	29 724	30 703	34 171	35 906	36 054	40 389	41 791	44 361	46 270	52 241	51 911	55 948	58 911	61 413	61 929	66 931	68 775
Kanada	20 606	21 252	22 156	22 776	24 746	25 953	26 388	27 406	28 319	29 003	30 453	32 675	32 257	33 703	34 619	34 385	33 196	32 721	33 715
Kreikka	983	1 102	1 160	1 164	1 281	1 522	1 644	1 730	2 011	1 935	2 286	2 566	2 595	3 120	3 285	3 626	3 823	4 284	4 349
Meksiko	931	976	1 013	983	1 133	1 262	1 308	1 312	1 451	1 547	1 667	2 045	2 236	2 541	2 949	3 326	3 623	4 088	4 553
Norja	2 349	2 532	2 587	2 520	2 798	2 730	2 751	2 813	2 827	3 079	3 167	3 662	3 594	3 904	4 338	4 369	4 505	4 728	4 847
Portugali	240	282	329	343	368	483	528	583	703	837	947	1 114	1 205	1 377	1 598	1 845	2 057	2 295	2 845
Puola	4 645	3 699	4 532	4 643	4 851	5 040	4 927	5 323	5 765	5 473	5 624	6 086	5 826	6 345	7 157	7 312	7 219	7 856	8 406
Ranska	23 607	24 126	24 163	24 152	25 866	28 048	27 839	29 032	30 376	31 234	32 838	36 464	36 479	39 696	41 865	43 090	44 440	46 595	47 447
Ruotsi	6 932	7 581	7 779	8 044	8 704	9 016	8 927	9 268	9 886	10 080	10 282	10 983	11 400	12 157	12 890	13 637	13 756	14 444	14 753
Saksa	34 288	35 462	35 546	34 816	38 007	38 979	39 244	39 928	42 068	43 259	45 333	48 453	47 391	51 498	54 468	56 627	59 873	63 917	64 379
Suomi	2 635	2 948	3 158	3 208	3 283	3 434	3 625	3 558	3 784	3 986	4 245	4 712	4 923	5 475	5 759	6 126	6 410	6 632	6 980
Sveitsi	6 239	6 420	6 780	6 500	7 201	7 311	7 410	7 570	7 712	8 210	8 991	10 062	10 367	11 301	11 661	11 868	12 670	13 150	13 729
Tanska	3 895	3 981	3 974	3 884	4 132	4 469	4 354	4 332	4 655	4 730	4 951	5 717	5 625	6 260	6 476	6 659	6 839	7 460	7 453
Tseki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 213	3 238	3 660	3 580	3 864	3 887
Tšekkoslovakia	4 007	3 856	4 103	4 080	3 943	4 245	4 070	4 075	4 143	4 276	4 251	4 751	4 907	232	21	0	0	0	0
Turkki	332	338	338	402	467	501	576	644	831	955	1 175	1 423	1 649	2 028	2 456	3 165	3 484	4 094	4 714
Unkari	2 660	2 812	2 793	2 553	2 615	2 750	2 706	2 565	2 665	2 503	2 767	2 899	2 824	2 873	3 111	3 100	3 254	3 507	3 773
Uusi-Seelanti	2 286	2 368	2 419	2 393	2 439	2 432	2 426	2 722	2 558	2 859	2 826	3 055	3 019	3 449	3 624	3 879	3 978	4 297	4 312
Yhdysvallat	182 653	186 603	187 308	187 789	199 778	206 107	204 101	210 914	218 057	223 594	233 795	242 672	240 647	246 821	257 738	253 086	251 062	252 459	252 984
Kaikki maat	450 512	462 555	471 489	470 384	503 114	521 679	518 106	538 440	558 679	572 398	589 018	626 825	616 378	651 522	683 092	691 592	695 958	719 134	732 193

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.5. OECD-maiden osuudet maailman tieteellisistä julkaisuista vuosina 1981–1999.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alankomaat	1,64	1,63	1,76	1,86	1,89	1,92	1,96	2,01	2,15	2,22	2,21	2,34	2,43	2,47	2,49	2,51	2,60	2,55	2,50
Australia	2,40	2,33	2,32	2,35	2,32	2,35	2,34	2,29	2,34	2,32	2,38	2,42	2,53	2,62	2,70	2,75	2,81	2,86	2,89
Belgia	0,96	0,98	0,95	0,97	0,99	0,97	1,00	0,96	1,00	1,03	1,04	1,07	1,10	1,16	1,22	1,25	1,27	1,32	1,34
Espanja	0,78	0,88	0,98	1,04	1,15	1,31	1,39	1,47	1,51	1,64	1,75	2,02	2,14	2,22	2,30	2,49	2,67	2,76	2,87
Etelä-Korea	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,17	0,19	0,24	0,28	0,33	0,40	0,49	0,62	0,79	0,93	1,12	1,32	1,50
Irlanti	0,21	0,22	0,24	0,23	0,21	0,23	0,24	0,23	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,35	0,35
Islanti	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Iso-Britannia	8,89	8,90	8,98	8,80	8,95	8,83	8,83	8,53	8,39	8,48	8,62	8,83	8,97	9,25	9,34	9,52	9,27	9,41	9,45
Italia	2,16	2,25	2,39	2,50	2,47	2,50	2,58	2,74	2,89	2,94	3,12	3,30	3,38	3,59	3,66	3,86	3,90	4,04	4,04
Itävalta	0,62	0,60	0,60	0,57	0,61	0,60	0,61	0,59	0,63	0,64	0,65	0,69	0,71	0,73	0,79	0,80	0,89	0,90	0,92
Japani	6,05	6,17	6,30	6,53	6,79	6,88	6,96	7,50	7,48	7,75	7,86	8,33	8,42	8,59	8,62	8,88	8,90	9,31	9,39
Kanada	4,57	4,59	4,70	4,84	4,92	4,97	5,09	5,09	5,07	5,07	5,17	5,21	5,23	5,17	5,07	4,97	4,77	4,55	4,60
Kreikka	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25	0,29	0,32	0,32	0,36	0,34	0,39	0,41	0,42	0,48	0,48	0,52	0,55	0,60	0,59
Meksiko	0,21	0,21	0,21	0,21	0,23	0,24	0,25	0,24	0,26	0,27	0,28	0,33	0,36	0,39	0,43	0,48	0,52	0,57	0,62
Norja	0,52	0,55	0,55	0,54	0,56	0,52	0,53	0,52	0,51	0,54	0,54	0,58	0,58	0,60	0,64	0,63	0,65	0,66	0,66
Portugali	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,27	0,30	0,32	0,39
Puola	1,03	0,80	0,96	0,99	0,96	0,97	0,95	0,99	1,03	0,96	0,95	0,97	0,95	0,97	1,05	1,06	1,04	1,09	1,15
Ranska	5,24	5,22	5,12	5,13	5,14	5,38	5,37	5,39	5,44	5,46	5,58	5,82	5,92	6,09	6,13	6,23	6,39	6,48	6,48
Ruotsi	1,54	1,64	1,65	1,71	1,73	1,73	1,72	1,72	1,77	1,76	1,75	1,75	1,85	1,87	1,89	1,97	1,98	2,01	2,01
Saksa	7,61	7,67	7,54	7,40	7,55	7,47	7,57	7,42	7,53	7,56	7,70	7,73	7,69	7,90	7,97	8,19	8,60	8,89	8,79
Suomi	0,58	0,64	0,67	0,68	0,65	0,66	0,70	0,66	0,68	0,70	0,72	0,75	0,80	0,84	0,84	0,89	0,92	0,92	0,95
Sveitsi	1,38	1,39	1,44	1,38	1,43	1,40	1,43	1,41	1,38	1,43	1,53	1,61	1,68	1,73	1,71	1,72	1,82	1,83	1,88
Tanska	0,86	0,86	0,84	0,83	0,82	0,86	0,84	0,80	0,83	0,83	0,84	0,91	0,91	0,96	0,95	0,96	0,98	1,04	1,02
Tšekki	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,47	0,53	0,51	0,54	0,53
Turkki	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23	0,27	0,31	0,36	0,46	0,50	0,57	0,64
Unkari	0,59	0,61	0,59	0,54	0,52	0,53	0,52	0,48	0,48	0,44	0,47	0,46	0,46	0,44	0,46	0,45	0,47	0,49	0,52
Uusi-Seelanti	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,47	0,47	0,51	0,46	0,50	0,48	0,49	0,49	0,53	0,53	0,56	0,57	0,60	0,59
Yhdysvallat	40,54	40,34	39,73	39,92	39,71	39,51	39,39	39,17	39,03	39,06	39,69	38,71	39,04	37,88	37,73	36,59	36,07	35,11	34,55

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.6. OECD-maiden julkaisumäärien kokonaiskasvu ja keskimääräinen vuotuinen kasvuaste vuosina 1981–1989 ja 1991–1999.

	1981	1989	Kasvu-% 1981–89	Keskim. kasvu-% vuodessa	1991	1999	Kasvu-% 1991–99	Keskim. kasvu-% vuodessa
Alankomaat	7 370	12 014	63,0	6,30	13 045	18 314	40,4	4,33
Australia	10 833	13 087	20,8	2,39	14 046	21 125	50,4	5,23
Belgia	4 319	5 587	29,4	3,27	6 151	9 826	59,7	6,03
Espanja	3 524	8 426	139,1	11,51	10 302	21 006	103,9	9,31
Etelä-Korea	240	1 349	462,1	24,09	1 960	11 010	461,7	24,08
Irlanti	944	1 232	30,5	3,38	1 454	2 575	77,1	7,41
Islanti	46	108	34,8	1,26	179	291	62,6	6,26
Iso-Britannia	40 056	46 856	17,0	1,98	50 801	69 220	36,3	3,94
Italia	9 724	16 172	66,3	6,57	18 401	29 587	60,8	6,12
Itävalta	2 780	3 538	27,3	3,06	3 813	6 718	76,2	7,34
Japani	27 240	41 791	53,4	5,50	46 270	68 775	48,6	5,08
Kanada	20 606	28 319	37,4	4,05	30 453	33 715	10,7	1,28
Kreikka	983	2 011	104,6	9,36	2 286	4 349	90,2	8,37
Meksiko	931	1 451	55,9	5,70	1 667	4 553	173,1	13,38
Norja	2 349	2 827	20,3	2,34	3 167	4 847	53,0	5,46
Portugali	240	703	192,9	14,38	947	2 845	200,4	14,74
Puola	4 645	5 765	24,1	2,74	5 624	8 406	49,5	5,15
Ranska	23 607	30 376	28,7	3,20	32 838	47 447	44,5	4,71
Ruotsi	6 932	9 886	42,6	4,54	10 282	14 753	43,5	4,62
Saksa	34 288	42 068	22,7	2,59	45 333	64 379	42,0	4,48
Suomi	2 635	3 784	43,6 (10. korkein)	4,63	4 245	6 980	64,4 (9. korkein)	6,41
Sveitsi	6 239	7 712	23,6	2,68	8 991	13 729	52,7	5,43
Tanska	3 895	4 655	19,5	2,25	4 951	7 453	50,5	5,25
Turkki	332	831	150,3	12,15	1 175	4 714	301,2	18,96
Unkari	2 660	2 665	0,2	0,02	2 767	3 773	36,4	3,95
Uusi-Seelanti	2 286	2 558	11,9	1,42	2 826	4 312	52,6	5,42
Yhdysvallat	182 653	218 057	19,4	2,24	233 795	252 984	8,2	0,99
Kaikki maat	450 512	558 679	24,0	2,73	589 018	732 193	24,3	2,76

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.7. OECD-maiden tieteellisten julkaisujen saamien viittausten määrä vuosina 1981–1999.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alankomaat	144 092	141 503	157 412	169 011	177 916	174 311	184 780	195 792	201 725	211 208	211 423	215 183	209 090	192 446	171 222	126 907	93 651	43 961	7 536
Australia	169 286	166 263	177 216	170 549	182 035	184 990	175 150	186 812	176 214	165 935	168 074	169 744	163 672	153 470	137 979	105 348	72 129	37 258	7 044
Belgia	65 707	67 299	66 649	67 123	73 286	76 091	79 109	74 308	80 008	83 328	81 957	88 425	84 962	84 097	76 551	59 130	41 598	20 464	3 702
Espanja	26 915	31 395	33 538	40 701	47 717	57 969	59 265	68 915	75 899	87 597	92 987	113 279	116 120	114 433	99 722	87 431	62 929	32 429	5 763
Etelä-Korea	2 270	2 926	3 107	3 218	5 100	5 079	6 973	7 367	8 859	11 360	13 972	16 308	18 893	21 949	22 550	20 641	17 835	9 912	1 846
Irlanti	10 103	9 579	10 566	10 427	10 345	10 408	12 272	12 164	14 845	15 084	15 009	16 491	14 528	14 930	12 212	10 062	8 673	4 494	877
Islanti	684	1 248	1 343	1 396	1 068	1 669	1 891	1 596	1 982	2 030	2 100	2 581	3 601	2 215	2 995	1 662	1 303	602	193
Iso-Britannia	736 354	739 547	759 476	764 773	772 836	778 392	774 411	743 533	746 451	789 526	755 581	776 729	728 654	664 934	580 665	437 151	306 777	151 813	27 368
Italia	118 799	133 568	146 725	143 652	154 643	166 451	169 810	184 495	201 423	202 447	224 096	233 262	225 257	225 166	199 243	160 148	112 992	58 622	9 564
Itävalta	26 210	29 288	30 112	29 095	33 151	35 687	38 134	38 064	47 403	44 654	46 917	53 271	50 609	45 146	43 056	33 664	26 746	12 691	2 292
Japani	372 388	387 708	400 395	419 895	438 354	474 936	469 737	515 192	527 674	528 533	523 279	550 786	498 971	464 523	400 556	310 320	220 809	114 074	18 770
Kanada	343 069	351 924	357 365	356 868	386 525	385 506	395 690	401 709	407 377	402 883	402 917	415 856	380 286	341 899	285 547	220 223	143 088	69 061	12 348
Kreikka	8 535	8 968	10 053	10 542	10 766	11 945	13 714	12 517	15 160	15 255	15 744	17 498	16 841	17 018	16 710	14 421	9 669	4 970	825
Meksiko	9 471	9 734	9 253	9 062	10 761	10 350	11 042	10 664	12 687	12 347	11 696	14 904	14 547	13 982	14 006	11 435	8 632	4 357	841
Norja	34 813	40 122	38 258	36 274	40 485	39 290	38 240	38 865	38 481	40 343	38 522	42 321	38 850	35 892	33 515	22 889	17 836	9 046	1 606
Portugali	2 394	3 810	3 716	3 870	3 594	5 558	4 856	5 019	6 024	7 663	8 050	10 304	9 556	10 134	9 287	7 607	6 060	3 257	1 011
Puola	34 333	27 275	31 955	29 530	30 348	33 630	33 146	35 184	36 226	34 751	37 886	37 266	33 977	34 519	33 042	25 006	17 283	9 060	1 896
Ranska	317 498	322 099	327 114	338 605	362 325	377 257	386 547	396 061	397 367	411 034	425 336	431 185	416 788	391 253	339 378	266 064	186 832	92 409	15 303
Ruotsi	158 662	164 846	174 429	176 413	188 674	184 816	170 240	176 687	180 279	177 261	174 566	169 857	161 226	147 498	125 358	98 642	67 092	32 075	5 195
Saksa	438 103	446 639	466 419	449 973	491 204	496 460	524 867	508 938	543 453	564 196	552 771	565 318	557 697	521 321	460 626	374 051	267 042	137 849	24 274
Suomi	40 090	43 177	47 844	45 538	50 310	45 946	54 176	55 351	50 561	53 355	58 552	63 005	64 685	61 839	53 312	41 434	30 158	13 470	2 357
Sveitsi	135 754	148 305	151 046	145 439	160 925	162 024	160 948	172 717	162 798	167 205	176 078	178 046	175 013	171 751	140 790	111 086	84 056	40 018	7 220
Tanska	80 907	81 777	78 064	75 288	78 984	82 653	79 027	74 879	76 425	82 758	81 729	81 214	82 313	74 415	64 236	46 954	34 677	18 051	3 075
Tšekki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15 653	14 159	12 058	8 427	4 375	823
Tšekkoslovakia	20 678	21 228	19 525	19 774	18 679	18 824	18 216	17 768	19 215	20 717	20 429	24 979	22 743	694	37	0	0	0	0
Turkki	2 548	2 270	2 205	2 843	3 035	3 084	3 897	3 994	4 878	4 653	5 726	7 255	7 606	8 135	8 171	7 373	5 327	2 668	442
Unkari	21 617	20 769	23 341	20 282	20 907	21 472	20 156	17 853	18 679	19 109	21 709	23 234	21 589	19 796	15 986	12 703	9 490	4 742	905
Uusi-Seelanti	26 284	26 961	28 015	29 923	31 406	30 153	32 781	32 437	30 744	35 011	29 200	32 286	29 961	27 101	24 507	19 369	13 302	6 566	1 186
Yhdysvallat	3 928 209	3 907 079	4 002 833	4 036 698	4 218 579	4 239 051	4 313 792	4 304 648	4 282 578	4 260 984	4 131 220	3 982 170	3 659 383	3 243 487	2 753 199	2 036 932	1 358 682	651 375	114 794
Kaikki maat*	7 064 028	7 063 215	7 232 641	7 239 210	7 586 959	7 642 597	7 704 236	7 721 230	7 748 878	7 755 993	7 509 980	7 377 730	6 841 796	6 137 337	5 259 808	3 955 906	2 700 317	1 308 824	226 980

\* NSIOD:stä ei ole ollut saatavilla kaikkien maiden yhteenlaskettua viittausten määrää. Viittaismäärä on laskettu kertomalla maailman impact base -luku julkaisujen määrällä kunakin tarkasteltuna vuotena.

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.8. OECD-maiden osuudet (%) maailman tieteellisten julkaisujen saamista viittauksista vuosina 1981–1999.

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alankomaat	2,04	2,00	2,18	2,33	2,35	2,28	2,40	2,54	2,60	2,72	2,82	2,92	3,06	3,14	3,26	3,21	3,47	3,36	3,32
Australia	2,40	2,35	2,45	2,36	2,40	2,42	2,27	2,42	2,27	2,14	2,24	2,30	2,39	2,50	2,62	2,66	2,67	2,85	3,10
Belgia	0,93	0,95	0,92	0,93	0,97	1,00	1,03	0,96	1,03	1,07	1,09	1,20	1,24	1,37	1,46	1,49	1,54	1,56	1,63
Espanja	0,38	0,44	0,46	0,56	0,63	0,76	0,77	0,89	0,98	1,13	1,24	1,54	1,70	1,86	1,90	2,21	2,33	2,48	2,54
Etelä-Korea	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07	0,09	0,10	0,11	0,15	0,19	0,22	0,28	0,36	0,43	0,52	0,66	0,76	0,81
Irlanti	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,16	0,16	0,19	0,19	0,20	0,22	0,21	0,24	0,23	0,25	0,32	0,34	0,39
Islanti	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,09
Iso-Britannia	10,42	10,47	10,50	10,56	10,19	10,18	10,05	9,63	9,63	10,18	10,06	10,53	10,65	10,83	11,04	11,05	11,36	11,60	12,06
Italia	1,68	1,89	2,03	1,98	2,04	2,18	2,20	2,39	2,60	2,61	2,98	3,16	3,29	3,67	3,79	4,05	4,18	4,48	4,21
Itävalta	0,37	0,41	0,42	0,40	0,44	0,47	0,49	0,49	0,61	0,58	0,62	0,72	0,74	0,74	0,82	0,85	0,99	0,97	1,01
Japani	5,27	5,49	5,54	5,80	5,78	6,21	6,10	6,67	6,81	6,81	6,97	7,47	7,29	7,57	7,62	7,84	8,18	8,72	8,27
Kanada	4,86	4,98	4,94	4,93	5,09	5,04	5,14	5,20	5,26	5,19	5,37	5,64	5,56	5,57	5,43	5,57	5,30	5,28	5,44
Kreikka	0,12	0,13	0,14	0,15	0,14	0,16	0,18	0,16	0,20	0,20	0,21	0,24	0,25	0,28	0,32	0,36	0,36	0,38	0,36
Meksiko	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,16	0,16	0,16	0,20	0,21	0,23	0,27	0,29	0,32	0,33	0,37
Norja	0,49	0,57	0,53	0,50	0,53	0,51	0,50	0,50	0,50	0,52	0,51	0,57	0,57	0,58	0,64	0,58	0,66	0,69	0,71
Portugali	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,14	0,17	0,18	0,19	0,22	0,25	0,45
Puola	0,49	0,39	0,44	0,41	0,40	0,44	0,43	0,46	0,47	0,45	0,50	0,51	0,50	0,56	0,63	0,63	0,64	0,69	0,84
Ranska	4,49	4,56	4,52	4,68	4,78	4,94	5,02	5,13	5,13	5,30	5,66	5,84	6,09	6,37	6,45	6,73	6,92	7,06	6,74
Ruotsi	2,25	2,33	2,41	2,44	2,49	2,42	2,21	2,29	2,33	2,29	2,32	2,30	2,36	2,40	2,38	2,49	2,48	2,45	2,29
Saksa	6,20	6,32	6,45	6,22	6,47	6,50	6,81	6,59	7,01	7,27	7,36	7,66	8,15	8,49	8,76	9,46	9,89	10,53	10,69
Suomi	0,57	0,61	0,66	0,63	0,66	0,60	0,70	0,72	0,65	0,69	0,78	0,85	0,95	1,01	1,01	1,05	1,12	1,03	1,04
Sveitsi	1,92	2,10	2,09	2,01	2,12	2,12	2,09	2,24	2,10	2,16	2,34	2,41	2,56	2,80	2,68	2,81	3,11	3,06	3,18
Tanska	1,15	1,16	1,08	1,04	1,04	1,08	1,03	0,97	0,99	1,07	1,09	1,10	1,20	1,21	1,22	1,19	1,28	1,38	1,35
Tšekki	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,27	0,30	0,31	0,33	0,36
Turkki	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	0,19	0,20	0,20	0,19
Unkari	0,31	0,29	0,32	0,28	0,28	0,28	0,26	0,23	0,24	0,25	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,32	0,35	0,36	0,40
Uusi-Seelanti	0,37	0,38	0,39	0,41	0,41	0,39	0,43	0,42	0,40	0,45	0,39	0,44	0,44	0,44	0,47	0,49	0,49	0,50	0,52
Yhdysvallat	55,61	55,32	55,34	55,76	55,60	55,47	55,99	55,75	55,27	54,94	55,01	53,98	53,49	52,85	52,34	51,49	50,32	49,77	50,57

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.



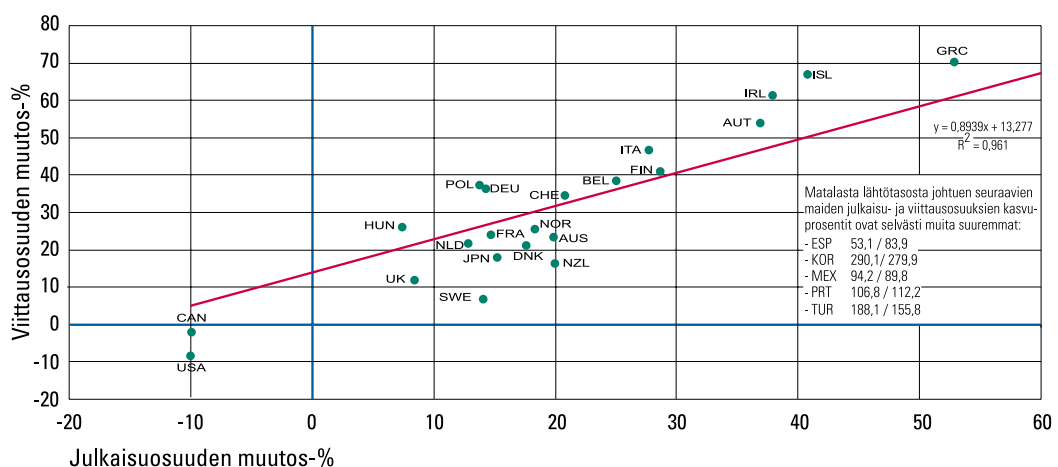
osuus maailman viittauksista ollut yli yhden prosentin. Suomen osuus maailman viittauksista oli koko 1990-luvun OECD-maiden 15. korkein.

Kuviossa 4.3 on tarkasteltu sitä, miten OECD-maiden osuudet maailman julkaisuista ja viittauksista ovat 1990-luvulla kehittyneet. Kuvio ilmaisee, kuinka monta prosenttia maiden osuudet ovat muuttuneet kausien 1990–1992 ja 1997–1999 välillä. Regressiosuoran yläpuolella olevissa maissa viittausosuuden kasvu on ollut keskimäärin nopeampaa ja suoran alapuolella olevissa maissa hitaampaa kuin julkaisuosuuden muutoksen perusteella ja muihin maihin verrattuna voidaan olettaa.

OECD-maiden julkaisu- ja viittausosuuksien kehityksessä on havaittavissa suuria eroja. Suomi kuuluu siihen ryhmään maita, joissa viittausosuuden suhteellinen kasvu on ollut keskimäärin nopeampaa kuin julkaisuosuuden kehityksen perusteella ja muihin maihin verrattuna on arvioitavissa (sijainti suoran yläpuolella). Toisin sanoen tutkimuksen kansainvälinen näkyvyys ja vaikutus tutkimustoimintaan on suhteellisesti tarkasteltuna kehittynyt voimakkaammin kuin julkaisuaktiivisuus. Samaan ryhmään kuuluvat muun muassa Saksa, Sveitsi, Puola, Italia ja Belgia. Tilanne on päinvastainen esimerkiksi Ranskassa, Alankomaissa, Tanskassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa ja Japanissa. Näissä maissa viittausosuuden suhteellinen kasvu on ollut keskimäärin hitaampaa kuin julkaisuosuuden kehityksen perusteella ja muihin maihin verrattuna voidaan arvioida.

Korkean tutkimusintensiteetin maista Isossa-Britanniassa, Japanissa ja Ruotsissa julkaisuosuuden suhteellinen kasvu on 1990-luvulla ollut varsin maltillista. Ruotsissa on myös viittausosuuden suhteellinen kehitys ollut varsin hidasta. Kanada ja Yhdysvallat ovat ainoat OECD-maat, joiden osuudet julkaisuista ja viittauksista maailmassa ovat tarkasteltuna aikana laskeneet.

■ Kuvio 4.3. OECD-maiden osuudet maailman julkaisuista ja viittauksista: osuuksien muutokset prosentteina kaudesta 1990–1992 kauteen 1997–1999. Esimerkiksi Suomen osuus maailman julkaisuista oli 0,72 prosenttia kaudella 1990–1992 ja 0,93 prosenttia kaudella 1997–1999. Osuus kasvoi siten 29 prosenttia. Viittausten osuus kasvoi samaan aikaan lähes 41 prosenttia (0,77 % → 1,09 %).



## Sisällys

### *Julkaisumäärien suhteutus bruttokansantuotteeseen, tutkimusmenoihin ja asukasluukuun*

Taulukossa 4.9 on OECD-maiden julkaisujen määrä suhteutettu bruttokansantuotteeseen, yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimus- ja kehittämismenoihin sekä asukasmäärään. Julkaisutiedot ovat vuodelta 1999 ja muut tiedot vuodelta 1997. Suomi tuotti tämän laskelman mukaan kolmanneksi eniten julkaisuja suhteessa bruttokansantuotteen määrään. Suomen edellä olivat Ruotsi ja Sveitsi. Suhteutettaessa julkaisujen määrä yliopistojen ja tutkimuslaitosten t&k-menoihin Suomi sijoittuu 12. sijalle. Tämän tilaston kärjessä ovat Unkari, Sveitsi ja Uusi-Seelanti. Asukasmäärään suhteutettuna Suomi on neljännellä sijalla, kun kärjessä ovat Sveitsi, Ruotsi ja Tanska.

Taulukon 4.9 tunnusluvut ovat vain suuntaa-antavia tulkittaessa eri maiden tutkimusjärjestelmien eroja. Periaatteessa ne voivat kuvastaa eroja tutkimusjärjestelmien tehokkuudessa, mutta tähän tarkoitukseen mittarit ovat liian karkeita. Julkaisumäärän suhde bruttokansantuotteeseen kertoo lähinnä akateemisen, kansainväliseen julkaisutoimintaan tähtäävän tutkimustoiminnan tasosta ja asemasta suhteessa kansakunnan vaurauteen. Mielenkiintoinen havainto sekä Suomen että eräiden muiden maiden osalta on se, että 1990-luvun taloudellinen lamakausi ja bruttokansantuotteen väheneminen eivät hidastaneet julkaisumäärien kasvua. Tutkimustoiminta oli julkaisumäärissä mitaten tuloksekasta lamaan liittyneistä yliopistojen voimavarojen supistuksista huolimatta<sup>7</sup>. Julkaisumäärä asukasta kohti kertoo puolestaan tutkimuksen tuloksellisuudesta ja arvostuksesta suhteessa kansakunnan kokoon. Vastaavasti suhteutus yliopistojen ja tutkimuslaitosten t&k-menoihin antaa suurpiirteisen kuvan näiden instituutioiden tehokkuudesta eri maissa. On kuitenkin muistettava, että julkaisujen määrä on vain yksi näkökulma tieteelliseen toimintaan. Yliopistotutkimukselle on eri maissa voitu asettaa erilaisia tavoitteita ja tehtäviä, eikä kaikki tutkimustoiminta tavoittele ainakaan ensisijaisesti näkymistä kansainvälisillä julkaisufoorumeilla.

### *Viittauskertoimet ja suhteelliset viittausindeksit*

Tutkimuksen näkyvyyttä ja vaikuttavuutta kuvaavia indikaattoreita ovat viittauskerroin ja suhteellinen viittausindeksi. OECD-maiden keskinäisen vertailun tulokset on esitetty kuvioissa 4.4 ja 4.5 sekä taulukoissa 4.10 ja 4.11. Kumpikin kuvio kertoo siinä mielessä saman asian, että maiden sijoitukset eivät muutu eri kuvioissa. Asetelma on sama taulukoiden kohdalla. Näkökulma niin kuvioiden kuin taulukoidenkin kesken on kuitenkin erilainen. Viittauskerroin ilmaisee, kuinka monta viittausta kunkin maan julkaisut ovat vuodessa keskimäärin saaneet. Suhteellinen viittausindeksi puolestaan kertoo, kuinka monta prosenttia enemmän tai vähemmän kunkin maan julkaisut ovat keränneet viittauksia maailman keskiarvoon (indeksi = 1) verrattuna.

<sup>7</sup> Tämä saattaa johtua monesta seikasta, kuten esimerkiksi siitä, että yleisen taloudellisen tilanteen heiketessä yliopistojen rahoitus ei laskenut niin paljon, että se olisi nopeasti tai pysyvästi "vaurioittanut" tutkimustoiminnan rakenteita. Tämä ei kuitenkaan sulje pois sitä mahdollisuutta, että yliopistojen myönteinen ja kokonaisvaltainen kehitys (perusopetus, jatkokoulutus, tutkimus, yhteistyö toimintaympäristön kanssa) hidastui tai estyi heikon taloudellisen tilanteen seurauksena. Yliopistojen voimavarojen vähenemisen kokonaisvaikutukset eivät välttämättä näy suoraan tutkimuksen tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta kuvaavissa bibliometrisissä mittareissa.

■ Taulukko 4.9. OECD-maiden tieteellisten julkaisujen määrä suhteutettuna bruttokansantuotteeseen, yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenoihin sekä asukaslukuun.

Julkaisujen määrä 1999 / BKT (mrd. US\$) 1997		Julkaisujen määrä 1999 / Yliopistojen ja tutkimuslaitosten t&k-menot (10 milj. US\$) 1997		Julkaisujen määrä 1999 / 10 000 asukasta 1997	
1. Ruotsi	81,6	1. Unkari	107,2	1. Sveitsi	19,3
2. Sveitsi	74,5	2. Sveitsi	105,0	2. Ruotsi	16,7
3. Suomi	66,3	3. Uusi-Seelanti	97,6	3. Tanska	14,1
4. Uusi-Seelanti	64,1	4. Kreikka	96,0	4. Suomi	13,6
5. Tanska	58,2	5. Irlanti	93,0	5. Alankomaat	11,7
6. Iso-Britannia	57,4	6. Belgia	91,5	6. Iso-Britannia	11,7
7. Alankomaat	53,0	7. Iso-Britannia	91,5	7. Uusi-Seelanti	11,5
8. Australia	50,4	8. Ruotsi	84,4	8. Australia	11,4
9. Kanada	46,9	9. Kanada	82,6	9. Kanada	11,1
10. Islanti	43,2	10. Tanska	78,9	10. Norja	11,0
11. Belgia	41,6	11. Espanja	77,4	11. Islanti	10,7
12. Norja	41,1	12. Suomi	76,3	12. Belgia	9,7
13. Ranska	38,0	13. Tšekki	68,1	13. Yhdysvallat	9,5
14. Unkari	37,6	14. Itävalta	67,2	14. Itävalta	8,3
15. Itävalta	36,0	15. Puola	63,6	15. Ranska	8,1
16. Saksa	35,5	16. Australia	62,4	16. Saksa	7,8
17. Irlanti	34,4	17. Alankomaat	57,6	17. Irlanti	7,0
18. Espanja	33,4	18. Norja	56,9	18. Japani	5,5
19. Yhdysvallat	32,3	19. Yhdysvallat	52,8	19. Espanja	5,3
20. Kreikka	29,7	20. Italia	48,2	20. Italia	5,1
21. Puola	29,1	21. Saksa	46,8	21. Kreikka	4,1
22. Tšekki	28,7	22. Portugali	46,5	22. Tšekki	3,8
23. Italia	24,2	23. Ranska	45,8	23. Unkari	3,7
24. Japani	22,2	24. Islanti	45,5	24. Portugali	2,9
25. Portugali	19,7	25. Turkki	37,5	25. Etelä-Korea	2,4
26. Etelä-Korea	16,5	26. Japani	33,0	26. Puola	2,2
27. Turkki	11,4	27. Meksiko	30,2	27. Turkki	0,7
28. Meksiko	6,3	28. Etelä-Korea	21,8	28. Meksiko	0,5

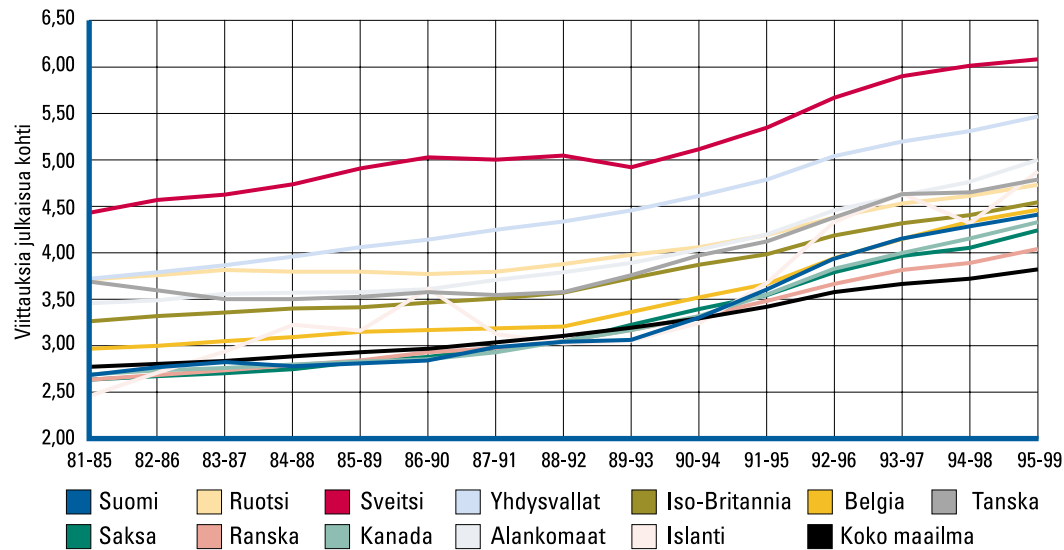
Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999; OECD, Main Science and Technology Indicators.

## Sisällys

Kuvioissa 4.4 ja 4.5 on esitetty OECD-alueen 12 kärkimaan viittauskertoimen ja suhteellisen viittausindeksin kehitys liukuvina viisivuotiskausina (kaudesta 1981–1985 kauteen 1995–1999)<sup>8</sup>. Viittauskerroin on kasvanut varsin tasaisesti tarkasteltuna aikana. 1980-luvun alkupuolella julkaisut saivat maailmassa keskimäärin 2,7 viittausta ja kaudella 1995–1999 jo 3,8 viittausta vuodessa. Vielä kaudella 1988–1992 vain seitsemässä OECD-maassa viittauskerroin oli maailman keskiarvoa suurempi (eli suhteellinen viittausindeksi ylitti arvon 1). Keskiarvon alapuolella olivat tuolloin vielä Suomi, Ranska, Saksa, Islanti ja Kanada. Kaudesta 1991–1995 lähtien kaikki kärkimaat ovat olleet maailman keskiarvon yläpuolella. Lähes koko tarkastellun ajan Sveitsin ja Yhdysvaltojen viittauskerroin ja suhteellinen viittausindeksi ovat olleet selvästi muita korkeammat.

Tarkasteltaessa suhteellisen viittausindeksin kehitystä havaitaan, että indeksiarvo on noussut 1990-luvulla edelliseen vuosikymmeneen verrattuna huomattavasti Suomessa, Kanadassa, Saksassa, Ranskassa ja Belgiassa sekä jonkin verran myös Yhdysvalloissa. Muissa maissa indeksiarvo on pysynyt suurin piirtein samalla tasolla (esim. Iso-Britannia) tai laskenut (esim. Ruotsi). Kaudella 1995–1999 suomalaisten julkaisujen viittauskerroin (4,41) ja suhteellinen viittausindeksi (1,15) olivat OECD-maiden yhdeksänneksi korkeimmat.

■ Kuvio 4.4. OECD-alueen 12 kärkimaan viittauskertoimen kehitys kaudesta 1981–1985 kauteen 1995–1999.

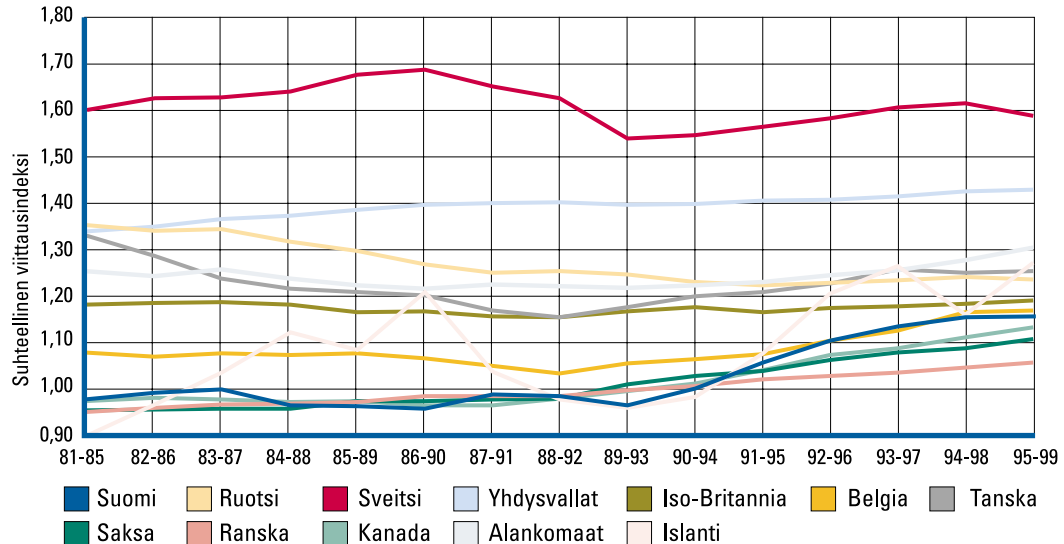


Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

Taulukoissa 4.10 ja 4.11 on esitetty OECD-maiden viittauskertoimet ja suhteelliset viittausindeksit suuruusjärjestyksessä päätieteenaloittain. Indikaattorit kuvaavat vuosien 1995–1999 tilannetta. Tieteenalojen väliset erot ovat indikaattoreiden perusteella suuria: on kuitenkin muistettava, että viittauskertoimia tai viittausindeksejä ei pidä käyttää tieteenalojen keskinäiseen laatuvertailuun tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen. Eniten julkaisuihin viitataan lääke- ja hoitotieteissä (keskim. 4,8 viittaus-

<sup>8</sup> Kertoimien perustana oleviin viittausmääriin on laskettu mukaan vain mainittuina vuosina kertyneet viittaukset. Sen vuoksi viittausmäärät ovat erilaisia kuin taulukossa 4.7 esitetyt julkaisujen saamat viittausten kokonaiskertymät.

■ Kuvio 4.5. OECD-alueen 12 kärkimaan suhteellisen viittausindeksin kehitys kaudesta 1981–1985 kauteen 1995–1999.



Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

ta/julkaisu) sekä luonnontieteissä (4,3). Vähiten viittauksia julkaisua kohden on humanistisissa tieteissä (0,3).

Menestyksekkäimpiä maita päätieteenaloittaisissa vertailuissa ovat Yhdysvallat, Alankomaat, Sveitsi (lukuun ottamatta humanistisia ja yhteiskuntatieteitä) ja Iso-Britannia (lukuun ottamatta teknisiä tieteitä). Myös Ruotsi, Kanada, Islanti, Suomi, Belgia ja Tanska menestyvät hyvin varsin usealla alalla.

Vaikka Suomen osuudet maailman julkaisuista ja viittauksista ovat varsin pieniä, sijoitumme suhteellisen korkealle OECD-maiden viittauskerroin- ja viittausindeksivertailuissa. Niiden mukaan Suomen päätieteenaloista menestyi vuosina 1995–1999 parhaiten maatalous- ja metsätieteet. Ne sijoittuivat vertailussa viidennelle sijalle (samaan aikaan Suomen osuus kyseisen päätieteenalan julkaisuista maailmassa oli OECD-maiden 16. korkein). Lääke- ja hoitotieteiden viittauskerroin ja suhteellinen viittausindeksi olivat kahdeksanneksi korkeimmat. Muut päätieteenalat – luonnontieteet, humanistiset tieteet, yhteiskuntatieteet ja tekniset tieteet – olivat vertailussa sijoilla 10–11.

OECD-maiden julkaisu- ja viittausprofiileja tarkasteltaessa havaitaan, että Pohjoismaat poikkeavat selvästi useimmista muista maista (ks. taulukko 4.12). Varsinkin Suomen ja Ruotsin keskenään varsin samanlaiset profiilit erottuvat joukosta. Näissä maissa luonnontieteiden osuus maan kaikista julkaisuista on suhteellisen pieni muihin verrattuna: Suomessa luonnontieteiden osuus on Turkin, Yhdysvaltojen ja Irlannin jälkeen OECD-maiden neljänneksi pienin (44 %; maiden ka. 49 %). Myös humanististen ja teknisten tieteiden osuudet ovat selvästi keskimääräistä matalammat. Maatalous- ja metsätieteissä sekä yhteiskuntatieteissä Suomen osuus edustaa OECD-alueen keskitasoa. Sen sijaan lääke- ja hoitotieteiden osuus kaikista julkaisuista on Suomessa muiden Pohjoismaiden tavoin suuri: Suomessa osuus on OECD-maiden kolmanneksi korkein (41 %; maiden ka. 30 %).

■ Taulukko 4.10. OECD-maiden viittauskertoimet \* päätietealoittain vuosina 1995–1999.

	Luonnontieteet		Tekniset tieteet		Lääke- ja hoitotieteet		Maatalous- ja metsätieteet		Yhteiskuntatieteet		Humanistiset tieteet	
1.	Sveitsi	6,72	Sveitsi	2,59	Islanti	7,04	Alankomaat	2,80	Yhdysvallat	2,13	Islanti	0,60
2.	Yhdysvallat	6,66	Tanska	2,06	Yhdysvallat	6,49	Tanska	2,70	Kanada	1,84	Kreikka	0,45
3.	Alankomaat	5,47	Yhdysvallat	2,03	Sveitsi	6,12	Sveitsi	2,69	Alankomaat	1,82	Uusi-Seelanti	0,39
4.	Iso-Britannia	5,42	Alankomaat	1,95	Alankomaat	5,85	Iso-Britannia	2,66	Italia	1,68	Australia	0,38
5.	Tanska	5,18	Ruotsi	1,89	Kanada	5,81	Suomi	2,56	Iso-Britannia	1,67	Iso-Britannia	0,36
6.	Ruotsi	5,08	Ranska	1,86	Belgia	5,48	Ruotsi	2,48	Uusi-Seelanti	1,66	Yhdysvallat	0,36
7.	Saksa	4,88	Belgia	1,85	Iso-Britannia	5,47	Yhdysvallat	2,47	Ruotsi	1,64	Turkki	0,34
8.	Kanada	4,85	Saksa	1,80	Suomi	5,35	Ranska	2,37	Islanti	1,63	Alankomaat	0,34
9.	Islanti	4,82	Itävalta	1,79	Ruotsi	5,30	Norja	2,35	Belgia	1,58	Ruotsi	0,26
10.	Belgia	4,66	Suomi	1,70	Tanska	5,27	Islanti	2,32	Suomi	1,54	Kanada	0,25
11.	Suomi	4,65	Kanada	1,68	Uusi-Seelanti	4,99	Irlanti	2,28	Norja	1,49	Suomi	0,25
12.	Itävalta	4,36	Norja	1,67	Australia	4,72	Kanada	2,28	Sveitsi	1,43	Belgia	0,25
13.	Ranska	4,35	Espanja	1,66	Italia	4,72	Belgia	2,24	Australia	1,38	Japani	0,25
14.	Australia	4,14	Italia	1,66	Ranska	4,63	Australia	2,13	Ranska	1,37	Tanska	0,24
15.	Italia	3,99	Australia	1,63	Norja	4,62	Espanja	2,04	Itävalta	1,35	Irlanti	0,21
16.	Norja	3,87	Iso-Britannia	1,61	Irlanti	4,37	Uusi-Seelanti	2,00	Saksa	1,33	Saksa	0,20
17.	Japani	3,65	Japani	1,43	Saksa	4,35	Japani	1,79	Espanja	1,29	Italia	0,20
18.	Irlanti	3,48	Unkari	1,40	Itävalta	4,29	Italia	1,74	Unkari	1,19	Unkari	0,20
19.	Espanja	3,42	Uusi-Seelanti	1,37	Portugali	3,66	Saksa	1,73	Tanska	1,18	Norja	0,18
20.	Uusi-Seelanti	3,38	Irlanti	1,26	Japani	3,65	Portugali	1,59	Irlanti	1,10	Meksiko	0,17
21.	Kreikka	2,77	Portugali	1,26	Espanja	3,39	Meksiko	1,53	Portugali	1,07	Itävalta	0,15
22.	Portugali	2,73	Kreikka	1,14	Unkari	3,24	Etelä-Korea	1,49	Etelä-Korea	0,98	Sveitsi	0,13
23.	Unkari	2,72	Puola	1,12	Puola	2,90	Itävalta	1,47	Japani	0,97	Ranska	0,12
24.	Puola	2,37	Islanti	1,09	Kreikka	2,76	Kreikka	1,39	Puola	0,88	Portugali	0,12
25.	Meksiko	2,33	Meksiko	1,07	Meksiko	2,50	Puola	1,25	Turkki	0,84	Espanja	0,10
26.	Etelä-Korea	2,03	Etelä-Korea	1,03	Etelä-Korea	2,34	Turkki	1,15	Kreikka	0,77	Etelä-Korea	0,09
27.	Turkki	1,64	Turkki	0,87	Turkki	1,22	Unkari	0,86	Meksiko	0,77	Puola	0,08
	Kaikki maat, ka.	4,294		1,529		4,773		1,891		1,783		0,287

\* Viittauskerroin = alan julkaisujen saama viittausmäärä tietyssä maassa / alan julkaisumäärä tietyssä maassa. Esimerkiksi Suomen viittauskerroin luonnontieteessä vuosina 1995–1999 on 4,652 eli 72 427 viittausta / 15 569 julkaisua.

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.11. OECD-maiden suhteellinen viittausindeksi\* päätieteenaloittain vuosina 1995–1999.

	Luonnontieteet		Tekniset tieteet		Lääke- ja hoitotieteet		Maatalous- ja metsätieteet		Yhteiskuntatieteet		Humanistiset tieteet	
1.	Sveitsi	1,56	Sveitsi	1,69	Islanti	1,47	Alankomaat	1,48	Yhdysvallat	1,19	Islanti	2,09
2.	Yhdysvallat	1,55	Tanska	1,35	Yhdysvallat	1,36	Tanska	1,43	Kanada	1,03	Kreikka	1,58
3.	Alankomaat	1,28	Yhdysvallat	1,33	Sveitsi	1,28	Sveitsi	1,42	Alankomaat	1,02	Uusi-Seelanti	1,36
4.	Iso-Britannia	1,26	Alankomaat	1,27	Alankomaat	1,23	Iso-Britannia	1,41	Italia	0,94	Australia	1,32
5.	Tanska	1,21	Ruotsi	1,24	Kanada	1,22	Suomi	1,35	Iso-Britannia	0,94	Iso-Britannia	1,26
6.	Ruotsi	1,18	Ranska	1,22	Belgia	1,15	Ruotsi	1,31	Uusi-Seelanti	0,93	Yhdysvallat	1,24
7.	Saksa	1,14	Belgia	1,21	Iso-Britannia	1,15	Yhdysvallat	1,31	Ruotsi	0,92	Turkki	1,19
8.	Kanada	1,13	Saksa	1,18	Suomi	1,12	Ranska	1,25	Islanti	0,91	Alankomaat	1,17
9.	Islanti	1,12	Itävalta	1,17	Ruotsi	1,11	Norja	1,24	Belgia	0,89	Ruotsi	0,90
10.	Belgia	1,09	Suomi	1,11	Tanska	1,10	Islanti	1,23	Suomi	0,86	Kanada	0,88
11.	Suomi	1,08	Kanada	1,10	Uusi-Seelanti	1,05	Irlanti	1,20	Norja	0,83	Suomi	0,88
12.	Itävalta	1,01	Norja	1,09	Australia	0,99	Kanada	1,20	Sveitsi	0,80	Belgia	0,87
13.	Ranska	1,01	Espanja	1,08	Italia	0,99	Belgia	1,18	Australia	0,77	Japani	0,86
14.	Australia	0,96	Italia	1,08	Ranska	0,97	Australia	1,12	Ranska	0,77	Tanska	0,82
15.	Italia	0,93	Australia	1,06	Norja	0,97	Espanja	1,08	Itävalta	0,76	Irlanti	0,72
16.	Norja	0,90	Iso-Britannia	1,05	Irlanti	0,92	Uusi-Seelanti	1,06	Saksa	0,75	Saksa	0,70
17.	Japani	0,85	Japani	0,94	Saksa	0,91	Japani	0,95	Espanja	0,72	Italia	0,69
18.	Irlanti	0,81	Unkari	0,92	Itävalta	0,90	Italia	0,92	Unkari	0,67	Unkari	0,69
19.	Espanja	0,80	Uusi-Seelanti	0,90	Portugali	0,77	Saksa	0,92	Tanska	0,66	Norja	0,64
20.	Uusi-Seelanti	0,79	Irlanti	0,82	Japani	0,76	Portugali	0,84	Irlanti	0,61	Meksiko	0,59
21.	Kreikka	0,65	Portugali	0,82	Espanja	0,71	Meksiko	0,81	Portugali	0,60	Itävalta	0,52
22.	Portugali	0,64	Kreikka	0,75	Unkari	0,68	Etelä-Korea	0,79	Etelä-Korea	0,55	Sveitsi	0,44
23.	Unkari	0,63	Puola	0,73	Puola	0,61	Itävalta	0,78	Japani	0,55	Ranska	0,41
24.	Puola	0,55	Islanti	0,71	Kreikka	0,58	Kreikka	0,73	Puola	0,50	Portugali	0,40
25.	Meksiko	0,54	Meksiko	0,70	Meksiko	0,52	Puola	0,66	Turkki	0,47	Espanja	0,34
26.	Etelä-Korea	0,47	Etelä-Korea	0,67	Etelä-Korea	0,49	Turkki	0,61	Kreikka	0,43	Etelä-Korea	0,33
27.	Turkki	0,38	Turkki	0,57	Turkki	0,26	Unkari	0,46	Meksiko	0,43	Puola	0,29

\* Suhteellinen viittausindeksi = (alan julkaisujen saama viittausmäärä tietyssä maassa / alan julkaisumäärä tietyssä maassa) / (alan julkaisujen viittausmäärä maailmassa / alan julkaisujen määrä maailmassa). Esimerkiksi Suomen suhteellinen viittausindeksi luonnontieteessä vuosina 1995–1999 saadaan seuraavasti: (72 427 viittausta / 15 569 julkaisua = 4,652) / (8 049 885 viittausta / 1 874 886 julkaisua = 4,294) = 1,08

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.

■ Taulukko 4.12. OECD-maiden tieteellisten julkaisujen jakautuminen eri päätieteenaloille vuosina 1997–1999. Luvut ilmaisevat alan osuuden (%) kunkin maan julkaisumäärästä.

	Luonnon- tieteet	Lääke- ja hoitotieteet	Maatalous- ja metsätieteet	Tekniset tieteet	Yhteiskunta- tieteet	Humanistiset tieteet
Alankomaat	46,3	36,3	2,2	6,5	7,3	1,4
Australia	48,4	28,8	3,1	7,8	9,7	2,3
Belgia	51,5	33,4	1,9	7,6	3,9	1,7
Espanja	58,4	26,3	3,6	7,2	2,6	2,0
Etelä-Korea	58,5	15,0	1,1	23,4	1,9	0,1
Irlanti	43,4	33,2	5,8	7,9	6,6	3,2
Islanti	45,2	41,2	2,0	3,0	6,8	1,7
Iso-Britannia	45,0	32,6	1,5	8,5	9,2	3,1
Italia	51,4	35,2	1,8	8,9	1,8	0,9
Itävalta	47,3	40,0	1,4	6,9	2,7	1,6
Japani	55,8	28,1	2,4	12,5	1,0	0,1
Kanada	46,9	29,4	2,1	9,0	9,4	3,3
Kreikka	50,4	27,9	2,8	14,8	3,1	1,0
Meksiko	63,4	19,4	3,5	8,4	3,9	1,4
Norja	49,2	34,3	2,1	6,0	7,2	1,2
Portugali	62,2	16,6	3,9	14,6	2,0	0,8
Puola	75,0	12,1	1,5	9,9	0,9	0,6
Ranska	57,3	27,9	1,7	8,6	2,1	2,4
Ruotsi	45,5	40,1	1,4	8,2	4,4	0,6
Saksa	55,8	29,2	1,7	8,7	2,8	1,8
Suomi	44,1 (25. korkein)	40,9 (3. korkein)	2,3 (13. korkein)	6,9 (23. korkein)	5,0 (10. korkein)	0,8 (21. korkein)
Sveitsi	54,7	33,4	1,3	7,2	2,3	1,1
Tanska	53,4	34,7	2,8	5,4	2,9	0,8
Tšekki	71,2	10,7	3,1	10,1	3,1	1,9
Turkki	38,5	42,9	2,5	13,2	2,6	0,4
Unkari	66,1	20,3	3,7	7,2	1,7	1,1
Uusi-Seelanti	49,4	26,4	6,3	5,8	9,6	2,4
Yhdysvallat	43,3	32,4	1,5	8,4	11,3	3,1
Kaikki maat, ka.	49,2	29,6	2,1	10,0	6,8	2,3

Lähde: Institute for Scientific Information, NSIOD 1981–1999.



Luonnontieteiden osuus maan julkaisuista oli vuosina 1997–1999 suurin Puolassa (75 %), Tšekissä ja Unkarissa. Lääke- ja hoitotieteiden osuus oli korkein Turkissa (43 %), Islannissa ja Suomessa. Teknisten tieteiden osuuden suhteen kärjessä olivat Etelä-Korea (23,4 %), Kreikka ja Portugali. Yhteiskuntatieteiden osuus maan julkaisuista oli korkein Yhdysvalloissa (11 %), humanististen tieteiden Kanadassa (3,3 %) sekä maatalous- ja metsätieteiden Uudessa-Seelannissa (6,3 %).

### *Yhteenveto*

Julkaisu- ja viittausanalyysiin pohjautuvien suhteutettujen tiedeindikaattoreiden perusteella voidaan todeta, että Suomi sijoittuu OECD-maiden vertailussa keskimäärin sijoille 5–10. Absoluuttisia, määrää kuvaavia lukuja tarkasteltaessa tilanne on luonnollisestikin toinen. Esimerkiksi tieteellisten julkaisujen määrä oli Suomessa vuonna 1999 (6 980) OECD-maiden 17. suurin ja yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenojen määrä 18. suurin. Asukaslukuun ja bruttokansantuotteeseen suhteutettuna Suomi on kuitenkin yksi suurimpia julkaisujen tuottajia maailmassa. Sijoitumme näillä indikaattoreilla mitattuna neljän kärkimaan joukkoon. Kun julkaisujen määrä suhteutetaan yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenoihin olemme sijalla 12.

Tutkimustoiminnan kärjen muodostavat useiden suhteutettujen julkaisu- ja viittausedikaattoreiden<sup>9</sup> yhteisarvion perusteella Sveitsi, Ruotsi ja Alankomaat. Vaikka Yhdysvallat ei monenkään mittarin<sup>10</sup> suhteen menesty kovin hyvin, kuuluu se julkaisuaktiiviteetin tason sekä tutkimuksen näkyvyyden ja vaikuttavuuden puolesta kiistatta tähän ryhmään. Seuraavaan ryhmään kuuluvat Tanska, Iso-Britannia, Belgia, Suomi ja Islanti sekä myös Saksa, Kanada ja Ranska. On selvää, että maita ei voida eikä olekaan mielekästä laittaa mihinkään tarkempaan järjestykseen. Indikaattorista, lähestymistavasta (määrät vs. suhteelliset osuudet) ja tarkasteltavasta ajanjaksosta riippuen eri maiden sijoitukset voivat vaihdella hyvinkin paljon.

## 4.4 Tutkimustoiminnan vaikuttavuus

### 4.4.1 Tutkimuksen vaikutusten välittyminen innovaatioprosessissa

Tutkimuksen roolia ja merkitystä innovaatioprosessissa on perinteisesti tarkasteltu lineaariseen innovaatiomallin pohjalta. Sen mukaan perustutkimus edeltää soveltavaa tutkimusta ja sitä seuraavaa kehittämistyötä. Perustutkimuksen merkitys nähdään teknologisen kehityksen lähteenä ja innovaatioiden aikaansaamisen mahdollisuuksia säätelevänä tekijänä. Tämä on osittain harhaanjohtavaa ja asettaa perustutkimuksen varsin vaikeaan asemaan – näkemys toisaalta yliarvioi tieteellisen tutkimuksen roolin teknologisessä muutoksessa ja toisaalta aliarvioi perustutkimuksen monitahoisia välillisiä vaikutuksia. Käsitteet innovaatioprosessista alkoivatkin muuttua selvästi 1990-

<sup>9</sup> Tieteellisten julkaisujen ja niiden saamien viittausten määrä sekä määrien kehitys, tieteellisten julkaisujen määrä suhteutettuna bruttokansantuotteeseen, tutkimusmenoihin ja asukaslukuun, viittauskertoimien ja suhteellisten viittausedien taso ja kehitys.

<sup>10</sup> Esimerkiksi julkaisu- ja viittausmäärien kehitys, tieteellisten julkaisujen määrä suhteutettuna bruttokansantuotteeseen, tutkimusmenoihin tai asukaslukuun.

## Sisällys

luvulla. Innovaatioiden syntymisen edellytyksenä nähtiin yhä useammin eri toimijoiden yhteistyö, ja koko prosessi ymmärrettiin joukkona erilaisia toimintoja, jotka ovat yhteydessä toisiinsa monimutkaisten palautelinkkien kautta.

Tieteellisen tiedon kasvu edistää innovaatioiden aikaansaamista alentamalla merkittävästi yritysten kustannuksia ryhtyä tutkimaan ja kehittämään keksintöjä. Vahvan tieteellisen perustan avulla voidaan rajata tutkimusvaihtoehtoja ja keskittää huomio parhaimpiin teknologisiin lähestymistapoihin. Perustutkimus tarjoaa luotettavaa tietoa siitä, mistä sovelluksia kannattaa etsiä, mutta ennen kaikkea siitä, mistä niiden etsiminen on hyödytöntä. Pitkällä tähtäimellä tieteellinen tieto sekä perustutkimuksen menetelmät ja työkalut vaikuttavat ratkaisevasti sovelletun tutkimuksen tuottavuuden kasvuun ja siihen investoimisen kannattavuuteen. Lisäksi tieteellisen ja teknologisen tiedon kehitys on kumulatiivinen prosessi, joka riippuu uusien löytöjen julkaisemisesta. Julkinen tutkimuksen tukeminen ja kansainvälisyyden edistäminen ovat tarpeen, koska yrityksillä ei ole voimakasta akateemista intressiä julkaista ja levittää tuloksiaan (ks. Bonaccorsi & Piccaluga 1994; Brooks 1994; Martin ym. 1996).

Tutkimuksen hyödyt ja ulkoisvaikutukset ovat huomattavasti pienemmät ja osaamisen laaja-alainen leviäminen estyy, mikäli ne hyödyttävät vain suorittajatahoa tai tutkimuksen tilaajaa. Toisaalta esimerkiksi yritysten riskinotto kyky on pienempi kuin yhteiskunnalla, joka kykenee odottamaan tuloksia ja vaikutuksia kauemmin. Perustutkimuksen luonteesta johtuen on mahdollista, että syntyy nk. vapaamatkustajaongelma (tutkimuksesta hyötyminen panostamatta itse siihen paljoakaan). Olemassa olevan tiedon kopioiminen ja käyttöönotto on usein suhteellisen halpaa niille, jotka eivät ole osallistuneet alkuperäisen tiedon tuottamiskustannuksiin. Yrityksen intressissä saattaa olla usein vain sellainen tutkimus, josta on sille itselleen välitöntä hyötyä. Tällä saattaa olla yhteiskunnan kannalta epäsuotavia seurauksia, kuten yrityksissä harjoitettavan tutkimus- ja kehitystoiminnan kapea-alaisuus, lyhytjänteisyys sekä pyrkimys uuden tiedon ja tutkimustulosten salaamiseen. Lisäksi tämä voi pitkällä ajalla johtaa tutkimusvalmiuksien ja sitä kautta uuden tiedon omaksumis- ja soveltamiskyvyn heikkenemiseen.

Tieteellisen tutkimuksen konkreettisia vaikutuksia arvioitaessa on korostettava viivettä uuden tieteellisen löydön ja siihen perustuvan sovelluksen sekä innovaation kaupallistamisen välillä (ks. Mansfield 1991, 1998; Martin ym. 1996). Viimeaikaisten tutkimusten mukaan viive on keskimäärin 5–7 vuotta. Vanhemmissa tutkimuksissa aikaväli on arvioitu vielä pidemmäksi, kuten esimerkiksi 10–15 vuotta sovelletusta tutkimuksesta innovaatioon ja yli 20 vuotta perustutkimuksesta kaupalliseen hyödykkeeseen. Esimerkiksi luonnontieteissä perustutkimuksen tuloksista voidaan realistisesti odottaa kaupallisia innovaatioita ja taloudellista hyötyä yleensä vasta 10–20 vuoden päästä. Kaiken kaikkiaan kysymys viiveestä on aina tapauskohtainen. Joillakin nopeasti kehittyvillä aloilla, kuten biotieteissä ja informaatiotekniikassa, viive voi nykyisin olla huomattavastikin yllämainittuja lyhyempi. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta innovaatioprosessin olevan nykyisin nopeamman kuin aiemmin – tätä päätelmää tukee muun muassa tieteellisen tutkimuksen määrän ja laatutason kohominen sekä se, että tutkimuksen soveltamiseen ja hyödyntämispotentiaalin havaitsemiseen liittyvä asiantuntemus on kasvanut ja tutkimusyhteistyö eri muodoissaan lisääntynyt selvästi.

Innovaatioprosessit ovat pitkän ajallisen keston lisäksi toiminnallisesti niin monimutkaisia, että tieteellisen toiminnan suoraa vaikutusta innovaatioiden syntyisessä on vaikeaa selkeästi osoittaa. Tutkimuksen tulokset ja hyödyt voivat myös olla erilaisia kuin alunperin on ajateltu. Usein ei myöskään voida nimetä yhtä tieteellisen tutkimuksen tulosta, julkaisua, tutkimusta tai projektia, joka on johtanut jonkin tietyn innovaation syntymiseen.

Esimerkiksi jonkin informaatioteknologisen tutkimusongelman ratkaisuun liittyvä tutkimustulos voi vasta pitkän ajan päästä vaikuttaa ensin teknisesti (uusien teknisten ratkaisujen käyttöönoton ja soveltamisen yleistyminen) ja sen jälkeen taloudellisesti (tuotteen tai prosessin valmistuskustannukset, innovaation kaupallistaminen ja asema markkinoilla) ja organisatorisesti (tuotannon ja muun toiminnan uudet järjestelyt). Lopulta vaikutukset ulottuvat laajemmin yhteiskuntaan, ja tämä voi näkyä esimerkiksi hyvinvoinnin ja sosiaalisen tasavertaisuuden lisääntymisenä – tai joskus myös vähenemisenä – sekä yksilön/yhteisön toimintamahdollisuuksien laajenemisenä (esim. uusien informaatioteknologian sovellusten edullisuus ja käyttöönotto). Tämän jälkeen käytännöstä kumpuavat yhteiskunnalliset tarpeet innovaatiota kohtaan voivat kasvaa (lisääntynyt kilpailu markkinoilla, kuluttajien vaatimukset), ja kehitys edellyttää jälleen uusia teknis-taloudellisia ratkaisuja. Tässä vaiheessa vastauksia ongelmiin voidaan etsiä taas tieteellisen tutkimuksen piiristä.

Tästä prosessista tyypillisiä esimerkkejä ovat matkapuhelimet ja puhelinjärjestelmät. Niihin liittyvien teknologioiden pitkästä kehityshistoriasta on vaikea irrottaa erilliseksi osakseen perustutkimusvaihetta tai osoittaa tarkasti, mikä on ollut perustutkimuksen rooli kunkin innovaation kohdalla. Useimpien nykyisten elektronisten ja optisten laitteiden teknologinen perusta rakentuu tieteellisen tutkimuksen tulosten pohjalle, jos tarkastelemme niiden mennyttä kehitystä riittävän pitkällä tähtäimellä. Tietoyhteiskunnan kehitystä tarkasteltaessa on puolestaan otettava huomioon, että vaikka nykyinen laiteinfrastruktuuri usein nähdään tuotekehittelyn, kaupallisesti menestyneiden innovaatioiden sekä erityisesti korkean teknologian yritysten toiminnan kautta, on kehityksen taustalla kuitenkin tieteellinen perustutkimus ja soveltava tutkimus.

Tutkimuksen vaikuttavuuden moninaisuudesta antaa hyvän kuvan lääketieteen ja lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen suorat ja välilliset tulokset (ks. Lahdentausta 1988). Tutkimuksen tavoitteena on muun muassa selvittää tautien ja sairauksien syitä ja mekanismeja sekä tuottaa tietoa kansanterveydellisten kysymysten ratkaisemiseksi. Lisäksi yliopistojen, tutkimuslaitosten, sairaaloiden ja yritysten yhteistyö tuottaa terveydenhuollon käyttöön esimerkiksi erilaisia:

- lääkkeitä ja kemikaaleja
- järjestelmiä (esim. tietojenkäsittelyjärjestelmiä tehohoitoon ja potilasvalvontaan)
- diagnostisia ja terapeuttisia menetelmiä ja laitteita, jotka liittyvät
  - sairauksien ennaltaehkäisyyn, toteamiseen, hoitoon, lievittämiseen ja parantamiseen (esim. rokotteet, mikrobilääkkeet, mammografialaitteet, dialyysi- ja hengityshoitolaitteet)
  - terveyden ylläpitoon ja kuntoutukseen (kuntoilu- ja tukiliikuntavälineet)
  - terveydenhuoltotyön helpottamiseen (turvalliset ja huokeat kertakäyttöt tuotteet)
  - lääketieteelliseen tutkimukseen (neuromagnetometri).

## Sisällys

Yksi viimeaikaisimpia lääketieteellisen tekniikan saavutuksia on Oulun yliopistollisessa sairaalassa käyttöön otettu aivoleikkauksia varten kehitetty magneettikuvauslaite. Vuonna 1996 käynnistyneeseen laitteen kehittelyyn osallistui useita sairaalan klinikoi- ta. Työtä rahoittivat muun muassa Suomen Akatemia, Tekes, työministeriö sekä useat säätiöt ja yritykset, ja laitteen valmisti suomalainen yritys sairaalan kanssa tehdyn yhteistyön tuella. Tämä esimerkki ei ole mitenkään ainutlaatuinen, sillä yliopistotutkimuksen, yliopistosairaaloissa tehtävän työn, tutkimusrahoittajien tuen ja teollisuuden innovaatioihin tähtäävän toiminnan keskinäisestä yhteistyöstä sekä tuloksellisuudesta ja vaikuttavuudesta on olemassa useita kotimaisia esimerkkejä. Lääketieteellisen tekniikan kehittämisen on arvioitu olevan tulevaisuudessa mahdollisesti yksi Suomen seuraavista tuottoisista markkina-aloista: arviota tukee se, että lääketieteen tekniikan kehittäminen on Suomessa varsin pitkällä ja korkeatasoista. Yliopistojen tutkimusyksiköiden ja laitevalmistajien yhteistyö tuottaa kaikessa hiljaisuudessa sairaaloiden, leikkaussalien ja tutkimuslaitosten kaipaamaa tekniikkaa, jonka yhteiskunnallinen tuotto esimerkiksi taloudellisten säästöjen ja hyvinvoinnin paranemisen muodossa voi olla mittaamattoman korkea.

Tutkimuksen vaikuttavuuden tarkastelussa on painotettava välillisiä ja piilovaikutuksia. Konkreettisia ja yksityiskohtaisia vaikutusmekanismeja ei voida käytännössä kuvata muuten kuin esimerkiksi erillisten innovaatio- ja projektkohtaisten tapaustutkimusten kautta. Luonnollisesti tällainen lähestymistapa antaa vain osittaisen kuvan koko tutkimuskentän vaikuttavuudesta. Kattavan, esimerkiksi syy-seuraus-suhteet huomioon ottavan selvityksen tekeminen on mahdotonta. Muita tutkimuksen vaikuttavuuden analyysiä hankaloittavia tekijöitä ovat esimerkiksi: a) tarvittavaa tilastollista tietoa ei useinkaan ole olemassa; b) riittävän suuren ja edustavan tapaustutkimus- ja muun havaintoaineiston kerääminen vaatii runsaasti aikaa ja resursseja; c) tietojen vertailukelpoisuuden, niiden analyysiin ja tulosten yleistettävyyteen liittyy aina erilaisia tilastollisia ja muita ongelmia. Seuraavissa luvuissa käsitellään yleistasolla sekä esimerkitapausten kautta tieteellisen toiminnan alueellista ja teknis-taloudellista vaikuttavuutta.

### 4.4.2 Tieteellisen toiminnan alueellinen vaikuttavuus

Tutkimustoiminnan globalisoitumisesta ja tieteen kansainvälisyydestä huolimatta on tutkimuksissa havaittu vahva kansallinen ja paikallinen yhteys tutkimuksen ja sen hyödyntämisen välillä. Tiedon, teknologian ja osaamisen siirto näyttää toimivan tehokkaimmin osapuolten ollessa maantieteellisesti lähellä toisiaan. Tutkimusten mukaan kansainvälisesti leviävien tieteellisten julkaisujen merkitys on alueellisen ja teknis-taloudellisen vaikuttavuuden näkökulmasta usein vähäinen, kun taas maantieteellistä läheisyyttä vaativan tehokkaan hiljaisen tiedon vaihdon ja henkilökontaktien, tutkijoiden siirtymisen ja tutkimusyhteistyön merkitys on suurempi. Kansainvälistymisestä huolimatta yliopistojen alueellinen vaikuttavuus ei vähene, vaan saattaa itse asiassa kasvaa ja saada uusia aiempaan verrattuna monitasoisempia muotoja. Suomessa hyvinä esimerkkeinä yliopistojen paikallisesta vaikuttavuudesta voidaan mainita Oulun, Jyväskylän ja Lappeenrannan seudut, joissa on luotu rakenteet ja edellytykset yhteistoiminnalle<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Tässä ja seuraavassa alaluvussa esitetyt yliopistokohtaiset tapaus selvitykset ovat korostetusti vain esimerkkejä. Yksittäisten yliopistojen tarkempi tarkastelu ei viittaa siihen, että ne olisivat menestyneet käsitellyissä asioissa merkittävästi muita yliopistoja paremmin.

*Jyväskylän yliopistossa toteutettiin vuosina 1988–1996 soveltavien luonnontieteiden kehittämissuunnitelma, jonka tarkoituksena oli kehittää koulutusta ja tutkimusta aloilla, jotka olivat Keski-Suomen elinkeinoelämän tutkimuksen, tuotekehityksen ja tuotannon kannalta tärkeitä (esim. tietotekniikka, biotekniikka, molekyylibiologia, ympäristötieteet). Ohjelman rahoitukseen osallistuivat yliopiston lisäksi Keski-Suomen kunnat, yritykset ja yhteisöt. Ohjelman erityispiirteenä oli yliopiston ja elinkeinoelämän yhteyksien kehittäminen, sillä ne olivat olleet ennen ohjelmaa erittäin vähäisiä. Ohjelman vaikuttavuuden selvityksessä korostui kehittämistoimien pitkävaikutteisuus. Esimerkiksi kunnille toiminnan tukemisen motiiveina olivat maakunnan elinvoimaisuuden vahvistaminen ja alueen yritystoiminnan edellytysten parantaminen – ei niinkään lyhyen ajan taloudelliset mitattavissa olevat tavoitteet. Tulevaisuudessa kehittämissuunnitelman odotetaan tuottavan lisää asiantuntijoita yritystoiminnan tueksi, uutta yritystoimintaa sekä uusia innovaatioita, työpaikkoja ja osaavia työntekijöitä. Tähän mennessä toimet ovat vaikuttaneet myönteisesti yliopiston ja elinkeinoelämän yhteistyöhön: ohjelman avulla luotiin yhteistyöverkoston henkinen perusta ja fyysinen infrastruktuuri. Ohjelma on tähän mennessä saanut aikaan myös huomattavia työllisyysvaikutuksia Keski-Suomessa (suora vaikutus noin 150 uutta työpaikkaa sekä myötävaikuttaminen olemassa olevien työpaikkojen säilymiseen) ja parantanut yritysten toimintaympäristöä osaavan työvoiman saatavuuden ja tutkimukseen kanavoituneiden lisäresurssien muodossa. (ks. Nivalainen 1999)*

Yliopisto voi toimia yrityksiä houkuttelevana magneettina tai katalysaattorina, joka luo vaikutusalueelleen osaamista, kysyntää ja yhteistyöverkostoja. Yliopistot voidaankin nähdä tämän myötä tärkeinä alueellisen taloudellisen kasvun ja kehityksen moottoreina sekä työllisyyden, kulttuurin ja vaurauden lähteinä. Esimerkiksi Itä-Suomessa on yliopisto-opiskelupaikkojen määrän kasvun lisäksi myös entistä useammalla mahdollisuuksia jäädä alueelle valmistumisen jälkeen, mikä puolestaan vahvistaa alueen taloutta ja kulttuurielämää. Yliopistojen profiloituessa on niiden kuitenkin harrastettava elävää tilanneanalyysia: yksittäisen yliopiston on aiheellista päivittää vahvuuksiin perustuvaa linjaansa ympäristön tarpeiden mukaan, mutta myös muiden yliopistojen linjaukset huomioon ottaen, jotta erityisasema säilytetään.

*Oulun yliopisto toimintaympäristöineen ja lähiseutuineen on havainnollinen esimerkki tieteellisen toiminnan sekä tutkimus- ja kehittämistyön alueellisesta vaikuttavuudesta. Yliopisto on ottanut toiminnassaan huomioon alueelliset tutkimus- ja teknologiatarpeet sekä tavoitteet, jotka tähtäävät innovaatiotoiminnan suuntaamiseen ja kehittämiseen. Yliopisto, kaupunki ja lähialueen kunnat sekä elinkeinoelämä ovat tehneet yli kahden vuosikymmenen ajan määrätietoista yhteistyötä alueellisten vahvuuksien ja osaamiskeskittymän luomiseksi.*

*Oululaisia osaamisen vahvuusalueita ovat tietoteollisuus, lääketieteen tekniikka ja biotekniikka. Niihin liittyvä tutkimus- ja kehittämistoiminta on keskittynyt kaupungin kahteen tiedepuistoon. Molemmat tiedepuistot toimivat organisatorisesti samassa konsernissa ja ovat yhteistyössä kahdella maantieteellisesti toisiaan lähellä olevalla alueella Oulun kaupungissa. Oulun yliopisto, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Oulun teknologiakylä (Technopolis Oulu) ja Nokia toimivat Linnainmaalla. Vuonna 1982 perustettu Oulun teknologiakylä on Pohjoismaiden vanhin. Se on tietoliikennealan huipputekniikan ja 160 yrityksen toiminta-alue, joka on noussut Suomen ehkä merkittävimmäksi alan kehityskeskukseksi. Kontinkankaalla toimii Oulun yliopiston, Oulun yliopistollisen sairaalan ja Medipoliksien ympärille muodostettu yritys-, tutkimus- ja tiedeyhteisö, osaamiskeskittymä, jonka vahvuusalueita ovat lääketiede, lääketieteellinen tekniikka ja biotekniikka.*

*Oulun yliopisto vastaa paikallisiin ja paljolti myös koko Pohjois-Suomen työvoiman koulutustarpeisiin. Yhteistyössä ja verkostoitumalla viranomaisten ja elinkeinoelämän, tiedepuistojen ja Oulun seudun osaamiskeskuksen kanssa yliopisto on merkittävä alueellinen vaikuttaja. Uusia yrityksiä ja työpaikkoja on syntynyt erityisen paljon teknologia-aloille Oulun yliopiston ja teknologiakylän yhteyteen. Korkean teknologian alat työllistävät Oulun seudulla arviolta 9 000 työntekijää. Oulun kaupunki ja lähiseudun kunnat ovat vahva kasvukeskus. Väkiluku on kasvanut erittäin voimakkaasti vuodesta 1997 lähtien: kasvu on ollut suhteellisesti nopeinta Suomessa. Muuttoliike suuntautuu Oulun seudulle Pohjois-Suomen lisäksi myös Etelä-Suomesta. Kaupungin väkiluvun on arvioitu edelleen kasvavan.*

*Teknologiakylä ohjaa yhteistyössä Medipoliksien kanssa Oulun seudun osaamiskeskusta, jonka kautta niiden vaikutus ulottuu laajemmalle alueelle Pohjois-Suomea. Osaamiskeskuksen alueellinen innovaatiostrategia koostuu yhdeksästä osahankkeesta. Niissä keskitytään Pohjois-Suomen yrityksiä ja elinkeinoelämää hyödyttävään huippuosaamiseen ja uutta yritystoimintaa synnyttäviin projekteihin elektroniikassa, ohjelmistoteknologiassa, avaruusteknologiassa ja ympäristöteknologiassa. (ks. Technopolis... 2000)*

## Sisällys

*Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu (LTKK) on havainnollinen esimerkki siitä, miten yliopiston ja yritysten yhteistyöstä on ollut seurauksena yliopiston muutos entistä vahvemmaksi alueelliseksi toimijaksi. Yhteistyön ja erikoistumisen myötä on samalla yliopiston kansallinen ja kansainvälinen rooli vahvistunut. LTKK on keskittynyt korkean teknologian metallirakenteisiin, metsäteollisuuden avainjärjestelmiin ja logistiikkaan. Lisäksi on perustettu vahvasti tutkimukseen perustuvia verkostoja metsä- ja metalli- ja energiateollisuuden kanssa. Ne keskittyvät toiminnassaan laserteknologiaan, logistiikkaan ja teknologiajohtamisen uusiin menetelmiin. LTKK:n koulutus- ja kehittämiskeskusten koordinoimassa metalliteollisuuden Metnet-verkostossa toimii yli 70 yritystä. Verkosto on erikoistunut korkean teknologian metallirakenteisiin, joka on osoittautunut menestykselliseksi erikoistumisstrategiaksi. Metsäteollisuuden alalle on perustettu Woodnet-verkosto.*

*Tutkimuksen tason nostaminen on osaksi tapahtunut paikallisella ja alueellisella yhteistyöllä. Se on vaatinut samalla laajempien yhteyksien luomista yliopiston, viranomaisten, yritysten ja elinkeinoelämän välille. Yhteydet perustutkimuksesta soveltamiseen ja kaupalliseen tuotteistamiseen ovat olleet moninaiset ja laajat. Yksityisen rahoituksen osuus LTKK:ssa on kasvanut yli 30 prosenttiin. Pitkäjänteinen, kolme vuosikymmentä kestänyt yhteistyö teollisuuden kanssa on luonut LTKK:lle hyvän maineen ja vahvan aseman: esimerkiksi yli 80 prosenttia diplomitoista ja puolet kauppatieteiden pro gradu -tutkielmista tehdään yrityksissä. LTKK on alueellaan merkittävä tulojen tuottaja ja työllistäjä.*

*LTKK:lla on ollut keskeinen rooli oman alueensa vuorovaikutuksen kehittämisessä. Vaikutus on toteutunut erityisesti Kaakkois-Suomen osaamiskeskusten kautta. Vuonna 1986 perustettu Kareltek-teknologiakeskuksen päätehtävänä on ollut edistää uusia korkeaan teknologiaan perustuvia toimintoja metsäteollisuusvaltaisella alueella, jolle on ollut ominaista rakenteellinen työttömyys. LTKK:n osaamista hyödyntävät yritykset toimivat tietotekniikan, korkean teknologian metallirakentamisen ja energiatekniikan erikoisaloilla. Vuoden 1997 lopussa Kareltekissa toimi 57 asiantuntemukseen ja korkeaan teknologiaan perustuvaa yritystä. Yritysten määrä on noussut nopeasti. Kareltekissa työskentelevästä 450 henkilöstä puolet on valmistunut LTKK:sta. Teknologiakeskuksen välittämistä palkkamenoista 94 prosenttia suuntautui Lappeenrannan alueelle. (ks. Kyläheiko 1999; Vähäpassi & Moitus 1999)*

### 4.4.3 Tutkimuksen teknis-taloudelliset vaikutukset sekä yliopistojen ja yritysten yhteistyö

Tutkimuksesta saatava hyöty ja tuotto riippuvat siitä, miten hyvin tutkimuksen tulokset leviävät ja otetaan käyttöön. Valitettavasti ei ole olemassa mitään luotettavia metodeja arvioida julkisrahoitteisen tutkimuksen rahallista tuottoa sen paremmin kuin muutaakaan vaikutusta kattavasti ja tarkasti. Siksi ei myöskään ole mahdollista käyttää vaikuttavuuden arvioinnissa yhteismitallisia suureita tai yksiselitteisiä mittareita. Vaikuttavuutta tarkasteltaessa on olennaista muistaa tieteellisen tutkimuksen ja tiedon kumulatiivinen luonne: vaikka yksittäiset tutkimukset eivät tuottaisikaan mitään konkreettista, ne voivat luoda välttämättömiä edellytyksiä jatkotutkimuksille ja kehitystyölle, jotka voivatkin saada aikaan jo jotain teknisesti ja/tai taloudellisesti merkittävää.

Yliopistojen ja yritysten välinen tutkimusyhteistyö on tärkeä taloudelliseen kilpailukykyyn avain: yhteistyö lisää teollisuuden tutkimustyötä sekä nopeuttaa akateemisen tutkimuksen tulosten siirtoa ja hyödyntämistä teollisuudessa. Toisaalta joillain tieteenaloilla teollisuusyhteydet voivat olla jopa välttämättömyys, kun ne taas toisilla aloilla ovat epäolennaisia. Yliopistojen ja yritysten tutkimusyhteistyön motiiveja (ja samalla toiminnan vaikutuksia) on esitetty taulukossa 4.13.

Yliopistojen ja teollisuuden onnistuneen yhteistyön perustavaa laatua oleva edellytys on toisen osapuolen arvojen ja toimintakulttuurin tuntemus. Teollisuudessa tavoitellaan yleensä tietyn ajankohtaisen ongelman ratkaisua, kun taas yliopistotutkijoilla on muita syitä yhteistyöhön: haetaan lisärahoitusta, laitteistoja tai muita voimavaroja. Tutkimusyhteistyön problematiikasta keskusteltaessa usein esille tuotuja näkökulmia ovat yliopis-

■ Taulukko 4.13. Yliopistojen ja yritysten tutkimusyhteistyön motiivit \*.

Yliopistojen motiivit:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tutkimukseen ja koulutukseen osoitettavien taloudellisten voimavarojen lisääminen</li> <li>- tutkimusinfrastruktuurin vahvistaminen (ml. laitekanta)</li> <li>- merkittävien tutkimusongelmien identifiointiin tuki, käytännön tutkimusongelmien ja -aineistojen saaminen sekä käytännön tieto tutkimusaiheesta</li> <li>- tutkimus- ja yhteistyökokemuksen hankkiminen tutkijakunnalle ja opiskelijoille</li> <li>- aluetaloudellisen kehityksen tukeminen</li> <li>- tutkijakunnan ja opiskelijoiden työllistymismahdollisuuksien edistäminen.</li> </ul>
Yritysten motiivit:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tieteellisen tutkimuksen eturintamaan pääseminen ja sen seuranta</li> <li>- yliopistojen tutkimusinfrastruktuurista hyötyminen (suoraan tai välillisesti)</li> <li>- omien käytännön tutkimus- ja tuotekehitysongelmien ratkaiseminen</li> <li>- sellaisen erikoisosaamisen ja tiedon saaminen, mitä ei löydy yrityksestä, sekä muut yliopistoista kanavoituvat tiedon ja osaamisen "spillover"-vaikutukset</li> <li>- yrityksen teknologian uudistuminen</li> <li>- uusien teknologioiden kaupallistamisprosessin nopeuttaminen</li> <li>- kanava hankkia tutkija- ja opiskelijatyövoimaa</li> <li>- mahdollisuus laajentaa laboratorion ulkoisia yhteistyösuhteita (muodollisia ja epämuodollisia)</li> <li>- esikilpailullisen tutkimuksen määrän lisääminen ja tason kohottaminen</li> <li>- omien tutkimusvalmiuksien monipuolinen ylläpito ja kehittäminen (ml. koulutus)</li> <li>- tutkimukseen liittyvien riskien ja kustannusten jakaminen</li> <li>- julkisen yrityskuvan parantaminen.</li> </ul>

\* (ks. Bonaccorsi & Piccaluga 1994; Report... 1995; Meyer-Krahmer & Schmock 1998)

tojen ja elinkeinoelämän toisistaan huomattavasti poikkeavat toiminnan primaaritaivoitteet, tiedon tuotantotavat ja -muodot sekä kannustinjärjestelmät. Ydinkysymys olisi-kin löytää tasapaino yliopistojen ja yritysten välisissä suhteissa. Lisääntynyt yhteistyö elinkeinoelämän ja yliopistojen välillä hyödyttää molempia, jos kunnioitetaan työnja-koa ja annetaan yliopistotutkijoiden työskennellä myös pitkän tähtäimen tutkimuksen eikä käytännön tuotekehitysongelmien parissa.

Mansfieldin (1991, 1998) tekemissä Yhdysvaltoja koskevissa tutkimuksissa on todettu, että noin kymmentä prosenttia teollisuuden tuotteista ja prosesseista ei olisi voitu kehittä-ä ainakaan ilman useiden vuosien viivettä, jos akateemisen tutkimuksen tuloksia ei olisi ollut käytettävissä. Beisen ja Stahlin (1999) Saksaa koskevat tutkimustulokset ovat varsin samansuuntaisia. Suuri osa yrityksistä pitääkin julkista, perustutkimuspainot-teista tutkimusta innovaatioprosessin kannalta merkittävänä. Euroopan suurimmille yrityksille kohdistetun laajan kyselytutkimuksen (Arundel ym. 1995) mukaan 56 pro-senttia yrityksistä piti perustutkimuksesta saatavaa erikoistietämystä hyvin tärkeänä. Välineiden ja laitteistojen kehittämisen kannalta perustutkimusta piti tärkeänä 35 pro-senttia ja prototyypin aikaansaamisen kannalta 19 prosenttia yrityksistä.

Pohjoismaissa ja erityisesti Ruotsissa ja Suomessa yritysten ja julkisten tutkimusorgani-saatioiden välinen yhteistyö on varsin tiivistä. EU-maissa tehtyjen innovaatiotutkimus-ten mukaan Ruotsissa noin 45 prosentilla ja Suomessa 38 prosentilla yrityksistä oli sopi-muspohjaista yhteistyötä yliopistojen tai julkisen sektorin tutkimuslaitosten kanssa (ks. OECD... 1999). Muissa maissa julkisen sektorin tutkimuksen kanssa yhteistyötä tekevien



## Sisällys

yrittäjien osuus kaikista yrityksistä liikkui 9–19 prosentin välillä. Tilastokeskuksen tekemän vuosien 1994–1996 koskevan innovaatiotutkimuksen mukaan teollisuusyrityksistä lähes 30 prosenttia piti yliopistoja ja yli 19 prosenttia tutkimuslaitoksia tärkeinä innovaatiotoiminnan tietolähteinä (Leppälähti 1998). Raportti myös vahvisti käsitystä, jonka mukaan aktiivinen ja konkreettinen yhteistyö lisää kumppanin merkitystä innovaatiotoiminnassa. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että Suomessa julkiset tutkimusorganisaatiot ovat varsin suurelle yritysjoukolle tärkeitä kumppaneita ja että kiinteätä yhteistyötä on ollut varsin runsaasti ainakin 1990-luvun alkupuolelta lähtien.

Yrityksissä arvioidaan usein, ettei tieteellisillä julkaisuilla tai muulla vastaavalla koodatulla tiedolla ole heidän tutkimus- ja kehittämistyölleen suurta välitöntä käytännön vaikutusta. Varsinkin tulosten leviäminen ja hyödyntäminen teollisuudessa pelkästään julkaisujen avulla on usein tehotonta. Julkaisut toimivat paremmin teknologian siirron tukena silloin, kun siirrossa hyödynnetään myös muita kanavia. Tehokkain toimintamuoto uuden tiedon ja teknologian hyödyntämiseksi ja siirtämiseksi tutkimusorganisaatioista yrityksiin on samanaikainen yritysten oma tutkimus- ja kehittämistyö, tiiviit ja usein myös epämuodolliset henkilökontaktit sekä konkreettinen yhteistyö tutkimusorganisaation kanssa. Koodatun informaation rinnalle merkittävään asemaan onkin noussut hiljainen tieto, jonka rooli teknologian ja osaamisen leviämisessä on viime vuosina havaittu olevan huomattavan.

*Reijo Miettiseltä ilmestyi vuonna 1999 tutkijakollegoidensa kanssa tekemä kirja, jossa tarkasteltiin kuutta suomalaista teknistä innovaatiota ja niiden kehitysvaiheita. Tutkitut innovaatioprosessit tarjoavat hyviä tapauskohtaisia esimerkkejä tutkimuksen teknis-taloudellisesta vaikuttavuudesta. Kirjassa käsitellyt innovaatiot ovat pohjoismainen matkapuhelinjärjestelmä NMT, entsyymiavusteinen sellunvalkaisu, Neuromag-aivokartoitin, immunodiagnostinen menetelmä DELFIA ja Benecol-margariini sekä Dynazyme-DNA-polymeraasi. Nämä innovaatiot ovat luonteeltaan erilaisia niin idean kehittelyn keston, innovaation kehittämisen toteuttaneen verkoston toimijoiden alueellisen sijainnin, teknologiapoliittisten toimenpiteiden, julkisen rahoituksen sekä innovaation leviämiseen/markkinointiin liittyvän yhteistyön suhteen.*

*Tutkimuksen kohteena olleista innovaatioista merkittävimmät taloudelliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset on oletettavasti ollut pohjoismaisella matkapuhelinverkolla NMT:llä. Innovaatioiden kehittämisen aikajänne vaihteli entsyymiavusteisen sellunvalkaisun kahdeksasta vuodesta Neuromag-aivokartoittimen 30 vuoteen (1969–1998). Neuromagin osalta on kyse ajanjaksosta mittalaitteen varhaisesta kehittämisestä sen markkinointiin kliinisenä diagnoosivälineenä. Kaikkien innovaatioiden kohdalla tehtiin niiden leviämiseen ja markkinointiin liittyvää eri tahojen yhteistyötä.*

*Innovaatioiden aloitteentekijöiden motiivit vaihtelivat kansalliset rajat ylittävästä hallinnollisesta yhteistyöstä (NMT) tutkimuksen jatkuvuuden ja rahoituksen turvaamiseen (Neuromag, entsyymiavusteinen sellunvalkaisu) ja liiketaloudellisiin lähtökohtiin (DELFIA, Benecol, Dynazyme). Idean kehittämisvaiheen kesto vaihteli Dynazymen kahdesta vuodesta Neuromag-aivokartoittimen 12 vuoteen. Useimpien innovaatiohankkeiden toteutuksen kannalta keskeisessä asemassa oli yhteistyöverkosto, joka perustui muun muassa monitahoiseen ja -tieteiseen vuorovaikutukseen, jo aiemmin solmittuihin kotimaisiin ja kansainvälisiin tuttavuussuhteisiin sekä ulkomaisten kumppanien omiin jakelu- ja muihin kanaviin.*

*Teknologiapoliittisten toimenpiteiden ja julkisen rahoituksen merkitys innovaatioille on vaihdellut. NMT oli sinällään kansallisten teleoperaattoreiden tekemää teknologiapoliittikkaa. Hankkeet saivat julkista rahoitusta työn eri vaiheissa. Tekes rahoitti entsyymiavusteista sellunvalkaisua, Benecolia ja Dynazymea (Finnzymes Oy). Sitra rahoitti Otsoni Oy:ta DELFIA-tekniikan pitämiseksi Suomessa. Neuromagin osalta Sitran omistus ja rahoitus oli ratkaisevaa. Monien innovaatioiden kehitystyön etenemisen kannalta tärkeitä ja ratkaisevia rahoitusmuotoja olivat matka-apurahat sekä konferenssien ja seminaarien järjestämiseen saatu tuki.*

*Neuromag-aivokartoitin on selkeimminkin tutkimuslähtöinen innovaatio. Sen kehittämisessä julkisen rahoituksen rooli oli mainituista innovaatioista ehkä merkittävin. Teknillisen korkeakoulun kylmälaboratorio ja sieltä liikkeelle lähtenyt yritys Neuromag Oy sai julkista rahoitusta monesta lähteestä: rahoittajina toimivat muun muassa Suomen Akatemia, Tekes ja Sitra. Kylmälaboratorio valittiin vuonna 1998 tutkimuksen kansalliseen huippuyksikköohjelmaan vuosille 2000–2005.*



Uuden, formaalissa muodossa esitetyn tiedon merkitystä korostettaessa jää usein vähemmälle huomiolle hyödyt, jotka voivat itse asiassa olla paljon tärkeämpiä. Useiden kansainvälisten selvitysten (esim. Rosenberg 1992; Hicks 1992; Martin ym. 1996) mukaan tieteen anti teollisuudelle on paljon suurempi akateemisten tutkimustaitojen kuin konkreettisten tutkimustietojen kohdalla. Oman osaamisen ja sovelluskyvyn kasvu auttaa usein parhaiten yrityksiä, kun ne pyrkivät ratkomaan yhä monimutkaisempia ja vaativampia käytännön ongelmia. Työnjako yliopistojen kanssa on täten varsin selkeä – yliopistoilta ei useinkaan odoteta mitään valmiita pitkälle kehitettyjä innovaatioita tai teknisiä kokonaisratkaisuja. Yritysten kannalta yliopistojen patentointi- ja lisensointitoiminnan lisääminen (ainakaan merkittävästi) ei ole keskeisintä. Yritysten intressit ovat siis yliopistojen tarjoamassa uudessa sovelluskelpoisessa tiedossa ja menetelmällisessä osaamisessa sekä erityisesti niiden siirrossa ja käyttöönnotossa.

Julkisen tuen lisäarvo – sen lisäksi että tuki mahdollistaa hankkeiden toteuttamisen – saattaa muodostua vaikutuksista, joita sillä on hankkeiden toteutustapaan (esim. projektin toteuttaminen suunniteltua laajempaan tai kunnianhimoisemmin tavoittein, innovaation kaupallistamisvaiheen aikaistuminen). Julkinen tuki, kuten valtion tutkimuksen lisärahoitus ja klusterihankkeet, näyttää edistävän yhteistyötä ja vuorovaikutusta innovaatiojärjestelmän eri toimijoiden välillä. Tuki on selvitysten mukaan edistänyt verkottumista ja muun muassa lisännyt yrityksissä ulkopuolisten tutkimusresurssien käyttöä.

Akateemista yrittäjyyttä, teknologian siirtoa ja spin off -yritysten muodostumista selvittäneen Aaltosen (1998) kyselytutkimuksessa suomalaisista tutkijoista (luonnontieteet, tekniikka, lääketiede) 62 prosenttia ilmoitti, että heillä on ollut suoria teollisuuskontakteja viimeisimmän viiden vuoden aikana. Yhteydenotoissa aloitteentekijä oli hieman useammin teollisuusyritys kuin tutkija. Yhteistyön kehittyminen perustuu usein epävirallisiin suhteisiin ja henkilökohtaisiin kontakteihin. Aktiivisimpia teknologian siirrossa ja spin off -yritysten perustamisessa on oltu niissä yliopistoissa, joissa on teknillisiä tiedekuntia tai tutkimusyksiköitä informaatioteknologian tai biotekniikan aloilta. Eniten teollisuuskontakteja on, kuten odottaa saattaakin, tekniikan alojen edustajilla (kyselyn mukaan noin 90 prosentilla). Tutkimuksen mukaan etenkin pienet ja keskisuuret yritykset hyötyvät yhteistyöstä yliopistojen kanssa. Yliopistojen näkökulmasta pkt-yritysten kanssa toimiminen on joustavaa ja nopeaa: yhteydenpito johdon kanssa on välitöntä, henkilösuhteet ovat usein läheiset, yritykset sitoutuvat vahvasti kehitystyöhön ja ne keskittyvät harvoihin asioihin. Yhteistyön ongelmia ovat usein pkt-yritysten taloudellisten voimavarojen rajallisuus, vain päivittäiseen toimintaan keskittyminen ja rajoittunut osaaminen.

Suomessa on 1990-luvun alusta lähtien kyetty muuttamaan tuotantorakenteita poikkeuksellisen voimakkaasti kohti tietointensiivistä kasvua. Tämän pohjana on ollut pitkäjänteinen tutkimustyö niin teollisuudessa kuin yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissakin. Kehitys näkyy yksityissektorin tutkimus- ja kehittämispanostuksen voimakkaana kasvuna ja lisääntyneenä tutkimusyhteistyönä. Tämän taustalta on kuitenkin ennen kaikkea korkeatasoisen koulutetun henkilöstön muodostama henkinen pääoma. Vaikka esimerkiksi tietoteollisuusalojen koulutus vuosina 1993–1998 yliopistoissa lähes kaksinkertaistui ja ammattikorkeakouluissa lähes kolminkertaistui, osaavista työntekijöistä oli alalla 1990-luvun lopulla jo ankara pula. Henkisen pääoman lisäämiseksi ja

## Sisällys

osaavan työvoiman tarjonnan vahvistamiseksi valtioneuvoston talouspoliittisessa ministerivaliokunnassa hyväksyttiin vuodet 1998–2002 kattava tietoteollisuuden koulutuksen laajennusohjelma. Se merkitsi esimerkiksi yliopistoihin tuhannen opiskelupaikan lisäystä vuoteen 2000 mennessä, 60 uutta tutkijakoulutuspaikkaa ja muuntokoulutusmahdollisuuksia 5 150 opiskelijalle. Merkittävää on, että teollisuus tuki huomattavasti lisäkoulutusohjelmaa: 23 tietoteollisuusalan yritystä lahjoitti yhteensä 47 miljoonaa markkaa Teknillisen korkeakoulun, Oulun yliopiston ja Tampereen teknillisen korkeakoulun laitekannan lisäämiseen ja uudistamiseen. Kertaluontoisen hankkeen tavoitteena on saada yliopistojen laitekanta mahdollisimman pian ajan vaatimuksia vastaavalle tasolle. Laitehankintaesimerkin lisäksi teollisuus voi tukea monella tavalla tieteellistä tutkimusta ilman, että sillä olisi mitään välittömiä hyötyodotuksia tai ensisijaisesti vain rahoittajan intressiä korostavia tavoitteita: yritykset voivat esimerkiksi myöntää rahoitusta määrätylle alalle perustettavaa professorin virkaa varten tai tukea yliopistojen tilojen ja muun infrastruktuurin parantamisessa.

### 4.4.4 Patentit tutkimuksen vaikutusten indikaattorina

Patentti on muodollinen osoitus siitä, että on luotu jotain uutta, olennaisesti aiemmas- ta eroavaa tekniikkaa sekä hyödyllistä teollisesti sovellettavaa teknistä tietoa. Patentoi- tu keksintö voi olla konkreettinen esine tai sen osa, valmistus- tai mittausmenetelmä, kemiallinen yhdiste taikka ravinto- tai lääkeaine. Patenttijärjestelmien ja -oikeuden yleistarkoitus on edistää yhteiskunnan teknis-teollista ja taloudellista kehitystä. Kek- sintötoiminnan kokonaismäärän tarkastelun kannalta patentti-indikaattoreihin liitty- vä ongelma on kuitenkin se, että kaikkia keksintöjä ei patentoida. Toisaalta kaikkia keksintöjä, kuten tietokoneohjelmia, tieteellisiä teorioita, löytöjä tai matemaattisia me- netelmiä, ei edes ole mahdollista patentoida. Patentinhakupäätökseen voi vaikuttaa myös se, että hakuprosessi on hidas, työläs ja kallis prosessi. Kotimaisen patentin haku ja ylläpito maksaa helposti kymmeniä tuhansia markkoja. Kansainvälisestä patentti- suojusta puhuttaessa kustannukset voivat olla satoja tuhansia markkoja. Patentin ha- kuprosessi kestää usein muutaman vuoden (³ 3 v.). (ks. Edelman, Mylly & Rajala 1998; Lampola 1998; Kivi-Koskinen 1999)

Yliopistojen suhteellisen pieni osuus patentoinnista kuvaa hyvin niiden roolia teknolo- gisessa muutosprosessissa. Yritykset keskittyvät pääasiassa tuotekehittelyyn ja testauk- seen, kun taas yliopistot tarjoavat lähinnä sovellettavaa perustietoa, osaamista ja tek- niikoita, joiden avulla yritykset voivat ratkaista haastavia käytännön teknisiä ongel- mia. Julkisen tutkimuksen tulosten suojaukseen ja hyödyntämiseen sekä patentoinnin hyötyihin ja ongelmiin liittyvät kysymykset ovat tällä hetkellä hyvin ajankohtaisia useissa OECD-maissa (ks. taulukko 4.14).

Aineettoman omaisuuden suojausmenetelmissä tapahtui Yhdysvalloissa 1980-luvun alussa selvä muutos muihin suuriin OECD-maihin verrattuna. Vuonna 1980 sääde- tyllä nk. Bayh-Dole-lailla (BDA) pyrittiin lisäämään julkisen sektorin patentointi- ja lisensointitoimintaa sekä tukemaan teknologian siirto-organisaatioiden perustamis- ta (ks. Mowery 1988b). BDA:n myötä yliopistojen oli mahdollista saada omistusoike- us liittovaltion rahoituksella syntyneisiin keksintöihin ja innovaatioihin. Samalla kuitenkin edellytettiin, että yliopistot vahvistavat omistamiensa tutkimustulosten oi- keussuojaa. Laissa myös ohjeistettiin lisensointimenettely. Säädöksen jälkeen yliopis-

#### ■ Taulukko 4.14. Patentointitoiminnan hyödyt ja ongelmat \*.

<p>Patentoinnin hyötyinä pidetään yleensä seuraavia seikkoja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patentoinnilla voidaan suojata oman tutkimustyön tulokset myös myöhempää käyttöä varten.</li> <li>- Tuotekehityksen ja tuotannon turvaaminen.</li> <li>- Estää muita kopioimasta ja hyödyntämästä keksintöä laittomasti ja hakemasta samaan keksintöön liittyvää patenttia.</li> <li>- Tutkimuksen ja tuotekehityksen tietolähde: oman patentoinnin lisäksi toiminnan tukena voidaan käyttää tietoa muiden omistamista patenteista (patenttiasiakirjat ovat julkisia). Patenttiasiakirjoja hyödyntämällä voidaan mm. hankkia tietoa uusimmista teknisistä ratkaisuista, saada ideoita omaan toimintaan sekä estää turhaa tai päällekkäistä tutkimusta.</li> <li>- Patentoinnin kansantaloudellinen kuin myös yrityskehityksen merkitys voi olla huomattava: patenttien kehittämiseen sijoitetut varat voidaan saada moninkertaisesti takaisin. Esimerkiksi vuonna 1985 Suomessa suomalaisille myönnettyihin patentteihin (537 kpl) pohjautuvien tuotteiden liikevaihto oli vuosina 1985–1990 yli 10 miljardia markkaa. Joka toista patenttia hyödynnettiin. Patentoitujen tuotteiden liikevaihdon kasvu on ollut selvästi nopeampaa, kuin patenttoimien yritysten liikevaihdon kokonaiskasvu keskimäärin. Vuoden 1985 patentit johtivat 44 yrityksen perustamiseen.</li> <li>- Omat patentit ovat usein ainoa mahdollisuus uusilla kansainvälisillä markkinoilla. Joillakin aloilla on hyvin vaikeaa toimia ilman omaa vahvaa patenttisuojaa.</li> <li>- Patentointi on markkinointikeino ja imagon kohentaja: se on signaali tutkimuksen ja tuotekehityksen korkeasta teknisestä tasosta ja innovatiivisuudesta.</li> <li>- Lisenssimyynti voi olla yksi merkittävä tulonmuodostuskanava.</li> </ul>
<p>Patentoinnin ongelmia ja syitä vähäiseen patentointiin ovat lähinnä seuraavat seikat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patentinhakuprosessi on hidas, työläs ja kallis prosessi, joten hakumenettelyä ei katsota tarpeelliseksi: on muitakin keinoja suojata keksinnöt (esim. tiedon salaaminen tai muut teollisuusuoikeudet, kuten hyödyllisyysmalli, mallioikeus ja tavaramerkki).</li> <li>- Patenttien ylläpitokustannukset ovat suhteellisen korkeat.</li> <li>- Patenttien puolustaminen on vaikeaa ja voi viedä huomattavasti aikaa ja rahaa.</li> <li>- Patenttiseurannan ja -tutkimusten tekeminen vaatii resursseja.</li> <li>- Patenttiasioiden rutiinien hoitaminen voidaan kokea hankalaksi.</li> <li>- Tietämys patenttijärjestelmästä puutteellista.</li> <li>- Alhainen riskinotto- tai riskinsietokyky.</li> <li>- Patentointipäätöksen tekoa voi hankaloittaa keksinnön arvon määrittämisen vaikeus.</li> <li>- Systemaattisen ja johdonmukaisen patenttitoiminnan perinteitä ei ole tai patentointiin suhtaudutaan lähtökohtaisesti kielteisesti.</li> </ul>

\* (ks. Jyrkinen 1992; Wallenius 1992a, 1992b; Kivi-Koskinen 1999).

tojen patentointi- ja lisensointitoimistojen lukumäärä alkoikin kasvaa voimakkaasti. Vuonna 1980 vain 25 yliopistossa oli tällainen toimisto, mutta vuonna 1990 niiden määrä oli jo 200. Keksintöilmoitusten määrä lisääntyi huomattavasti BDA:n jälkeisinä vuosina. Tilastolukujen perusteella myönteisen kehityksen taustalla on rakenteellinen ongelma. Suuri osa myönnetyistä patenteista keskittyy kolmeen yliopistoon, Columbian, Kalifornian (UCLA) ja Stanfordin yliopistoon. Näiden lisensointitulot ovat kasvaneet merkittävästi. Kuitenkin vain hyvin pieni joukko lisensoijia on tuottanut huomattavan osan kaikista tuloista. Biolääketieteen lisenssit muodostivat tuloista suuren osan.

Yhdysvalloissa on suhtauduttu ristiriitaisesti BDA:n edustamaan ajattelumalliin julkisrahoitteisen tutkimuksen tulosten hyödyntämisestä. Professori David Moweryn ja hänen kollegoidensa tekemien tutkimusten mukaan BDA perustuu ajatukseen, jonka mukaan tulosten laaja-alaisen ja vapaan leviämisen esteet edistävät kaupallistamisen te-

## Sisällys

hokkuutta. Monessa mielessä se myös ilmaisee vahvaa uskoa innovaation lineaarimalliin. BDA:n kaltaiset toimet perustuvat kapeaan näkemykseen niistä kanavista, joiden välityksellä yliopistot ovat yhteydessä teollisuuteen ja joiden kautta ne vaikuttavat innovaatioprosessiin. BDA:n näkökulmasta tieteellisillä julkaisuilla, konferensseilla, konsultoinnilla, koulutuksella tai tieteellisten neuvoa antavien foorumien palveluilla ei ole kovinkaan suurta painoarvoa tutkimustulosten hyödyntämisestä puhuttaessa. BDA:n kaltaiset ohjelmat ohjaavat yliopistojen toimintaa liian voimakkaasti yhteen kanavaan – patentointiin ja lisensointiin – muiden kustannuksella.

BDA:n vaikutusta yliopistojen keksintötoiminnan määrään ja laatuun ei ole pystytty yksiselitteisesti analysoimaan. Yliopistojen patentointi- ja lisensointitoiminta on ollut joka tapauksessa kannattamatonta eräitä huippuyliopistoja lukuun ottamatta. On myös korostettu, että BDA oli vain yksi yliopistojen lisääntyntä patentointia selittänyt tekijä. Yliopistojen ja teollisuuden pitkällä yhteistyöperinteellä on todennäköisesti suurempi merkitys.

Yliopistoille myönnetty patentit eivät ole täsmällinen mittari yliopistotutkimuksen hyödyllisyydestä, koska niitä on hyvin vähän ja koska ne tarjoavat hyvin rajoittuneen kuvan yliopistojen kokonaisvaikutuksesta käytännön sovellutuksiin. Yliopistojen vaikutus näkyy esimerkiksi patenttidokumenteissa esitettyjen tieteellisiin artikkeleihin kohdistuvien viittausten kautta. Yhdysvaltalaisen tapaustutkimusten mukaan teollisuuden patenteissa ilmoitetuista kirjallisista referensseistä 73 prosenttia kohdistuu julkiseen, lähinnä akateemiseen tutkimukseen (Narin ym. 1997). Tieteellisen tutkimuksen ja innovaatioiden välisen yhteyden lähenemisestä antaa viitteitä selvitystulos, jonka mukaan yhdysvaltalaisissa patenteissa viitataan yhä enemmän julkisen sektorin tutkimusartikkeleihin. Kun vuonna 1985 patenttidokumenteista 11 prosentissa viitattiin ainakin yhteen tieteelliseen julkaisuun, nousi osuus vuonna 1995 jo 23 prosenttiin. Patenttien ja viitattujen artikkelien yhteys on kehittynyt voimakkaimmin biotieteissä ja erityisesti biolääketieteen ja kliinisen lääketieteen aloilla (ks. National... 1998). Teknologia-alojen, patenttilohkojen ja tieteellisten julkaisujen välistä yhteyttä koskevat tutkimukset tukevat tätä tulosta. Esimerkiksi vuosina 1989–1992 (Euroopan patenttitoimistolle jätetyissä) EPO-patenttihakemuksissa mainittujen tieteellisten julkaisujen perusteella on voitu identifioida tiedeperustaiset teknologiaalat. Seuraavat teknologia-alat olivat voimakkaimmin riippuvia tieteellisen toiminnan tuloksista<sup>12</sup>: bioteknologia, lääkkeaineet, puolijohteet, orgaaninen kemia, elintarvikekemia, tietojenkäsittely, optiikka, audiovisuaalinen tekniikka, televiestintä sekä materiaalit.

Yhdysvaltoja, Isoa-Britanniaa ja Saksaa koskevien tutkimusten mukaan yliopistojen osuus patenttihakemuksista oli 1990-luvun alkupuolella noin 3–5 prosenttia (ks. Pavitt 1998). Määrällisesti yliopistojen patenteja on ollut eniten sähkötekniikan, elektronikan ja instrumenttien teknologia-aloilla. Yliopistojen osuus patenteista on ollut korkein kemian, farmasian ja lääketieteen aloilla. Näillä aloilla merkittävä osa yliopistotutkimuksesta on perinteisesti ollut lähellä sellaista teknistä tutkimusta, jonka tuloksia on ollut mahdollista ja hyödyllistä patentoida. Yliopistojen patentoinnin keskittymi-

---

<sup>12</sup> Toisin sanoen mainittujen teknologia-alojen patenttihakemuksissa viitattiin tieteellisiin julkaisuihin selvästi enemmän kuin teknologia-aloilla keskimäärin (ks. Grupp ym. 1995).

nen mainituille teknologia-aloille ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ainoastaan näillä aloilla yliopistotutkimuksesta olisi käytännön hyötyjä ja taloudellisia vaikutuksia.

Suomessa haettujen patenttien määrä on laskenut viime vuosina. Tilastokeskuksen selvityksen (Husso & Virtaharju 1999) mukaan vuonna 1998 Suomessa jätettiin kaikkiaan 3 136 patenttihakemusta (ulkomaisilta hakijoilta 434 hakemusta). Tämä oli lähes 54 prosenttia vähemmän kuin vuonna 1995, jolloin patenttihakemusten määrä Suomessa oli korkeimmillaan. Muutos johtuu yksistään ulkomailta tulleiden hakemusten määrän vähenemisestä. Ulkomaiset hakijat hakevat nykyisin patenttia Suomesta pääasiassa Euroopan patenttitoimiston kautta (ns. EPO-patentit ja -patenttihakemukset). Myös suomalaiset hakevat nykyisin entistä useammin keksinnöllisen patenttia ulkomailta. Suomalaisten EPO-patenttihakemusten määrä onkin kasvanut 1990-luvulla EU-maista Irlannin jälkeen nopeimmin. Vuosina 1989–1996 suomalaisten EPO-hakemusten määrä kasvoi keskimäärin 11,9 prosenttia vuodessa. Vuonna 1998 suomalaiset tekivät lähes 800 EPO-patenttihakemusta. Myös suomalaisten patentointi Yhdysvalloissa on kasvanut nopeasti. Vuonna 1998 saimme Yhdysvalloissa noin 600 patenttia, mikä oli lähes 150 enemmän kuin vuotta aiemmin.

Vuonna 1998 yritykset jättivät Suomessa yli 1 800 kotimaista patenttihakemusta. Tämä oli 12 prosenttia enemmän kuin vuonna 1997. Viimeisen kahden vuoden aikana yritysten patenttihakemusten määrä onkin kasvanut varsin nopeasti. Yksityisten henkilöiden patenttihakemusten osuus kotimaisista hakemuksista vuonna 1998 oli lähes kolmannes (884 kpl). Suomen kansainvälisesti suhteellisen suurta yksityishenkilöiden osuutta nostaa osaltaan yliopistotutkijoiden jättämät hakemukset. 1990-luvulla yksityisten henkilöiden tekemien patenttihakemusten määrät liikkuivat 700–970 hakemuksen välillä. Selvästi suurin osa kotimaisista hakemuksista vuonna 1998 liittyi tietoliikenteeseen (n. 20 % hakemuksista). Yliopistojen patentoinnista ei kuitenkaan ole saatavilla kansallista tai vertailukelpoista kansainvälistä tietoa sen paremmin Suomesta kuin muualtakaan maailmasta.

Suomen Akatemiassa talvella 2000 tehdyn kyselyn avulla saatiin kerättyä jonkin verran yliopistokohtaisia patentointitietoja. Seuraavia lukuja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että yliopistohenkilöstön patenttihakemusten ja patenttien kokonaismäärät ovat mainittuja korkeampia.

- Teknillisen korkeakoulun tutkijat saivat vuosina 1992–1998 yhteensä 129 patenttia.
- Tampereen teknillisen korkeakoulun tutkijat saivat vuosina 1995–1998 yhteensä 69 patenttia. Lisäksi vuonna 1994 saatiin yhdeksän ulkomaista patenttia (ei tietoa kotimaisista).
- Helsinki University Licencing Ltd Oy:llä oli vuosina 1993–1999 noin 50 patentointiin tähtäävää hanketta prosessissa. Lisenssisopimuksia on tähän tehty jo kymmenen. Lokakuun 1996 ja lokakuun 1998 välisenä aikana Helsingin yliopiston innovaatioasiamiehelle tuli noin 100 keksintöehdotusta, joista noin 15 johti patenttihakemuksen tekoon.
- Jyväskylän yliopiston tutkijoiden tutkimustulosten kaupallistamispyrkimyksistä ja muusta hyödyntämisestä huolehtii pääasiassa Jyväskylän teknologiakeskus. Arvion mukaan vuosina 1995–1999 teknologiakeskuksen kautta hoidettiin yhteensä noin 30 Jyväskylän yliopiston tutkijoiden patenttia tai patenttihakemusta.

## Sisällys

- Kuopion yliopistossa tehdyn kyselyn tietojen perusteella on arvioitu, että yliopiston tutkijat ovat tehneet 1990-luvulla yhteensä noin 100 patenttihakemusta.
- Oulun yliopistossa oli innovaatioasiamiehen mukaan vuonna 1999 käynnissä 23 patenttihakemushanketta, jossa keksijän työpaikka on Oulun yliopisto. Yliopistotutkijoiden patenttihakemusten kokonaismäärä on viime vuosina liikkunut varovaisen arvion mukaan välillä 15–20. Hakemusten määrä on kuitenkin lisääntynyt merkittävästi 1990-luvun aikana. Esimerkiksi vuosina 1995–1997 patenttihakemusten määrä oli keskimäärin 10–15 vuodessa.
- Åbo Akademin tutkijat ilmoittivat saaneensa yhdeksän patenttia vuonna 1999. Viime vuosina tehtyjä patenttihakemuksia, joissa on ollut mukana Åbo Akademin tutkija, on tiedossa kaikkiaan 28. Osa tutkijoista kuitenkin antaa kertakorvausta tai rojalteja vastaan patentin tai sen hakuprosessin yhteistyöyritykselle. Osa tutkijoista on käyttänyt vuonna 1993 perustetun AboaTechin palveluja. Sen kautta on hoidettu noin 20 patenttihakemusta.

Yleisesti ottaen yliopistoilla ei ole keskitetysti kerättyä tarkkaa tietoa henkilökuntansa patenttihakemuksista tai saaduista patenteista. Vaikka käytettävissä olevat tiedot ovat varsin rajallisia, voidaan yliopistojen patenttihakemusten kokonaismäärän arvioimisen tueksi ottaa edellä mainittujen ulkomaisten tapaustutkimusten tulokset. Jos yliopistojen osuus kotimaisten hakijoiden patenttihakemusten määrästä vuonna 1998 (yht. 2 702 kpl) olisi sama kuin mainituissa tutkimuksissa (osuus 3–5 %), tämä tarkoittaisi, että yliopistotutkijat jättivät Suomessa tuolloin yhteensä noin 80–140 patenttihakemusta. On hyvin todennäköistä, että Suomessa ylletään oheisten selvitystulosten perusteella ainakin mainitun vaihteluvälin alarajalle – ainakaan ei ole viitteitä siitä, että yliopistopatentoinnin määrä Suomessa poikkeaisi merkittävästi suuntaan tai toiseen vertailumaista.

Patentti- ja lisenssikysymykset samoin kuin muutkin immateriaalioikeuksiin liittyvät asiat ovat nousseet vasta parin viime vuoden aikana runsaan keskustelun kohteeksi. Yliopistoille nämä kysymykset ovat ainakin nykyisessä laajuudessaan varsin uusia. Työsuhdekeksintölain mukaan työnantajalla on oikeus työntekijän keksintöön. Lakia ei kuitenkaan sovelleta yliopistojen tutkijoihin. Suomessa yliopistoilla on nykyisin kirjava joukko keinoja, joiden avulla tuetaan tutkijoita patentinhakuprosessissa tai keksinnön myynti- ja markkinointipyrkimyksissä. Ulkopuolisen rahoituksen ja yhteistyön lisääntyessä on tullut entistä tarpeellisemmaksi, että niin tutkimuksen rahoitukseen kuin tulosten hyödyntämiseen liittyvät sopimukset voidaan hoitaa yliopistoissa mahdollisimman keskitetysti ja järjestelmällisesti. Koska yliopistot tarjoavat tutkijoilleen toimintaedellytykset tutkimuksen tekemiseen, on luonnollista, että yliopistot ovat alkaneet yhä ponnekkaammin vaatia itselleen osaa keksintötuloista. Tulevaisuudessa on joka tapauksessa tarpeellista, että immateriaalioikeuskysymyksiin löydetään sekä tutkijoita, yliopistoja että yhteistyökumppaneita tyydyttäviä ratkaisuja. Tutkijat toivovat varsin yleisesti, ettei käyttöön otettaisi mitään kankeaa säännöstöä, mitä kaikkien yliopistojen pitäisi esimerkiksi patenttihakemusten ja saatujen patenttien suhteen noudattaa.

## 5 Tieteen tila ja taso Suomessa: yhteenveto ja johtopäätökset

Yliopistoihin kohdistui 1990-luvulla yhteiskunnallisia muutospaineita, joiden seurauksena tieteelliseen tutkimukseen alettiin kiinnittää huomiota uudella tavalla. Päättäjät ja tutkimustulosten hyödyntäjät ovat viime vuosina painottaneet tutkimuksen käyttökelpoisuutta, yhteiskunnallista vaikuttavuutta ja teollis-taloudellista relevanssia. Tiede-yhteisö on pyrkinyt vastaamaan näihin odotuksiin, mutta samalla se on korostanut tutkimuksen laatua, rahoituksen riittävyyden ja pitkäjänteisyyden tärkeyttä sekä kansainvälisen tutkimusyhteistyön merkitystä. Tämä tilanne on luonut tutkimusjärjestelmään uutta dynamiikkaa ja vauhdittanut yliopistojen omaehtoista uudistumista. Samalla on syntynyt uudenlaisia toimintamahdollisuuksia ja haasteita, mutta myös ongelmia.

### 5.1 Tieteellisen tutkimuksen voimavarat ja tuloksellisuus

Tiede- ja teknologiapolitiikan linjanvedoissa Suomi on lähentynyt suuria tutkimusintensiivisiä OECD-maita. 1990-luvun puolivälistä alkaen toteutettu valtion merkittävä ja määrätietoinen julkisten varojen ohjaaminen tutkimus- ja kehittämistoimintaan (t&k) on kuitenkin poikennut OECD-maiden valtavirrasta. Suomen tutkimusintensiiteetti kasvoi 1990-luvulla Irlannin ja Etelä-Korean ohella OECD-maista nopeimmin. Vuonna 1997 Suomen tutkimusintensiiteetti oli yli 2,7 prosenttia (v. 1999 arvio 3,1 %), kun OECD-maiden keskiarvo oli samaan aikaan 2,2 prosenttia ja EU-maiden 1,8 prosenttia. Suomi onkin noussut tämän mittarin perusteella maailman kärkeen: suhteellisesti tarkasteltuna todennäköisesti vain Ruotsi investoi tällä hetkellä Suomea enemmän t&k-toimintaan. Vaikka t&k-rahoituksen kokonaiskehitys on 1990-luvulla ollut Suomessa kansainvälisesti tarkasteltuna erinomaista, on yliopistojen ja tieteellisen tutkimuksen rahoituksen kehitys kuitenkin ollut lähinnä kohtalaista. Yliopistojen tutkimusmenojen kasvu on ollut OECD-maiden hyvää keskitasoa<sup>1</sup> ja yliopistojen osuus kaikista tutkimusmenoista lähinnä alempaa keskitasoa. Budjetti- eli perusrahoituksen osuus yliopistojen tutkimusmenoista (56 % v. 1997) sekä julkisen sektorin osuus tutkimustoiminnan kokonaisrahoituksesta (31 % v. 1997) ovat myös edustaneet OECD-maiden keskitasoa.

Yliopistojen tutkimusmenojen myönteinen kehitys on paljolti seurausta ulkopuolisen rahoituksen kasvusta. Yliopistojen huolenaiheena onkin ollut budjettirahoituksen jälkeensä jääneisyys ja sen heikko määrällinen ja suhteellinen kehitys 1990-luvulla. Kokonaisuudessaan tämä on johtanut merkittävään rahoitusrakenteen muutokseen. Esimerkiksi laitokset ja tutkimusryhmät keräävät tutkimusvaransa nykyisin lukuisista eri lähteistä. Usein ne muodostavat yhdessä vaikeasti hallittavan rahoitussalkun, jonka ylläpito vaatii runsaasti työtä ja aikaa. Budjettirahoituksen ja ulkopuolisten rahoituslähteiden epätasapaino on johtanut ongelmalliseen tilanteeseen: tutkimustoiminta on yhä projekti-

<sup>1</sup> Kirjoittamishetkellä uusimmat kattavat OECD-maiden tiedot ovat vuodelta 1997. Tämän jälkeen yliopistojen tutkimusrahoitus on kasvanut Suomessa varsin suotuisasti. Esimerkiksi vuonna 1998 yliopistojen tutkimusmenot olivat Suomessa reaalisesti 11 prosenttia suuremmat kuin vuotta aiemmin. Jos käytettävissä olisi uudempia kansainvälisesti vertailukelpoisia lukuja, on todennäköistä, että yliopistojen tutkimusmenojen kokonaiskasvu olisi Suomessa muihin OECD-maihin verrattuna jo varsin hyvää tasoa.



## Sisällys

luontoisempaa sekä vähemmän pitkäjänteistä ja perusvalmiuksia kehittävää. Kehitykseen kytkeytyy myös uhka, että tieteenalojen ja yliopistojen väliset erot voimavarojen ja muiden toimintaedellytysten suhteen kasvavat. Kaiken kaikkiaan yliopistojen tutkimusedellytysten kehitys – ja sen myötä myös tutkimuksen yhteiskunnallisen vaikuttavuuden ja pitkän tähtäimen hyötyjen tavoittaminen – on korostetusti yhteydessä juuri perusrahoituksen määrään, sen ennustettavuuteen ja vakaaseen jatkuvuuteen.

Nykyisin entistä suurempi osa tutkimusrahoituksesta on kilpailtua, paikoin jopa ylikilpailtua. Budjettirahoituksen sekä yliopistojen sisäisen ja ulkopuolisen rahoituksen jakoperusteina käytetään runsaasti kvantitatiivisia mittareita ja toistuvia vertaisarviointoja. Mittarit ja arvioinnit kytkeytyvät tiiviisti yliopistojen tulosohejaukseen. Sen tavoitteena on ollut tutkimuksen tason parantaminen sekä resurssien jakaminen tavalla, jossa toiminnan tulos otetaan aiempaa paremmin huomioon. Tässä on onnistuttu paikoittain varsin hyvin. Yliopistojen näkemykset tulosohejauksen toimivuudesta ja oikeudenmukaisuudesta ovat olleet silti varsin ristiriitaisia. Pitkälle viedyn tulosohejauksen uhkana pidetään usein sitä, että se korostaa lyhyellä aikajänteellä tapahtuvaa toimintaa sekä määrällisiä tulos- ja tehokkuusvaatimuksia laadun ja pitkäjänteisen kehittämisen kustannuksella. Arviointitoiminnan ja mittareiden käytön lisääntyminen on myös jatkossa varsin todennäköistä. Olennaisinta onkin se, miten arviointien tuloksia ja mittareita tulkitaan ja käytetään. Jotta yliopistojen kehittämisstrategiat ja -keinot olisivat hyvin perusteltuja ja saisivat mahdollisimman laajan hyväksynnän, on tärkeää, että arvioinneista ja mittareista käydään runsaasti keskustelua ja että niitä hyödynnetään myönteisellä ja kannustavalla tavalla niin yliopistojen sisällä kuin tiedehallinnossakin.

Tutkimustoiminta tuottaa tuloksia, joiden vaikutukset ja hyödyt ovat useimmiten välillisiä. Tuloksena on muun muassa: a) uutta tietoa ilmiöiden ja asioiden perusominaisuuksista ja toimintamekanismeista; b) uusia tutkimusvälineitä, työkaluja, menetelmiä ja tekniikoita, joita voidaan ottaa käyttöön hyvinkin laajasti yhteiskunnassa; c) osaavia henkilöitä työmarkkinoille, erityisesti tietointensiivisiin ja erityisosaamista vaativiin ammatteihin; d) tietoa poliittisen päätöksenteon tueksi; e) tietoa yhteiskunnallisten toimenpiteiden ja teknologian laajojen sosiaalisten, kulttuuristen ja ekologisten vaikutusten arvioimiseksi; f) tietoa, jonka avulla voidaan luoda aiemmasta merkittävästi poikkeavia teknologisia ratkaisuja tai jotka johtavat uusiin tieteellisiin kysymyksiin. Esimerkiksi uusien tutkijoiden kouluttaminen, tiedon ja osaamisen lisääntyminen ja soveltaminen sekä tutkijoiden työmarkkinoilla liikkuminen muodostavat monimutkaisen prosessin, jota voidaan pitää samanaikaisesti tutkimustoiminnan tuloksena, tulosten leviämismekanismina ja tutkimuksen vaikutuksena. Tutkimuksen vaikutukset ovat pääasiassa tieteellisiä, teknisiä (uudet teknologiset ratkaisut, uudet tuotteet ja prosessit, patentit), yhteiskunnallisia (sosiaaliset, kulttuuriset, alueelliset, poliittiset ja organisatoriset vaikutukset) sekä taloudellisia.

Tutkimuksen keskeisiä tuloksia tieteellisessä mielessä ovat julkaisut. Kansainvälisissä tieteellisissä sarjoissa ilmestyi vuonna 1999 lähes 7 000 suomalaisten tutkijoiden itsensä tai yhteistyössä ulkomaalaisten kanssa tekemää julkaisua<sup>2</sup>. Julkaisujen määrä kas-

2 Tiedot on saatu ISI:n NSIOD-tiedostosta. Siihen on indeksoitu maittain ja tieteenaloittain julkaisu- ja viittausmäärät vuosina 1981–1999.



voi vuosina 1991–1999 keskimäärin 6,4 prosenttia vuodessa. Tämä oli OECD-maista yhdeksänneksi nopeinta. Kovimpiin kilpakumppaneihin, kuten Yhdysvaltoihin, Isoon-Britanniaan, Japaniin, Saksaan, Ranskaan, Alankomaihin, Ruotsiin, Tanskaan ja Sveitsiin, verrattuna olimme julkaisumäärien kasvussa selvästi edellä. Vuonna 1999 Suomen osuus maailman julkaisuista oli 0,95 prosenttia. Vuodesta 1990 alkaen on osuuden kasvu ollut huomattavaa: tuolloin olimme noin 0,7 prosentin tasolla. Asukaslukuun ja bruttokansantuotteeseen suhteutettuna Suomi on nykyisin yksi suurimpia julkaisujen tuottajia maailmassa. Sijoitumme näillä indikaattoreilla mitattuna neljän kärkimaan joukkoon. Suhteutettaessa julkaisumäärä yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenoihin olemme OECD-maiden vertailussa sijalla 12.

Suomen osuus maailman julkaisuista ja viittauksista on kasvanut kaikilla päättieteenaloilla varsin myönteisesti. Julkaisujen kohdalla suhteellisesti voimakkaimmin suomalaiset ovat vuosina 1981–1999 kasvattaneet osuuttaan yhteiskuntatieteissä (0,19 %:sta 0,71 %:iin). Suomen osuus maailman julkaisuista on jo pitkään ollut korkein lääke- ja hoitotieteissä (vuonna 1999 osuus 1,32 %). Suomalaisiin julkaisuihin viitattiin vuosina 1995–1999 enemmän kuin kertaakaan aiemmin: suomalaisten tutkijoiden julkaisut saivat keskimäärin 15 prosenttia enemmän viittauksia kuin julkaisut maailmassa keskimäärin. Tämä oli OECD-maista yhdeksänneksi eniten. Suomalainen tiede on nykyisin entistä useammalla tutkimusalalla kansainvälisesti selvästi näkyvämpää, vaikuttavampaa ja arvostetumpaa kuin aiemmin. On myös merkittävää, että ulkomaisten tutkijakollegoiden kanssa tehtyjen yhteisjulkaisujen määrä on kehittynyt Suomessa varsin suotuisasti.

Julkaistu- ja viittausanalyysiin pohjautuvien suhteutettujen indikaattoreiden kokonaistarkastelun perusteella voidaan todeta, että Suomi sijoittuu OECD-maiden vertailussa keskimäärin sijoille 5–10. Absoluuttisia, määrää kuvaavia lukuja tarkasteltaessa tilanne on luonnollisestikin toinen. Esimerkiksi tieteellisten julkaisujen määrä oli Suomessa vuonna 1999 OECD-maiden 17. korkein. Tarkasteltaessa tutkimuspanostuksen määrää, kuten esimerkiksi yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusmenoja, olemme OECD-maista 18. sijalla.

Tutkimustoiminnan kärjen muodostavat useiden suhteutettujen indikaattoreiden<sup>3</sup> yhteisarvion perusteella Sveitsi, Ruotsi ja Alankomaat. Myös Yhdysvallat kuuluu kokonasa, näkyvyytensä ja vaikuttavuutensa puolesta kiistatta tähän ryhmään, vaikka se ei monenkaan mittarin<sup>4</sup> suhteen menesty kovin hyvin. Seuraavan joukon muodostavat julkaistu- ja viittausanalyysin perusteella Tanska, Iso-Britannia, Belgia, Suomi ja Islanti. Samaan ryhmään voidaan katsoa kuuluvan myös Ranskan, Saksan ja Kanadan. On selvää, että maita ei voida eikä ole mielekästäkään laittaa mihinkään tarkempaan järjestykseen. Indikaattorista ja lähestymistavasta riippuen maiden keskinäiset sijoitukset voivat vaihdella hyvin paljon. Käyttämämme tiedeindikaattoreiden perusteella voidaankin tehdä lähinnä yleisluontoisia tulkintoja eri maissa tehdyn tutkimuksen määrällisestä ja laadullisesta kehityksestä.

3 Tieteellisten julkaisujen ja niiden saamiin viittausten määrä sekä määrien kehitys, tieteellisten julkaisujen määrä suhteutettuna bruttokansantuotteeseen, tutkimusmenoihin ja asukaslukuun, viittauskertoimien ja suhteellisten viittausindeksien taso ja kehitys.

4 Esimerkiksi julkaistu- ja viittausmäärien kehitys, tieteellisten julkaisujen määrä suhteutettuna bruttokansantuotteeseen, tutkimusmenoihin tai asukaslukuun.

## Sisällys

### 5.2 Tutkimustyön ja sen toimintaympäristön muutokset

Yliopistojen yhteiskunnallinen rooli on tullut aiempaa laaja-alaisemmaksi: perinteisten tutkimus- ja opetustehtävien lisäksi yliopistot ovat määrätietoisesti pyrkineet kehittämään tiiviitä vuorovaikutussuhteita elinkeinoelämän kanssa ja vastaamaan yhteiskunnan moninaisiin tarpeisiin (esim. laajeneva aikuis- ja täydennyskoulutus). Vuorovaikutus on tiivistynyt huomattavasti myös yliopistojen sisällä ja eri alojen yksiköiden välillä. Yliopistoissa tehtävän tutkimustoiminnan organisatoriset muutokset ja yhteistyö (esim. biokeskusten ja eri alojen yhteisten tutkimuslaboratorioiden perustaminen) ovat edistäneet moni- ja poikkitieteellisten teemojen tutkimusta. Kehitys on omalta osaltaan madaltanut perinteisiä tieteenalojen välisiä rajoja ja edistänyt perus- ja soveltavan tutkimuksen keskinäistä vuorovaikutusta. Samalla, kun eräillä aloilla tutkimuksen uusia organisoitumismuotoja rakennetaan ja tuetaan innokkaasti, on myös ylläpidettävä yliopistojen perinteisiin oppiainelaitoksiin perustuvat rakenteet sekä säilytettävä ja kehitettävä laitosten vahvuuksia.

Yhteistyövalmiudet ja -halukkuus ovat lisääntyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävästi. Tämän myötä tutkijoiden liikkuvuus, vapaamuotoisten yhteysverkostojen määrä ja vuorovaikutus ovat nykyisin aivan eri luokkaa kuin aiemmin. Suomalainen tutkimus onkin tällä hetkellä kansainvälistyneempää kuin koskaan aiemmin. Tutkimuksen toiminnalliset muodot ovat muuttuneet samalla niin, että on siirrytty yksittäisten tutkijoiden verkostoista painokkaammin tutkimusryhmien verkostoihin ja monenkeskiseen yhteistyöhön. Tätä on pyritty edistämään ajanmukaisella tiedepolitiikalla sekä kehittämällä tutkimuksen rahoitusinstrumentteja ja muita tukimuotoja<sup>5</sup>. Kehityksen tuloksena suomalaisen tutkimuksen kansainvälinen näkyvyys ja läpäisevyys ovat parantuneet. Tieteenalat kuitenkin poikkeavat toisistaan muun muassa kansainvälisen yhteistyön luonteen ja tavoitteiden suhteen. Kansainvälisen yhteistyön sisällölle ja laajentamiselle asetetut tavoitteet voivat olla eri tieteenaloilla hyvinkin erilaisia. Monilla yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden aloilla on selkeitä kansallisesta intressistä nousevia tehtäviä. Tällöin esimerkiksi kotimainen julkaiseminen voi usein olla tärkeämpää kuin artikkeli ulkomaisessa julkaisusarjassa.

1990-luvun lopulla toteutettiin useita varsin runsaastikin keskustelua herättäneitä tutkimusjärjestelmän toimintaan vaikuttaneita uudistuksia. Huippuyksikköpolitiikan ja tutkimusohjelmien avulla on pyritty luomaan edellytyksiä suomalaisen tutkimuksen nousemiseksi kansainväliseen kärkeen ja tukemaan tutkimuksen vahvuusalueita. Ammattimaiselle tutkijanuralle on luotu uusi perusta: edellytyksiä korkeatasoisen tutkimuksen tekemiseen on vahvistettu kaikissa tutkijanuran vaiheissa. Tutkijakoulut ovat luoneet mallin tutkijankoulutuksen rakenteellisten ongelmien ratkaisemiseksi. Ne ovat parantaneet jatko-opintojen suunnitelmallisuutta ja ohjausta. Tutkijankoulutus on myös kytkeytynyt tiiviimmin yhteen isojen tutkimushankkeiden ja huippuyksiköiden kanssa. Niin yliopistoissa kuin esimerkiksi Suomen Akatemian tutkimusrahoituksessa on pyritty kiinnittämään jatkuvasti enemmän huomiota myös naisten tutkijauran

---

<sup>5</sup> Tutkijoita on kannustettu osallistumaan entistä enemmän muun muassa EU:n tutkimusohjelmiin ja kansainvälisten tutkimusorganisaatioiden toimintaan (esim. CERN, EMBL). Myös uusien tutkijanvaihtosopimusten solmimisella on pyritty lisäämään kansainvälistymistä ja yhteistyötä.

edistämiseen ja tasa-arvokysymyksiin. Nykyisin tutkijanaiset ovat tasavertaisesti edustettuna erityisesti ammattimaisen tutkijanuran alkuvaiheessa, mutta he ovat edelleen aliedustettuna ylimmissä tutkimusviroissa ja tutkimushankkeiden johtotehtävissä.

Yliopistojen tutkimusinfrastruktuuri on kehittynyt myönteisesti 1990-luvun aikana. Nykyisin fyysiset tutkimusolosuhteet ovat usein korkeatasoisia, tietoverkot ja niihin liittyvät palvelut ovat parantuneet jatkuvasti ja tutkimuksen tukipalvelut ovat ajanmukaisia. Toisaalta monilla aloilla ongelmaksi voi muodostua nopeasti vanheneva tutkimuslaitetekanta. Ongelmaksi on koettu myös kirjastopalveluiden, arkistojen ja kokoelmien entisestään supistuvat ylläpito- ja kehittämisvarat.

Suomessa keskustelu tutkimuksesta, yliopistojen roolista ja tutkimusyhteistyöstä kulminoituu usein kansallisen innovaatiojärjestelmän käsitteeseen. Innovaatiojärjestelmäajattelussa korostetaan, että innovaatioiden aikaansaaminen riippuu niin teknologian kehittämisestä ja käyttöönotosta, tieteellisestä tutkimuksesta kuin myös järjestelmään kuuluvien organisaatioiden (yliopistot, tutkimuslaitokset, yritykset, valtionhallinto) kyvystä asettaa yhteisiä tavoitteita sekä tehdä toisiaan tukevaa, täydentävää ja palvelevaa yhteistyötä. Kansallisilla klusteriohjelmilla on tähdätty innovaatiojärjestelmän perinteellisten institutionaalisten rajojen ylittämiseen. Tutkimuksen uudet toiminnalliset ja institutionaaliset rakenteet ovat omalta osaltaan lisänneet niin tutkimuksen tekijöiden kuin rahoittajienkin keskinäistä yhteistyötä ja vuorovaikutusta. Klusteriohjelmilla on pyritty kansantalouden kannalta keskeisten toimialojen tiedon ja osaamisen vahvistamiseen.

EU-maissa tehtyjen innovaatiotutkimusten mukaan 1990-luvun puolivälissä yrityksillä oli eniten sopimus pohjaista yhteistyötä yliopistojen ja julkisen sektorin tutkimuslaitosten kanssa Suomessa ja Ruotsissa. Kotimaisten selvitysten perusteella julkiset tutkimusorganisaatiot ovat yrityksille tärkeitä kumppaneita ja että tiivistä yhteistyötä on ollut runsaasti jo pitkään. Innovaatioiden aikaansaamisen näkökulmasta yhtenä tärkeänä onnistumisen edellytyksenä pidetään aktiivista ja konkreettista yhteistyötä. Yritykset odottavat yliopistoilta usein lähinnä uusia ideoita, tuoretta tietoa sekä sellaista erikoisosaamista, mitä ei yrityksistä löydy, mutta mitä voidaan omaksua ja edelleen soveltaa – ei niinkään lähes valmiita innovaatioita tai patenteja. Yhteistyön kehityksen keskeisiä haasteita on esimerkiksi se, onko yrityksillä riittävästi kiinnostusta perustutkimukseen ja pitkäjänteiseen työhön tai hyödyntääkö elinkeinoelämä riittävästi tohtorikoulutuksen saaneita tutkijoita ja heidän osaamistaan. Lisääntynyt yliopistojen ja elinkeinoelämän yhteistyö on innostanut tutkijoita ryhtymään yrittäjiksi sekä saanut aikaan myönteisen ilmapiirin yrittäjyyttä kohtaan.

Tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta yksi lähitulevaisuuden ydinkysymys on löytää tasapaino yliopistojen ja yritysten välisissä suhteissa. Lisääntynyt yhteistyö elinkeinoelämän ja yliopistojen välillä hyödyttää molempia, jos kunnioitetaan työnjakoa ja luodaan yliopistotutkijoille aiempaa paremmat mahdollisuudet tehdä myös pitkän tähtäimen perustutkimusta. Toinen keskeinen kysymys on, jättääkö kansallisen innovaatiojärjestelmän kehittäminen riittävästi tilaa esimerkiksi tiedepolitiikan ja tutkimusjärjestelmän omaehtoiselle kehittämiselle ja niiden sisäisille tavoitteille sekä päämäärille, toiminnalle ja keinoille, jotka eivät – ainakaan ensisijaisesti – rakennu teollisuuden kanssa tehdyn yhteistyön tai innovaatioiden aikaansaamiseen tähtäävän toiminnan kautta.

## Sisällys

Kaiken kaikkiaan tiedepolitiikkaa pitäisi rakentaa kolmesta näkökulmasta: ensinnäkin sitä olisi kehitettävä erillisenä politiikan sektorina, toiseksi yhdessä teknologiapolitiikan kanssa, jolloin haetaan luontevaa vuoropuhelua ja yhteisiä intressejä, ja kolmanneksi osana innovaatiojärjestelmää ja sen kokonaisvaltaista näkökulmaa. Tiedejärjestelmän on pyrittävä toiminnallaan edistämään innovaatiojärjestelmän toimivuutta ja vastaamaan yhteiskunnallisiin tarpeisiin. Samalla olisi erittäin tärkeitä, että toteutetaan myös tieteellisestä tutkimuksesta lähtevää tutkimustoiminnan edellytyksiä turvaavaa vahvaa omaehtoista tiedepolitiikkaa. Jos tälle ei jää tilaa, syntyy tiedepolitiikan ja samalla innovaatiojärjestelmän laaja-alaisessa kehittämisessä epäedullisia jännitteitä.

Tutkimusjärjestelmä ja yliopistot ovat hoitaneet tehtävänsä 1990-luvulla varsin hyvin niin tieteen kansainvälisen kehityksen kärjen tavoittamisen ja kärjessä pysymisen suhteen kuin myös tiedepolitiikan ja kansallisen innovaatiojärjestelmän tavoitteiden täyttämisen näkökulmasta. Tulevaisuudessa on tärkeää, että yliopistojen monimuotoinen yhteiskunnallinen rooli ja vaikuttavuus vahvistuvat ja että Suomi voimistaa asemansa tiede- ja teollisuusvaltioiden kärkir ryhmässä. Tässä onnistuaksemme on pidettävä huoli koko julkisen tutkimusrahoituksen ja yliopistojen perusrahoituksen riittävydestä, rahoitusrakenteen tasapainosta sekä yliopistoille asetettujen tavoitteiden ja niille annettujen voimavarojen sopusuhtaisuudesta. Myös jatkuvuus on tärkeää: kertaluonteisilla rahoituksen jälkeensä jääneisyyden korjauksilla tai muilla yksittäisillä määrärahalisäyksillä ei välttämättä saavuteta pysyviä ratkaisuja tai vaikutuksia. Esimerkiksi valtion tutkimukseen osoittamalla lisärahoituksella käynnistettyjen tutkimusten potentiaaliset yhteiskunnalliset hyödyt ja monitahoiset vaikutukset eivät toteudu rahoituksen aikana eikä heti sen jälkeenkään. Niiden realisoinniseksi tarvitaan juuri pitkäjänteistä toimintaa.

On korostettava, että raha ei yksin ratkaise. Sen lisäksi edellytetään niin rahoittajilta ja valtiohallinnolta kuin yliopistoilta itseltäänkin toimia, joiden avulla edistetään tutkimustyön toiminnallista ja institutionaalista kehitystä (esim. virkarakenteet, infrastruktuuri, yhteistyö) sekä tutkimuksen laatua ja uudistumiskykyä. Kehityksen tukemiseksi tarvitaan johdonmukaista strategista tiedepoliittista suunnittelua, joka pohjautuu monikeskiseen avoimeen keskusteluun ja jossa otetaan huomioon tutkimusjärjestelmän eri osapuolten näkemykset. Keskeinen kysymys on, kuinka paljon tutkimusta on syytä ohjata ja suunnitella, ja missä kulkee yliohjailun ja -organisoinnin raja. Tässä yhteydessä keskeiseksi tekijäksi nousevat rahoittajien ja tieteenharjoittajien riskinottokyky sekä rohkeus tehdä uusia tutkimuksellisia avauksia. On tärkeää, että tarjolla on riittävästi sitomatonta rahoitusta ja että annetaan tilaa vapaalle tutkimukselle. Tutkimusmyönteisen ilmapiirin jatkumiseksi on olennaista, että valtiolta ja muut päätöksentekijät korostavat myös tulevaisuudessa tieteen painoarvoa ja tutkimustoiminnan yleistä yhteiskunnallista merkitystä.

# Kirjallisuus

## LUKU 1

Alasuutari, Pertti & Petri Ruuska (1999). *Post-Patria? Globalisaation kulttuuri Suomessa*. Vastapaino, Tampere.

Allardt, Erik (1997). Tieteellisen työskentelyn muutokset ja nykyisen tiedepolitiikan vaarat. *Tiedepolitiikka* 4/97, 5–11.

*Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* (1996). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.

*Technology, Productivity and Job Creation: Best Policy Practices* (1998). OECD, Paris.

*The Management of Science Systems* (1999). OECD, Paris.

Tutkimusedellytystyöryhmä 98:n muistio (1998). *Opetusministeriön työryhmien muistioita* 17: 1998.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1991. Tilastotiedotteen *Tiede ja teknologia* 1993: 1 liite-  
taulukot (1993). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1993: 1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997. Taulukot (1999). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1999: 1.

*University Research in Transition* (1998). OECD, Paris.

Väyrynen, Raimo (1999; toim.). Suomi avoimessa maailmassa. Globalisaatio ja sen vaikutukset. *Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran julkaisuja* 223.

## LUKU 2

Abbott, Alison (1998). Spending spree propels Finland towards top of research league. *Nature* 394 (27 August), 820.

Alahuhta, Matti & Tytti Varmavuo (1999). Tietoteollisuuden lisäkoulutusohjelma – Joint Venture – teollisuuden tuki laitekannan kehittämiseen. *Yliopistotieto* 2/99, 31–33.

Cervantes, Mario (1999). Background Report. An Analysis of S&T Labour Markets in OECD Countries. *Teoksessa* OECD/TIP Secretariat (toim.): *Mobilising Human Resources for Innovation. Proceedings From the OECD Workshop on Science and Technology Labour Markets, 17 May 1999*, 12–63. OECD, Paris.

Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott & Martin Trow (1994). *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage, London.

Hellström, Tomas & Merle Jacob (1999). Evaluating and Managing the Performance of University-Industry Partnerships. From Central Rule to Dynamic Research Networks. *Evaluation* 5: 3, 330–339.

Kansallinen tutkimuksen huippuyksikköstrategia (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja* 5/97.

Kilpailu ja yhteistyö. Suomen Akatemian tiedepolitiikan linja 1998–2000 (1998). *Suomen Akatemian julkaisuja* 7/98.

## Sisällys

- Kivinen, Osmo, Sakari Ahola & Päivi Kaipainen (1999; toim.). Towards the European Model of Postgraduate Training. *University of Turku, Research Unit for the Sociology of Education, Research Report 50*.
- Kolu, Timo (1999a). OK = olemme kansainvälisiä. *Suomen Akatemian lehti Apropos 2/1999*, 4–11.
- Kolu, Timo (1999b). Tutkimus- ja kehittämisrahoitus valtion talousarviossa vuonna 1999. *Suomen Akatemian julkaisuja 2/99*.
- Kolu, Timo (2000). Tutkimus- ja kehittämisrahoitus valtion talousarviossa vuonna 2000. *Suomen Akatemian julkaisuja 1/00*.
- Liiten, Marjukka (2000). Tuhannen tohtorin raja rikkoutui reippaasti. *Helsingin Sanomat* 4.1.2000.
- Main Science and Technology Indicators 1999/1* (1999). OECD, Paris.
- Naisten tutkijauran edistäminen. Suomen Akatemian asettaman työryhmän muistio (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja 13/97*.
- Niskanen Pirjo (1995). Tutkimus- ja kehittämismäärärahat valtion talousarviossa vuonna 1995. *Suomen Akatemian julkaisuja 2/95*.
- Niskanen, Pirjo, Riikka Eela, Sasu Hälikkä & Terttu Luukkonen (1998). Suomalaiset EU:n tutkimuksen neljännessä puiteohjelmassa. *Teknologian kehittämiskeskus, Kansainvälisten verkostojen raportti 3/1998*.
- Ollila, Jorma (1999). Tutkimuksessa ei ole varaa välivuosiin. *Helsingin Sanomat* 20.10.1999.
- Porter, Michael E. (1991). *Kansakuntien kilpailuetu*. Otava, Keuruu.
- Sukupuolten yhdenvertaisuus -teemaan liittyvät kirjoitukset (kirjoittajina Marja Simonsuuri-Sorsa, Sirkka-Leena Hörkkö, Paul Fogelberg, Sara Heinämaa, Liisa Husu, Harriet Silius ja Armi Mikkola) (1999). *Yliopistotieto 1/99*, 4–29.
- Suomen Akatemia -työryhmän muistio (1994). *Opetusministeriön työryhmien muistioita 3: 1994*.
- Suomen tieteen tila ja taso. Yhteenvetoraportti (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja 14/97*.
- Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* (1996). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.
- Technology, Productivity and Job Creation: Best Policy Practices* (1998). OECD, Paris.
- The World Competitiveness Yearbook 1999* (1999). IMD, Lausanne.
- Tiedon ja osaamisen Suomi: kehittämisstrategia* (1993). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.
- Tuomi, Ilkka (1999). Inside Innovation Clusters: Collective Knowledge Creation in Networks and Communities. *Teoksessa Schienstock, Gerd & Osmo Kuusi (toim.): Transformation Towards a Learning Economy. The Challenge for the Finnish Innovation System. Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran julkaisuja 213*, 143–157.
- Tutkijakoulut 2000. Toiminta, tulokset, tehokkuus* (2000). Opetusministeriö/Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto, Helsinki.

Tutkijankoulutustoimikunnan loppumietintö (1990). *Opetusministeriö, Komiteamietintö* 1989: 55.

Tutkijanuran kehittämistyöryhmän muistio (1997). *Opetusministeriön työryhmien muistioita* 5: 1997.

Tutkimusedellytystyöryhmä 98:n muistio (1998). *Opetusministeriön työryhmien muistioita* 17: 1998.

Tutkimus- ja kehittämisrahoitus valtion talousarviossa vuonna 1996 (1995). *Suomen Akatemian julkaisuja* 10/95.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1996 (1997). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1997: 3.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997 (1998). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1998: 5.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997. Taulukot (1999). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1999: 1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta Suomessa 1998 (1999). *Tilastokeskus, Tiede, teknologia ja tutkimus* 1999: 2.

Valtion tutkimukseen osoittaman lisärahoituksen tuloksellisuuden arviointi. Asiantuntijaryhmän ensimmäinen väliraportti (1999). Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (Sitara), Helsinki. (julkaisematon selvitys)

*Yliopistot 1998* (1999). Opetusministeriö, Helsinki.

Ziman, John (1994). *Prometheus Bound. Science in a Dynamic Steady State*. Cambridge University Press, Cambridge.

#### **MUUTA AINEISTOA:**

Mäkelä, Tarja / Kansainvälisen henkilövaihdon keskus CIMO (1999). Tutkijanvaihtotilastot vuosilta 1995–1998 ja apurahojen kokonaismäärä. Tiedonanto 17.11.1999.

Suomen Akatemian vuosikertomuksia, toimintakertomuksia, käyttösuunnitelmia, strategia-asiakirjoja, Akatemian hallituksen ja toimikuntien pöytäkirjoja sekä työryhmien muistioita vuosilta 1990–2000.

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, Teknologian kehittämiskeskuksen ja Nokian vuosikertomuksia vuosilta 1995–1998.

### **LUKU 3**

Alestalo, Marja (1991). Science and politico-economic system. Social change, transformation of political structures, and the social value of Science. *Suomen Akatemian julkaisuja* 2/91.

Alestalo, Marja (1993). The rise of neo-liberalism in Finland. From the politics of equal opportunity to the search for scientific excellence. *Science Studies* 6: 2, 35–47.

Allardt, Erik (1997). Tieteellisen työskentelyn muutokset ja nykyisen tiedepolitiikan vaarat. *Tiedepolitiikka* 4/97, 5–11.

Dahllöf, Urban, John Goddard, Jussi Huttunen, Chris O'Brien, Ola Román & Ilkka Virtanen (1999). Towards the Responsive University. The Regional Role of Eastern Finland Universities. *Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja* 8: 1998.



## Sisällys

- Education at a Glance. OECD Indicators. Education and Skills* (2000). OECD, Paris.
- European Commission. Second European Report on S&T Indicators 1997* (1997). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- General report. Gaps in technology* (1971). OECD, Paris.
- Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott & Martin Trow (1994). *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage, London.
- Global research village* (1999). OECD, Paris.
- Government and allocation of resources to science* (1966). OECD, Paris.
- Helsingin yliopiston tutkimuspoliittinen ohjelma 1998 (1998). *Helsingin yliopiston toimikuntien mietintöjä ja selvityksiä* 73.
- Husso, Kai & Seppo Kangaspunta (1999). Innovaatiojärjestelmä ja tutkimuksen kaupallistaminen: keskustelua OECD:n piirissä. *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 95: 3, 577–589.
- Häikiö, Martti & Eva Hänninen-Salmelin (1979). Tiedepolitiikka tienhaarassa. *Korkeakoulu- ja tiedepoliittisen tutkimussäätiön julkaisusarjan raportteja* 27.
- Hämäläinen, Kauko & Sirpa Moitus (1998; toim.). Laatussa korkeakoulutukseen. Teoriaa ja käytäntöä. *Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja* 6: 1998.
- Häyrinen-Alestalo, Marja (1999). The University under the Pressure of Innovation Policy – Reflecting on European and Finnish Experiences. *Science Studies* 12: 1, 44–69.
- Industry and university. New forms of co-operation and communication* (1984). OECD, Paris.
- Jauho, Erkki (1999). Yliopistot – Eurooppalaisuuden symbolit. *Kaleva* 21.10.1999.
- Karlsson, Fred (1999). Tiedekunnat remonttiin? *Yliopistolainen* 5/99, 2.
- Katsaus 2000: tiedon ja osaamisen haasteet* (2000). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.
- Kaukonen, Erkki (1987). Institutional transformation of Finnish science and science policy. *Teoksessa* Stolte-Heiskanen, Veronica (toim.): Science policy studies from a small country perspective. *Suomen Akatemian julkaisuja* 5/1987, 17–41.
- Kilpailu ja yhteistyö: Suomen Akatemian tiedepolitiikan linja 1998–2000 (1998). *Suomen Akatemian julkaisuja* 7/98.
- Leppälahti, Ari (1998). Innovaatiotutkimus 1996. *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1998: 3.
- Malkki, Pertti (1999). Strategia-ajattelu yliopistojen johtamisessa. Neljän yliopiston hallituksen jäsenten käsitykset strategia-ajattelun keskeisistä alueista. *Kuopion yliopiston julkaisuja E, Yhteiskuntatieteet* 75.
- Managing Innovation Systems* (1999). OECD, Paris.
- Nyyssölä, Kari & Taina Saarinen (1997; toim.). Näkökulmia korkeakoulujen tuloksellisuuteen. *Turun yliopiston Koulutussosiologian tutkimuskeskuksen raportti* 41.
- OECD Ministers Talk about Science and Technology for Economic Growth and Social Development* (1988). OECD, Paris.
- OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 1999. Benchmarking Knowledge-based Economies* (1999). OECD, Paris.



- Paunio, Keijo (1999). Yliopistojen henkistä pääomaa varjeltava. *Helsingin Sanomat* 22.11.1999.
- Puttonen, Maarit & Arja Tuusvuori (1998). Akateeminen kysymys (Auli Hakulisen, Juha Sihvolan, Juha Siltalan ja Arto Mustajoen keskustelu). *Yliopisto* 16/98, 6–13.
- Raatikainen, Panu & Heikki Tunkkari (1991). *Nopeammin, tehokkaammin, tuloksellisemmin – tiedepolitiikka 1990-luvulla?* Gaudeamus, Helsinki.
- Raivio, Kari (1998). Yliopisto ja markkinoiden näkymätön käsi. *Yliopisto* 13/98, 5–7.
- Reviews of national science and technology policy: Finland* (1987). OECD, Paris.
- Räty, Teuvo (1996). Tehokkaasti tiedon ja osaamisen Suomeen – ohjausta vai legitimaatiota? *Teoksessa* Helenius, Börje, Esa Hämäläinen & Juha Tuunainen (toim.): *Kohti McDonald's-yliopistoa? Näkökulmia suomalaiseen korkeakoulu- ja tiedepolitiikkaan*, 209–245. Tammi, Helsinki.
- Seppälä, Esko-Olavi (2000). Tiede- ja teknologiapolitiikka 2000-luvulle tultaessa. *Acatii-mi* 1/2000, 10–12.
- Siltanen, Pekka (1999). Säästömyllyn vaikutukset pelottavat Oulun yliopistossa. *Kaleva* 6.12.1999.
- Skyttä, Kyösti (1975). *Akatemiataistelu 1945–1948. Kirja sodanjälkeisestä Suomesta*. Werner Söderström, Porvoo.
- Suomen Akatemian toimintalinjat 1988* (1988). Suomen Akatemia, Helsinki.
- Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* (1996). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.
- Suunta 1993: Suomen Akatemian tavoitteet ja strategia* (1993). Suomen Akatemia, Helsinki.
- Taustaraportti korkeakoulupolitiikan maatutkintaa varten (1993). *Opetusministeriö, Koulutus- ja tiedepolitiikan linjan julkaisusarja* 10.
- Technology, Productivity and Job Creation: Best policy practices* (1998). OECD, Paris.
- The Response of Higher Education Institutions to Regional Needs* (1999). OECD, Paris.
- Tiedon ja osaamisen Suomi: kehittämisstrategia* (1993). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.
- Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1991. Tilastotiedotteen *Tiede ja teknologia* 1993: 1 liite-  
taulukot (1993). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1993: 1.
- Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1995. Taulukot (1997). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia*  
1997: 1.
- Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997. Taulukot (1999). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia*  
1999: 1.
- Tutkimusedellytystyöryhmä 98:n muistio (1998). *Opetusministeriön työryhmien muistioita*  
17: 1998.
- University research in transition* (1998). OECD, Paris.
- Valtiontilintarkastajain kertomus vuodelta 1997* (1998). Eduskunta, Helsinki.
- Valtiontilintarkastajain kertomus vuodelta 1998* (1999). Eduskunta, Helsinki.

## Sisällys

Valtion tutkimukseen osoittaman lisärahoituksen tuloksellisuuden arviointi. Asiantuntijaryhmän ensimmäinen väliraportti (1999). Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (Sitra), Helsinki. (julkaisematon selvitys)

Vähäpassi, Anne & Sirpa Moitus (1999; toim.). Korkeakoulut alueidensa vetureina. Vii si näkökulmaa vaikuttavuuteen. *Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja 2*: 1999.

Yliopistojen perusrahoituksen turvaaminen lainsäädännöllä vuoden 2000 jälkeen (1999). *Opetusministeriön työryhmien muistioita 30*: 1999.

Yliopistojen tulosohjauksen kehittäminen. Yliopistolaitoksen tulosohjauksen kehittämistyöryhmän loppuraportti (1996). *Opetusministeriön työryhmien muistioita 36*: 1996.

### MUUTA AINEISTOA:

Yliopistojen antamat lausunnot Tutkimusedellytystyöryhmä 98:n muistiosta (*Opetusministeriön työryhmien muistioita 17*: 1998).

## LUKU 4

Aaltonen, Mika (1998). Academic Entrepreneurship, Technology Transfer and Spin-offs Companies in Different European Regions – Comparisons and Best Practices. *Turun kauppakorkeakoulu, Yritystoiminnan tutkimus- ja koulutuskeskuksen julkaisuja A 1/1998*.

Anttila, Eija-Hilkka (1999). Yliopistot ryhtymässä vetureiksi itäisen Suomen kehittämisessä. *Etelä-Saimaa 17.12.1999*.

Arundel, A., G. van de Paal & L. Soete (1995). *PACE Report: Innovation Strategies of Europe's Largest Industrial Firms*. European Commission, Luxembourg.

Beise, Marian & Harald Stahl (1999). Public research and industrial innovations in Germany. *Research Policy 28*: 4, 397–422.

Bonaccorsi, Andrea & Andrea Piccaluga (1994). A theoretical framework for the evaluation of university–industry relationships. *R&D Management 24*: 3, 229–247.

Brooks, Harvey (1994). The relationship between science and technology. *Research Policy 23*: 5, 477–486.

Cohen, Wesley (1995). Empirical Studies of Innovative Activity. *Teoksessa Stoneman, Paul (toim.): Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, 182–264. Blackwell, London.

David, Paul A. (1997). From market magic to calypso science policy. A review of Terence Kealey's *The Economic Laws of Scientific Research*. *Research Policy 26*: 2, 229–255.

Edelman, Tom, Tuomas Mylly & Katariina Rajala (1998). Immateriaalioikeudet tutkijan kannalta. *Teoksessa Saarnilehto, Ari (toim.): Tutkijan oikeudet ja velvollisuudet*, 21–56. Werner Söderström Lakitieto, Helsinki.

*Eurostat, Statistics in Focus: Research and Development 1998: 2* (1998). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Faulkner, Wendy, Jacqueline Senker & Léa Velho (1995). *Knowledge Frontiers. Public Sector Research and Industrial Innovation in Biotechnology, Engineering Ceramics, and Parallel Computing*. Clarendon, Oxford.

Griliches, Zvi (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature 28*, 1661–1707.

- Grupp, H., G. Münt & U. Schmoch (1995). *Wissenintensive Wirtschaft und Ressourcenschonende Technik: Parts D and E. Report to the BMBF. FhG-ISI, Karlsruhe.*
- Haukkasalo, Arja (1998). Nokia ylivoimainen patenttien hakija. *Tekniikka & Talous* 29.1.1998, 6.
- Helo, Tuomo & Juha Hedman (1996). Korkeakoulujen tuotokset tuotantopanoksena. Alueellisen ja tehdasteollisuuden toimialoittainen tarkastelu. *Turun yliopisto, Koulutusso-siologian tutkimuskeskuksen raportteja* 37.
- Hicks, D. (1992). Instrumentation, Interdisciplinary Knowledge and Research Performan-ce in Spin Glass and Superfluid Helium Threes. *Science, Technology and Human Values* 17, 180–204.
- Hicks, D., T. Ishizuka, P. Keen & S. Sweet (1994). Japanese co-operation, scientific rese-arch and globalization. *Research Policy* 23: 4, 375–384.
- Hicks, D. & J. S. Katz (1997). The changing shape of British science. *Science Policy Rese-arch Unit, University of Sussex, STEEP special report* 6.
- Huippuosaaminen yhteiseksi eduksi* (1999). Suomen Teknologiakeskusten liiton (TEKEL) esite.
- Husso, Kai (1993). *Teknologian diffuusio: Tietotekniikan kehittämissuunnitelman tekoälyprojekti diffuusion näkökulmasta*. Tekes, Helsinki.
- Husso, Kai (1998). Laiska tiede, kovat arvot: suomalainen maantiede bibliometriikan näkökulmasta. *Terra* 110: 1, 27–36.
- Husso, Kai & Seppo Kangaspunta (1999). Innovaatiojärjestelmä ja tutkimuksen kau-pallistaminen: keskustelua OECD:n piirissä. *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 95: 3, 577–589.
- Husso, Kai & Markku Virtaharju (1999). Teknologian soveltaminen ja siirto 1998. *Tilas-tokeskus, Tiede, teknologia ja tutkimus* 1999: 1.
- Jakkula, Olavi (1999). Korkeakoulut alueidensa vetureina (teoksen ”Korkeakoulut alu-eidensa vetureina. Viisi näkökulmaa vaikuttavuuteen” arvio, ks. viite Vähäpassi, Anne & Sirpa Moitus 1999; toim.). *Tiedepolitiikka* 3/99, 52–54.
- Jyrkinen, Seppo (1992). Patentoitujen keksintöjen taloudellinen hyöty. *Teknillistieteelliset Akatemit* 1992: 1.
- Kivi-Koskinen, Timo (1999). Teollisoikeudet pienen ja keskisuuren yrityksen kilpailukei-nona. *Tekes, Kansainvälisten verkostojen raportti* 2/98.
- Kline, S. J. & N. Rosenberg (1986). An Overview of Innovation. *Teoksessa* Landau, R. & N. Rosenberg (toim.): *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, 275–305. National Academy Press, Washington, DC.
- Koulutus & tutkimus 2000. Koulutuksen ja korkeakouluissa harjoitettavan tutkimuksen kehittä-missuunnitelma vuosille 1995–2000* (1995). Opetusministeriö, Helsinki.
- Kyläheiko, Kalevi (1999). Miten kehittyä alueellisesti vastaanottavaiseksi korkeakou-luksi? *Teoksessa* Vähäpassi, Anne & Sirpa Moitus (toim.): *Korkeakoulut alueidensa vetu-reina. Viisi näkökulmaa vaikuttavuuteen. Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisu* 1999: 2, 34–52.

## Sisällys

- Lahdentausta, Petri (1988). Lääketieteellisen tekniikan tuotteiden kehittäminen kansainvälisille markkinoille. *Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahaston (Sitra) julkaisuja B 94*.
- Lajunen, Lauri H. J. (1996). Yliopistot alueidensa kehittämisen vetureina – esimerkkinä Oulun yliopisto. *Teoksessa* Neittaanmäki, Pekka (toim.): *Muutos tieteen maailmassa. Tutkimus, tiede ja yliopistot 2010*, 220–229. Atena, Jyväskylä.
- Lampola, Markku (1998). Tutkimussopimuksessa sovittavat asiat. *Teoksessa* Saarnilehto, Ari & Tom Edelman (toim.): *Tutkimussopimus*, 55–83. Werner Söderström Lakitieto, Helsinki.
- Lee, Yong S. (1996). 'Technology transfer' and the research university: a search for the boundaries of university–industry collaboration. *Research Policy* 25: 6, 843–863.
- Lemola, Tarmo (1990). Teknologiapolitiikan muuttuva maisema. *Teoksessa* Lemola, Tarmo, Torsti Loikkanen, Raimo Lovio, Reijo Miettinen & Pentti Vuorinen (toim.): *Teknologiatutkimuksen näkökulmia ja tuloksia*, 87–112. *Tekesin julkaisuja* 25/90.
- Lindqvist, Riitta (1999). Kuopion yliopiston rehtori: yliopistot haluavat osansa keksintötuloista. *Tekniikka & Talous* 26.8.1999, 30.
- Mainio, Tapio (1999). Oulun kasvu jatkuu rajuna. *Helsingin Sanomat* 21.11.1999.
- Main Science and Technology Indicators 1998/1* (1998). OECD, Paris.
- Main Science and Technology Indicators 1999/2* (1999). OECD, Paris.
- Mansfield, Edwin (1991) Academic research and industrial innovation. *Research Policy* 20: 1, 1–12.
- Mansfield, Edwin (1998). Academic research and industrial innovation: an update of empirical findings. *Research Policy* 26: 7/8, 773–776.
- Martin, Ben, Ammon Salter, Diana Hicks, Keith Pavitt, Jacky Senker, Margaret Sharp & Nick von Tunzelmann (1996). *The Relationship Between Publicly Funded Basic Research and Economic Performance. Report prepared for HM Treasury*. Science Policy Research Unit, University of Sussex.
- Meyer-Krahmer, Frieder & Ulrich Schmoch (1998). Science-based technologies: university–industry interactions in four fields. *Research Policy* 27: 8, 835–851.
- Miettinen, Reijo, Janne Lehenkari, Mervi Hasu & Jukka Hyvönen (1999). Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkoissa. *Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran julkaisuja* 226.
- Mowery, David (1998a). Collaborative R&D: How Effective Is It? *Issues in Science and Technology*, Fall 1998, 37–44.
- Mowery, David (1998b). The U.S. National Innovation System and International S&T Policy. OECD:n ”Innovation Systems – Growth Engines for the 21st Century” -konferenssin (19.–20.11.1998, Sydney, Australia) moniste.
- Mowery, David, Richard R. Nelson, Bhaven N. Sampat & Arvids A. Ziedonis (1998). The Effects of Bayh-Dole on US University Research and Technology Transfer. OECD:n ”Commercialisation of Government-funded Research” -seminaarin (25.11.1998, Canberra, Australia) esitelmäpaperi.

- Narin, Francis & Dominic Olivastro (1992). Status report. Linkage between technology and science. *Research Policy* 21: 3, 237–249.
- Narin, Francis, Kimberly S. Hamilton & Dominic Olivastro (1997). The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy* 26: 3, 317–330.
- National Science Board, Science and Engineering Indicators 1998* (1998). National Science Foundation, Arlington, VA.
- Nelson, Richard R. (1982). The role of knowledge in R&D efficiency. *Quarterly Journal of Economics* 97, 453–470.
- Nivalainen, Satu (1999). Soveltavien luonnontieteiden kehittämisen vaikutuksia arviointiin Jyväskylässä. *Yliopistotieto* 1/99, 35–37.
- OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 1999. Benchmarking Knowledgebased Economies* (1999). OECD, Paris.
- Okubo, Yoshiko (1997). Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples. *OECD, STI Working Papers* 1997/1.
- Opetusministeriön toiminta- ja taloussuunnitelma 2001–2004 (2000). Opetusministeriö, Helsinki. 20.1.2000. <<http://www.minedu.fi/toim/tts.html>>
- Osaamiskeskusohjelma 1999–2006* (1999). Ohjelmaa esittelevä tietopaketti. Sisäasiainministeriö, Helsinki.
- Patel, Parimal & Keith Pavitt (1995). Patterns of Technological Activity: Their Measurement and Interpretation. *Teoksessa* Stoneman, Paul (toim.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, 14–51. Blackwell, London.
- Patent counts as indicators of technology output (1999). OECD document DSTI/EAS/STP/NESTI(99)5. (julkaisematon)
- Pavitt, Keith (1991). What makes basic research economically useful? *Research Policy* 20: 2, 109–119.
- Pavitt, Keith (1998). Do patents reflect the useful research output of universities? *Research Evaluation* 7: 2, 105–111.
- Persson, Olle, Terttu Luukkonen & Sasu Hälikkä (2000). A Bibliometric Study of Finnish Science. *VTT, Group for Technology Studies, Working Paper* 48: 00.
- Reinboth, Susanna (2000). Liikemaaailma alkanut vaatia tutkimustulosten salailua. *Helsingin Sanomat* 27.3.2000.
- Report on Enhancing Industry-University Co-operative Research Agreements* (1995). Industrial Research Institute, University Relations Committee, Washington, DC.
- Rosenberg, Nathan (1992). Scientific instrumentation and university research. *Research Policy* 21: 4, 381–390.
- Rosenberg, Nathan & Richard R. Nelson (1994). American universities and technical advance in industry. *Research Policy* 23: 3, 323–348.
- Saarinen, Ari (1999). Yliopistojen panostusten vaikutuksista tuotannolliseen toimintaan. *Yliopistotieto* 2/99, 41–47.
- Senker, J. & P. Senker (1997). Academic-industry link. Implications of industrial relationship for universities: A case study of the UK Teaching Company Scheme. *Science and Public Policy* 24: 3, 173–182.

## Sisällys

Shohet, S. & M. Prevezer (1996). UK biotechnology: institutional linkages, technology transfer and the role of intermediaries. *R&D Management* 26: 3, 283–298.

*Suomi: tiedon ja osaamisen yhteiskunta* (1996). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.

Technopolis Oulu – Technopolis-konsernin internet-palvelu (2000). Huhtikuu 2000. <<http://www.sciencepark.com/fi/technopolis>>

Valtion tutkimukseen osoittaman lisärahoituksen tuloksellisuuden arviointi. Asiantuntijaryhmän ensimmäinen väliraportti (1999). Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (Sitra), Helsinki. (julkaisematon selvitys)

Virtanen, Ilkka (1998). Itä-Suomen yliopistot. Alueellisen roolinsa tiedostavia ja alueensa kehittämiseen panostavia kansainvälisiä tiedelaitoksia? *Yliopistotieto* 3/98, 23–26.

Vähäpassi, Anne & Sirpa Moitus (1999; toim.). Korkeakoulut alueidensa vetureina. Viisi näkökulmaa vaikuttavuuteen. *Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisuja* 2: 1999.

Wallenius, Asta (1992a). Yrityksen patenttitoiminta. *Teoksessa* Wallenius, Asta (toim.): *Patenttijärjestelmän merkitys kansantaloudessa ja teollisuuspolitiikassa*, 83–113. Valtion Painatuskeskus, Helsinki.

Wallenius, Asta (1992b). Patenttitoiminta ja sen vaikutukset haastatelluissa suomalaisyrityksissä. *Teoksessa* Wallenius, Asta (toim.): *Patenttijärjestelmän merkitys kansantaloudessa ja teollisuuspolitiikassa*, 159–228. Valtion Painatuskeskus, Helsinki.

Wilhelmsson, Thomas (1999). Onko vaikuttavuudella väliä? *Yliopisto* 24/99, 3.

# LIITE 1.

## Bibliometriikka tieteellisen toiminnan kuvaajana

*Kai Husso ja Maija Miettinen*

Arviointitoiminnan nopea kasvu viime vuosina on synnyttänyt tarpeen ottaa käyttöön erilaisia tutkimuksen määrää, tasoa ja vaikuttavuutta kuvaavia mittareita. Tästä hyvänä esimerkkinä on bibliometrinen tiedeindikaattoreiden käyttö, joka on lisääntynyt niin tiedehallinnossa kuin yliopistoissakin. Bibliometrisiä indikaattoreita ja menetelmiä on käytetty jo pitkään erityisesti lääketieteessä, jossa ne ovat nykyisin varsin yleisesti tunnettuja ja hyväksytyjä (ks. Nikkari 1995; Nieminen ym. 1995).

Bibliometriikka on kvantitatiivista formaalin tieteellisen viestinnän tutkimusta, joka kohdistuu tutkimuskirjallisuuteen. Sen tavoitteena on analysoida ja mallintaa tieteen ja teknologian kehitystä (ks. Kärki & Kortelainen 1996: 1, 7). Tieteellisen julkaisemisen ja viestinnän tutkimuksen menetelmiä alettiin kehittää 1920-luvulla informaatiotutkimuksen ja kirjastotieteiden aloilla. Tarkoituksena oli alun perin luoda välineitä, joiden avulla tieteellisten kirjastojen käyttöä, kattavuutta ja riittävyttä voitiin selvittää. Bibliometriikkaan perustuva tutkimus alkoi lisääntyä voimakkaasti 1960-luvulla. Tämä johtui muun muassa julkaisutoiminnan frekvenssijakaumiin perustuvien matemaattisten mallien kehittymisestä. Bibliometriikan käyttöä vauhditti Derek J. de Solla Price (1963, 1965) tieteellisen toiminnan kasvua, mittaamista sekä viittauskäytäntöjä tarkastelevat tutkimukset. Vuonna 1963 Eugene Garfield perusti *Science Citation Index* -tietokannan, joka sisälsi aluksi julkaisu- ja viittaustietoja luonnontieteiden ja tekniikan alojen keskeisimmistä tieteellisistä lehdistä. Se mahdollisti laajojen analyysien tekemisen, ja siitä tuli yksi tärkeimmistä bibliometrinen tutkimusten lähdeaineistoista. Nykyisin yleisesti käytettyjä lähdeaineistoja ovat Yhdysvalloissa Philadelphiassa sijaitsevan Institute for Scientific Informationin (ISI) ylläpitämät tietokantamuotoiset viiteindeksit *Science Citation Index* (SCI; luonnontieteet, lääketieteet, tekniset tieteet), *Social Sciences Citation Index* (SSCI; yhteiskuntatieteet) ja *Arts & Humanities Citation Index* (AHCI; humanistiset tieteet).

Bibliometriset tiedeindikaattorit ovat numeerisessa muodossa esitettyjä tieteellistä julkaisutoimintaa kuvaavia mittareita. Ne pohjautuvat bibliometriikan osa-alueisiin, joita ovat julkaisu-, viittaus- ja lähdeanalyysit. Julkaisuanalyysissä on pääasiassa kysymys tieteellisissä lehdissä ilmestyneiden artikkeleiden ja niiden määrien tarkastelusta sekä eri tutkijoiden, laitosten tai alojen välisen yhteistyön kartoittamisesta. Viittausanalyysissä käsitellään yleensä julkaisujen saamia viittauksia ja niiden ominaisuuksia. Sen avulla voidaan tutkia julkaisujen tai kirjoittajien saamaa huomiota sekä sitä, millä maantieteellisiltä alueilta tai tieteenaloilta viittaukset tutkittuihin julkaisuihin kertyvät. Lähdeanalyysissä on puolestaan kysymys lähteiden määrän ja ominaisuuksien sekä bibliografisten kytkentöjen tarkastelusta (ks. Kärki & Kortelainen 1996: 5–24).

Viittauskerroin (*impact factor*) kuvastaa tieteellisessä aikakauslehdessä ilmestyneiden artikkelien saamaa keskimääräistä viittausten määrää vuodessa. Se lasketaan jaka-



## Sisällys

malla kahtena edellisenä vuonna lehdessä julkaistujen artikkelien saamien viittausten määrä artikkelien määrällä. Esimerkiksi ISI:n tietokannoissa vuoden 1999 viittauskerroin lasketaan lehdelle siten, että vuosina 1997 ja 1998 julkaistujen artikkelien vuonna 1999 saamat viittaukset jaetaan artikkelien määrällä. Eri tieteenalojen lehtien viittauskertoimet voivat poiketa merkittävästi toisistaan. Tämä selittyy muun muassa alojen erilaisesta reagoitinopeudesta uuteen kirjallisuuteen, julkaisujen ”elin- iästä” sekä eroista julkaisu- ja viittauskäytännöissä. Myös tutkijayhteisön koko ja tutkimusalueiden heterogeenisuus vaikuttavat suuresti siihen, kuinka paljon julkaistaan, missä sarjoissa julkaistaan ja kuinka paljon artikkelit saavat viittauksia. Siksi eri alojen tutkimuksen tasoa ei pitäisi vertailla lehtien viittauskertoimien perusteella, eikä niiden pohjalta voida sanoa mitään alojen välisistä tutkimuksen laatueroista.

Viittauskertoimen synonyyminä on myös käytetty vaikuttavuuskerrointa. Tätä on perusteltu sillä, että viittausten määrän on katsottu ilmaisevan julkaisun näkyvyyttä ja vaikutusta alan tutkimukseen. On kuitenkin korostettava, että kaikki kansainvälisissä referoiduissa sarjoissa ilmestyneet artikkelit eivät välttämättä ole korkeatasoisia ja merkittäviä. Toisaalta myös muissa sarjoissa ilmestyneet tutkimukset voivat olla laadukkaita ja niiden vaikutus alan tutkimustoimintaan huomattava.

Julkaisu- ja viittausanalyysiin perustuvat bibliometriset tiedeindikaattorit soveltuvat parhaiten maakohtaisiin ja kansainvälisiin koko tieteellisen julkaisutoiminnan tai tietyn tieteenalan julkaisujen tarkasteluihin. Niitä voidaan käyttää apuna myös saman tieteenalan tai tutkimusalueen eri laitosten tai tutkijaryhmien tuloksellisuuden analysoinnissa ja vertailussa. Bibliometrinen analyysi on kuitenkin rajallinen. Julkaisu- ja viittausmäärien tarkastelu ei suoraan sovellu esimerkiksi yliopistojen, tiedekuntien, eri alojen laitosten tai tieteenalojen keskinäiseen tuloksellisuus- ja vaikuttavuusvertailuun tai muuhun vastaavaan analyysiin. Bibliometrinen tulosten perusteella ei myöskään pitäisi asettaa eri alojen tutkimusprojekteja, tutkimusryhmiä tai tutkijoita paremmuusjärjestykseen tai tehdä tutkimushankkeita koskevia rahoituspäätöksiä (ks. Luukkonen 1995: 57–58; Kärki & Kortelainen 1996: 75–77; Suomen tieteen... 1997: 74–76). Jos esimerkiksi tutkimustoiminnan määrän ja laadun arvioinnissa eri tieteenalojen bibliometrisiä mittareita verrataan suoraan toisiinsa, vaarana on, että alojen erityisominaisuudet jäävät huomioimatta. Mittareiden kritiikitön käyttö arvioinneissa voi johtaa virheellisiin päätelmiin.

Tieteen sisäinen monimuotoisuus näkyy niin tieteenalojen kuin tutkimusalojenkin välisinä sosio-kognitiivisina ja organisatorisina eroina. Alat poikkeavat toisistaan muun muassa seuraavissa seikoissa (ks. Luukkonen 1992, 1994, 1997; Stolte-Heiskanen 1992; Kaukonen 1996; Kärki & Kortelainen 1996; Abbott 1996):

- tutkijayhteisön koko ja voimavarat
- tutkimuskohteet ja -ongelmat sekä alan tutkimusalueiden heterogeenisuus
- tutkimusaineistot ja niiden keruu
- tutkimusvälineet
- tutkimuksen teoreettiset ja metodologiset perusteet sekä lähestymistavat
- tutkimustyön organisointi ja institutionaaliset rakenteet
- julkaisu- ja viittauskäytännöt
- julkaisurakenne



- tutkimuksen kansallinen ja kansainvälinen suuntautuminen sekä niiden välinen suhde
- tutkimuksen julkisuus
- tutkimuksen kohdeyleisö.

Kansainvälisten viitetietokantojen, kuten ISI:n ylläpitämien viiteindeksien, käyttökel-  
poisuuden yksi keskeisiä rajoituksia on se, että yhdysvaltalaiset ja yleensäkin englan-  
ninkieliset lehdet ovat niissä selkeästi yliedustettuna. Esimerkiksi vuonna 1997 ISI:n vii-  
tetietokannoissa oli mukana vain 15 suomalaista tieteellistä aikakauslehteä. Näistä  
yhteiskuntatieteellisiä oli vain yksi, *Ekonomiska Samfundets Tidskrift*. Tietokantojen kan-  
sainvälisyys on siten suhteellisen kapea-alaista ja vinoutunutta. Ne kuvaavatkin pää-  
asiassa tieteellistä julkaisuutoimintaa ja tutkimuksen näkyvyyttä anglo-amerikkalaises-  
sa tiedeyhteisössä. Varsinkin yhteiskuntatieteellisen ja humanistisen tutkimuksen kan-  
nalta viitetietokantojen sisällölliset rajoitukset ovat ongelma. Näillä aloilla tutkimus-  
kohteet ja -ongelmat ovat usein kansallisia, eikä tutkimuksella siten ole välttämättä  
suurta kansainvälistä kiinnostusta. Esimerkiksi yhteiskuntatieteissä tutkimuksen kan-  
salliset intressit ja perinteet ovat hyvin voimakkaat. Tutkimukset julkaistaan suureksi  
osaksi maan omalla kielellä ja kotimaisissa tieteellisissä kausijulkaisuissa tai raportti-  
sarjoissa. On myös korostettava, että kotimaassa julkaistut monografiat ja kokooma-  
teokset voivat olla eräissä tapauksissa tutkimusalueen kehityksen ja tutkimuksen vai-  
kuttavuuden kannalta merkittävämpiä kuin kansainvälisissä ennakkotarkastetuissa  
lehdissä julkaistut artikkelit. Kotimaisen tutkimuksen merkitystä kuvaa hyvin se, että  
varsinkin yhteiskuntatieteissä tutkijat viittaavat suhteellisesti enemmän omassa maas-  
sa tehtyyn tutkimukseen, kuin maan osuus maailman julkaisuutoiminnasta edellyttäisi  
(Brittain 1984; Frame & Narin 1988; Luukkonen 1997: 197).

Yhteiskuntatieteistä poiketen lääke- ja luonnontieteellisessä tutkimuksessa tarkastel-  
laan usein universaaleja kysymyksiä, joilla on myös laajaa kansainvälistä kiinnostus-  
ta. Näillä aloilla tutkimus perustuu suurelta osin monenkeskiseen yhteistyöhön. Tä-  
män myötä yhteisjulkaisuja on huomattavasti muita aloja enemmän ja julkaisujen  
määrä suurempi. Julkaisut ovat usein lyhyitä artikkeleja, joissa raportoidaan labora-  
toriotyöhön perustuvia empiirisiä tutkimustuloksia.

Bibliometriset tiedeindikaattorit eivät itsessään ole arvioinnin tuloksia. Keskeisintä  
on niiden tulkinta. Tärkeä kysymys julkaisu- ja viittausanalyysien tulosten tarkaste-  
lussa on aina se, mikä tulos on hyvä ja mikä huono. Luvut eivät suoraan sitä kerro,  
vaan ne on mahdollisuuksien mukaan suhteutettava muuhun tilastolliseen aineis-  
toon ja tulkittava siten, että tarkastellun kohteen luonne ja erityisominaisuudet ote-  
taan huomioon. Jos esimerkiksi halutaan tehdä suuntaa-antavia päätelmiä tieteelli-  
sen toiminnan tuottavuuden tasosta ja kehityksestä, on bibliometrinen tulosten tar-  
kastelussa otettava huomioon alan resurssit. Suhteuttamisen ongelmana on usein  
kuitenkin vertailukelpoisten tietojen puute ja tarkasteluajan pituus: tieteellisen toi-  
minnan tulokset ja niiden kokonaisvaikutukset voivat tulla esiin vasta vuosien pääs-  
tä siitä, kun työ on tehty. Julkaisun saamien viittausten kertymisaika voi olla hyvin  
pitkä. Tässäkin on selviä tieteenalakohtaisia eroja. Esimerkiksi lääketieteessä tai  
solu- ja molekyylibiologiassa julkaisut usein "vanhenevat" muutamassa vuodessa,  
kun taas yhteiskuntatieteissä on paljon kirjoituksia, joihin viitataan ahkerasti vielä  
yli 20 vuoden päästä ilmestymisestäään.

## Sisällys

Bibliometriset tiedeindikaattorit palvelevat tarkoitustaan parhaiten silloin, kun niitä käytetään asiantuntijoiden tekemien vertaisarviointien tukena. Bibliometriset mittarit ovat joustamattomia ja niiden objektiivisuus voi tapauskohtaisesti olla hyvin näennäistä. Siksi on korostettava, että vastuu niiden oikeasta käytöstä ja tulkinnasta on niin arviointien tekijöillä kuin käyttäjilläkin (ks. Glänzel & Schoepflin 1994; Kärki & Kortelainen 1996).

## Raportissa käytetyn aineiston kuvaus

### National Science Indicators on Diskette

Tutkimuksen tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta kuvaavat julkaisu- ja viittausmäärät on saatu ISI:n tekemästä *National Science Indicators On Diskette* -tiedostosta (NSIOD). Tietokanta mahdollistaa makrotason maa- ja tieteenalakohtaiset julkaisu- ja viittausanalyysit. Tämä tarkkuus katsottiin *Tieteen tila ja taso 2000* -raportin rajauksen kannalta riittäväksi. NSIOD-tiedostossa on maa- ja päätieteenalakohtaiset julkaisu- ja viittautustiedot vuosilta 1981–1999. Tiedostoon on indeksoitu noin 5 500 tieteellistä aikakauslehteä luonnontieteiden ja tekniikan aloilta sekä 1 800 yhteiskuntatieteellistä ja 1 200 taide- ja humanististen alojen lehteä. Kaikkiaan artikkeleita on noin 11 miljoonaa. Näistä noin 84 000 artikkelissa on suomalainen kirjoittaja.

NSIOD-tiedoston aineistosta on pääteltävissä, että julkaisutoiminta on keskittynyt 29:ään OECD-maahan. Tiedoston julkaisuista erittäin suuressa osassa on osallisena kirjoittajia OECD-maista. Yhdysvaltojen osuus on noin 38 prosenttia ja Ison-Britannian noin yhdeksän prosenttia. Euroopan maista kirjoittajia on noin 33 prosentissa julkaisuja. Pohjoismaiden osuus on noin neljä ja Suomen noin 0,8 prosenttia.

### NSIOD:n tieteenalaluokitus

NSIOD-tiedostosta on kaksi versiota. Standard-versiossa on 24 tieteenalaluokkaa ja Deluxe-versiossa 105 tieteenalaluokkaa. Jälkimmäisessä on standardista poiketen mukana myös humanistiset tieteet. Tieteenalaluokitus on NSIOD-tiedostossa lehtikohtainen: kaikki tietyssä lehdessä olevat artikkelit on luokitettu samaan luokkaan. Keskeisistä yleistieteellisistä lehdistä – *Science*, *Nature* ja *PNAS* – jokainen artikkeli on luokitettu erikseen sopivimmaksi katsotulle alalle. NSIOD-tiedoston julkaisutyypit ovat tieteelliset artikkelit, katsaukset, keskustelukirjoitukset ja huomautukset (notes) sekä konferenssi-julkaisut (proceedings). Kaikki on luokitettu tiedostossa artikkeleiksi.

ISI tuottaa viikoittain ilmestyvää Current Contents -julkaisua, joka sisältää tieteellisten aikakauslehtien sisällysluetteloita seuraavilta aloilta:

- Biotieteet (Life sciences)
- Kliininen lääketiede (Clinical medicine)
- Geotieteet (Physical, Chemical and Earth Sciences)
- Tekniset tieteet ja tietojenkäsittelytiede (Engineering, Technology & Computer Science)
- Maataloustieteet, biologia ja ympäristötieteet (Agriculture, Biology & Environmental Sciences)
- Yhteiskuntatieteet ja käyttäytymistieteet (Social & Behavioral Sciences).

Lehdet on ryhmitelty Current Contents -julkaisuissa tieteenalaluokkiin. Artikkelit yksittäisessä lehdessä on sijoitettu näihin luokkiin lehden mukaan. NSIOD-tiedoston laajemman version deluxe fields -kentät vastaavat Current Contentsin luokituksia. Standardin luokitus on karkeampi ja yhdistelty edellisistä. Taulukosta 1 selviää Standard- ja Deluxe-versioiden välinen yhteys ja eri alojen yhteenlasketut julkaisumäärät vuosilta 1981–1999.

### NSIOD-tiedoston käyttö

NSIOD:n avulla selvitetiin Suomen julkaisuprofiilia, julkaisuaktiivisuutta ja tutkimuksen kansainvälistä näkyvyyttä. Analyysissä rajauduttiin OECD-maihin, joihin kuuluvat sekä taloudellisesti että tutkimustoiminnaltaan merkittävimmät maat. Raportin yleisen osan tieteenalaryhmittely pääosin pohjautuu OECD:n käyttämään luokitteluun. Se jakautuu kuuteen päätieteenalaryhmään: luonnontieteet, tekniikka, lääke- ja hoitotieteet, maatalous- ja metsätieteet, yhteiskuntatieteet ja humanistiset tieteet. Toimikuntaraporttien tieteenalakohtaisissa analyyseissä on hyödynnetty tarkempaa luokitusta.

Hankaluuksia tuotti hieman se, miten parhaiten saadaan NSIOD:n Standard- tai Deluxe-version tieteenalaryhmittely vastaamaan OECD:n päätieteenalaluokittelua. Pääasiassa ryhmittely tehtiin NSIOD:n Standard-versiosta. Muutamassa yksityiskohdassa turvauduttiin Deluxen tarkempaan luokitteluun. Taulukosta 2 näkyy, miten NSIOD:n luokitus on mukautettu kuusiluokkaiseen päätieteenalaryhmittelyyn.

### Huomioitavaa tulkinnoissa

Tulkittaessa bibliometrisiä tiedeindikaattoreita on otettava huomioon aiemmin mainittujen tieteenalojen erojen ja muiden vastaavien seikkojen lisäksi seuraavia asioita:

- Pienen maan aineisto antaa helposti virheellisen käsityksen indikaattorin merkityksestä ja aikasarjat ovat epätasaisia. Jos esimerkiksi jossain maassa on julkaistu vain muutama julkaisu joltain tieteenalalta ja yhdenkin julkaisun saamien viittausten määrä on suuri, nostaa se maan koko alan viittauskertoimen suhteellisen suureksi.
- Julkaisutiedoissa on jonkin verran päällekkäisyyttä. NSIOD:ssa lehti on luokitettu yhteen tieteenalaluokkaan. Kuitenkin lehti saattaa olla relevantti useammalla tieteenalalla ja siksi se voi olla luokitettu useampaan seitsemästä Current Contents -sisällysluettelojulkaisusta. Koska NSIOD on koottu erillisistä Current Contents -tiedostoista, jotkut lehdet tulevat tiedostoon useampaan kertaan. Toinen syy päällekkäisyydelle on, että yhteisjulkaisun kirjoittajat ovat usein monesta maasta. Sama artikkeli lasketaan tällöin yhdeksi julkaisuksi kunkin maan tietoihin. Koska yhteisjulkaisujen analysointi ei ollut NSIOD:n avulla mahdollista, on raportissa tyydytty siihen olettamukseen, että päällekkäisyys on suunnilleen samanlaista kaikilla vertailtavilla mailla. Haut on tehty samalla tavalla kaikkien maiden osalta.

NSIOD on valmiiksi luokitettu tieteenaloittain ja on jäykkä uusille ryhmittelyille. Tämä on tiedoston sovelluskelpoisuutta rajoittava tekijä, varsinkin kun eri maissa ja organisaatioissa tieteenalat ja tieteenalaryhmät voidaan määritellä hyvin eri tavoin. Tieteen-

## Sisällys

alaryhmittelyn rajoituksista sekä niistä johtuvista yksinkertaistuksista ja epätarkkuuksista huolimatta tiedot soveltuvat kohtuullisen hyvin julkaisu- ja viittaussäärien pääkehityslinjojen kuvaamiseen ja analysointiin. Oleellista on silti tiedostaa aineiston ja sen analyysin reunaehdot.

## Kirjallisuus

- Abbott, A. (1996). Funding cuts put pressure on peer review. *Nature* 383: 17 October, 567.
- Brittain, J. M. (1984). Internationality of the social sciences: Implications for information transfer. *Journal of the American Society for Information Science* 35, 11–18.
- Frame, J. D. & F. Narin (1988). The national self-preoccupation of American scientists: An empirical view. *Research Policy* 17, 203–212.
- Glänzel, W. & U. Schoepflin (1994). Little scientometrics, big scientometrics ... and beyond? *Scientometrics* 30: 2/3, 375–384.
- Kaukonen, E. (1996). Tiedepolitiikka ja tutkimuksen arvioinnin ongelmat. *Teoksessa* Laukkanen, R. & K. Stenvall (toim.): Arviointi koulutus- ja tiedepolitiikassa. *Tampereen yliopiston hallintotieteiden laitoksen julkaisuja A 9*, 35–56.
- Kärki, R. & T. Kortelainen (1996). *Johdatus bibliometriikkaan*. Informaatiotutkimuksen yhdistys, Tampere.
- Luukkonen, T. (1992). Is scientists' publishing behavior reward-seeking? *Scientometrics* 24: 2, 297–319.
- Luukkonen, T. (1994). Viiteanalyysi ja tutkimuksen arviointi. *Signum* 27: 5, 130–132.
- Luukkonen, T. (1997). Arviointi ja yhteiskunta- ja humanististen tieteidenalojen julkaisu-toiminta. *Teoksessa* Suomen tieteen tila ja taso. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus. *Suomen Akatemian julkaisuja 8/97*, 196–200.
- Nieminen, P., A. Bloigu, J. Kukkonen & M. Isohanni (1995). Bibliometria lääketieteen tutkimuksen arvioinnissa. *Duodecim* 111, 134–143.
- Nikkari, T. (1995). Suomen lääketieteen tutkimus bibliometrian valossa. *Opetusministeriö, Korkeakouluneuvoston julkaisuja 5/1995*.
- Price, D. J. de Solla (1963). *Little science, big science*. Yale University Press, New Haven.
- Price, D. J. de Solla (1965). Networks of scientific papers: the pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. *Science* 149, 510–515.
- Stolte-Heiskanen, V. (1992). Research performance evaluation in the higher education sector: a grass-roots perspective. *Higher Education Management* 4: 2, 179–193.
- Suomen tieteen tila ja taso. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja 8/97*.

■ Taulukko 1. NSIOD:n tieteenalaluokitus Standard- ja Deluxe-versioissa.

STANDARD FIELDS Papers	DELUXE FIELDS
<b>Agricultural Sciences</b> 292 586	Agricultural Chemistry Agriculture / Agronomy Food Science / Nutrition
<b>Astrophysics</b> 123 579	Space Science
<b>Biology &amp; Biochemistry</b> 924 921	Biochemistry & Biophysics Biology, General Biotechnology & Applied Microbiology Endocrinology, Nutrition & Metabolism Experimental Biology Physiology
<b>Chemistry</b> 1 486 574	Chemical Engineering Chemistry & Analysis Chemistry Inorganic & Nuclear Chemistry Organic Chemistry / Polymer Science Physical Chemistry / Chemical Physics Spectroscopy / Instrumentation / Analytical Science
<b>Clinical Medicine</b> 2 498 812	Anesthesia & Intensive Care Cardiovascular & Hematology Research Cardiovascular & Respiratory Systems Clinical Immunology & Infectious Disease Clinical Psychology & Psychiatry Dentistry / Oral Surgery & Medicine Dermatology Endocrinology, Metabolism & Nutrition Environmental Medicine & Public Health Gastroenterology & Hepatology General & Internal Medicine Health Care Sciences & Services Hematology Medical Research, Diagnosis & Treatment Medical Research, General Topics Medical Research, Organs & Systems Neurology Oncogenesis & Cancer Research Oncology Ophthalmology Orthopedics & Sports Medicine Otolaryngology Pediatrics Pharmacology/Toxicology Radiology, Nuclear Medicine & Imaging Reproductive Medicine Research/Lab Medicine & Medical Technology Rheumatology Surgery Urology & Nephrology

## Sisällys

<b>STANDARD FIELDS</b> Papers	<b>DELUXE FIELDS</b>
<b>Computer Sciences</b> 101 531	Computer Science & Engineering Information Technology & Communications Systems
<b>Ecology / Environment</b> 234 514	Environment / Ecology
<b>Economics &amp; Business</b> 153 369	Economics Management
<b>Education</b> 48 600	Education
<b>Engineering</b> 717 509	Aerospace Engineering AI, Robotics & Automatic Control Civil Engineering Electrical & Electronics Engineering Engineering Management/General Engineering Mathematics Environmental Engineering / Energy Instrumentation / Measurement Mechanical Engineering Nuclear Engineering
<b>Geosciences</b> 280 118	Earth Sciences Geological, Petroleum & Mining Engineering
<b>Immunology</b> 179 021	Immunology
<b>Law</b> 35 230	Law
<b>Materials Science</b> 352 813	Materials Science & Engineering Metallurgy
<b>Mathematics</b> 184 051	Mathematics
<b>Microbiology</b> 258 141	Microbiology
<b>Molecular Biology &amp; Genetics</b> 285 611	Cell & Developmental Biology Molecular Biology & Genetics
<b>Multidisciplinary*</b> 188 666	Multidisciplinary
<b>Neurosciences</b> 394 371	Neurosciences & Behavior
<b>Pharmacology</b> 278 876	Pharmacology & Toxicology
<b>Physics</b> 1 232 158	Applied Physics / Condensed Matter / Materials Science Optics & Acoustics Physics
<b>Plant &amp; Animal Sciences</b> 758 268	Animal & Plant Sciences Animal Sciences Aquatic Sciences Entomology / Pest Control Plant Sciences Veterinary Medicine / Animal Health
<b>Psychology / Psychiatry</b> 315 949	Psychiatry Psychology

STANDARD FIELDS Papers	DELUXE FIELDS
<b>Social Sciences, General</b> 384 840	Communication Environmental Studies, Geography & Development Library & Information Science Political Science & Public Administration Public Health & Health Care Science Rehabilitation Social Work & Social Policy Sociology & Anthropology
<b>Arts &amp; Humanities categories</b> (tiedot löytyvät vain Deluxe-tietokannasta) 332 906	Archaeology Art & Architecture Classical Studies General History Language & Linguistics Literature Performing Arts Philosophy Religion & Theology

\* Multidisciplinary-luokassa ei ole mukana artikkeleita *Science*-, *Nature*- ja *PNAS*-lehdistä, vaan ne on kukin luokiteltu valmiiksi tieteenalaluokkiin.

## Sisällys

■ Taulukko 2. OECD:n käyttämän kuusiluokkaisen päätiiteenalaryhmittelyn ja NSIOD-tiedoston luokituksen vastaavuudet.

OECD:n käyttämä luokitus / NSIOD-tiedoston luokitus	
<b>Luonnontieteet</b>	Astrophysics
	Biology & Biochemistry
	Chemistry
	Computer Sciences
	Ecology / Environment
	Geosciences
	Mathematics
	Microbiology
	Molecular Biology
	Plant & Animal Sciences
	Physics
<b>Tekniikka</b>	Engineering
	Materials science
<b>Lääketieteet ja hoitotieteet</b>	Clinical Medicine
	Immunology
	Neuroscience
	Pharmacology
	Psychiatry (Deluxe)
<b>Maatalous- ja metsätieteet</b>	Agricultural Sciences
<b>Yhteiskuntatieteet</b>	Economics & Business
	Education
	Law
	Psychology (Deluxe)
	Social Sciences, general
<b>Humanistiset tieteet</b>	Arts & Humanities (Deluxe)



KY sisällys

Sisällys

# KULTTUURIN JA YHTEISKUNNAN TUTKIMUS



SUOMEN AKATEMIA

KULTTUURIN JA YHTEISKUNNAN  
TUTKIMUKSEN TOIMIKUNTA

Sisällys

KY sisällys

# Sisällys

<b>Johdanto</b> .....	133
<b>1 Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen tila</b> .....	135
1.1 Tutkimuksen asema ja vaikuttavuus .....	135
1.2 Tutkimuksen voimavarat .....	136
<b>2 Tieteenalojen rajat ylittävä tutkimus</b> .....	140
<b>3 Tutkimuksen kansainvälistyminen</b> .....	144
3.1 Kansallinen ja kansainvälinen vaikuttavuus .....	144
3.2 Kansainvälisen tutkimusyhteistyön muotoja .....	145
3.3 Tieteellinen julkaiseminen .....	149
<b>4 Tutkijakunta</b> .....	152
4.1 Perustutkinnosta tutkijanuralle .....	152
4.2 Tehostuva tutkijankoulutus .....	153
4.3 Sijoittuminen ammattitutkijaksi ja työelämään .....	157
<b>5 Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen haasteita ja kehittämissuhteita</b> .....	160
<b>Kirjallisuus</b> .....	162

Sisällys

KY sisällys

## Johdanto

Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta on tarkastellut raportissaan edustamiensa tieteenalojen kehitystä muutaman keskeisen teeman kautta. Tavoitteena on ollut humanististen ja yhteiskuntatieteiden näkökulmasta arvioida tieteenalojen rajat ylittävän tutkimuksen tilaa ja merkitystä, kansainvälistymisen suhdetta tutkimuksen kansallisiin tarpeisiin sekä tehostuneen tutkijankoulutuksen ja lisääntyvän tohtorikoulutuksen vaikutuksia ja seuraamuksia. Raportin loppuun on koottu nykyisen toimikunnan päätelmiä ja näkemyksiä humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen haasteista sekä ehdotuksia niihin vastaamiseksi.

Toimikunnan vastuualueeseen kuuluu 15 tieteenalaa, jotka jakautuvat useisiin tutkimusaloihin. Tieteenalakohtaisia huomioita sisältyy raportin eri kohtiin. Niiden tehtävänä on toimia esimerkkinä alojen yleisestä kehityksestä enemmänkin kuin paneutua yksittäisiin kysymyksiin. Eri tieteenalojen näkökulmat perustuvat toimikunnan jäsenten arvioon oman tieteenalansa muutoksista ja haasteista. Samanlaista arviota pyydettiin myös ulkopuolisilta asiantuntijoilta niiltä aloilta, jotka eivät ole edustettuina toimikunnassa. Raportin tilastoaineisto perustuu pääasiassa Tilastokeskuksen tutkimustilastoihin ja opetusministeriön KOTA-tietokannan tietoihin.

Edellisen Tieteen tila ja taso -raportin laatimisesta on kulunut kolme vuotta, mikä humanistisessa ja yhteiskuntatieteellisessä tutkimuksessa on lyhyt aika. Lyhyen seurantavälän vuoksi suuria muutoksia ei ole tapahtunut. Monet edellisen raportin päätelmistä ja suosituksista, jotka liittyvät rahoitukseen, tutkijakuntaan ja julkaisukäytäntöihin, ovat sen vuoksi yhä ajankohtaisia. Yksityiskohtaisempi arvio suositusten toteutumisesta ja toteutumattomuudesta sekä arvio tähän vaikuttaneista tekijöistä on sisällytetty raportin alalukuihin.

Viime kolmen vuoden aikana tapahtuneet suurimmat muutokset näkyvät tutkimuksen toimintaympäristössä. Tutkimuksen nykytilaan vaikuttavia rakenteellisia muutoksia ovat viime vuosina olleet muun muassa yliopistojen budjetin ulkopuolisen rahoituksen lisääntyminen, huippututkimuksen korostuminen, tutkimusohjelmien lisääntyminen sekä tutkijankoulutukseen ja tutkijanuraan panostaminen. Myös humanistista ja yhteiskuntatieteellistä tutkimusta säätelee entistä enemmän rahoittajien ja tutkimuspolitiikasta vastaavien tahojen tarve saada tuloksia ja vastinetta sijoituksille. Tulostavoitteiden painottaminen on tehostanut tutkimusta, mutta nopeiden tulosten vaatiminen ei aina sovi yhteen humanistis-yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen hitaiden prosessien kanssa. Kansainvälistyminen on edelleen syventänyt suomalaisen humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen näkökulmia ja tuonut siihen uusia aiheita.

Sisällys

KY sisällys

# 1 Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen tila

## 1.1 Tutkimuksen asema ja vaikuttavuus

Muuttuneen taloudellis-poliittisen ajattelun ja järjestelmän oloissa kehitys kohti tietoyhteiskuntaa on tuottanut ja tuottaa jatkuvasti tilanteita ja ongelmia, joiden tulkitsemisessa ja ratkaisemisessa humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tutkimuksella on keskeinen asema. Kyse voi olla suurista, koko yhteiskuntaa ravistelevista muutoksista, kulttuurin tuottamisen ja välittämisen uusista muodoista, sosiaalisten suhteiden muovautumisesta, kansainvälistymisen ja eurooppalaistumisen tavoitelluista ja odottamattomista seurauksista ja yksilöiden kokemus- ja elämismaailman ilmiöistä. Kehitys 1990-luvun aikana on ollut osittain ja aloittain niin nopeaa ja vaikutukset niin syväälle käyviä, että uuden vuosikymmenen ja -tuhannen alkua voidaan pitää kehityksen kannalta ratkaisevien haasteiden aikana myös kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen alojen kriittiselle ja rakentavalle tutkimukselle.

Koulutusyhteiskunta tarvitsee kaikille ikäryhmille päteviä opettajia ja koulutuksen asiantuntijoita, joiden kasvatustieteellisellä osaamisella on tärkeä merkitys. Kasvatustieteen ja psykologian antamaa tietoa tarvitaan myös oppimisympäristöjen kehittämisessä sekä koulutusjärjestelmän piirissä että sen ulkopuolella, erityisesti työelämässä. Hallinto- ja yhteiskuntatieteilijät kantavat keskeisen vastuun julkishallinnon toimivuudesta, taloustieteellinen osaaminen on välttämätöntä suomalaisen liiketoiminnan tason ja kilpailukyvyn ylläpitämiseksi nopeasti muuttuvilla kansainvälisillä markkinoilla. Oikeustieteilijät työskentelevät oikeuslaitoksen lisäksi monissa muissa koko suomalaisen yhteiskunnan kannalta keskeisissä tehtävissä. Historiallinen pitkän aikavälin tarkastelu ja eri kulttuuripiirien syvälinen tuntemus auttaa erottamaan olennaiset ilmiöt epäolennaisista ja ainutkertaisen tapahtuman ja ilmiön aikakaudelle tyypillisestä. Käsitksemme arvoista ja koko kulttuurinen ja henkinen itseymmärryksemme rakentuvat merkittävästi sille kulttuuriperinnölle, jota eri humanistiset ja teologiset tieteet tutkivat. Korkeatasoinen taiteellinen koulutus ja siihen liittyvä tutkimus ovat myös osa tätä kulttuuriperintöä ja sen kehitystä.

Suomen kansallinen kehittämisstrategia on 1990-luvulla perustunut tiedolle ja osaamiselle. Luotettavaa, tieteellisesti tutkittua tietoa tarvitaan yhteiskunnan kaikilla osa-alueilla. Humanistisella ja yhteiskuntatieteellisellä tutkimuksella on myös tietoyhteiskuntastrategiassa keskeinen asema, koska informaatio- tai muun teknologian tutkimus tarjoaa vain välineitä tiedon levittämiseksi ja sen tuottamiselle. Tietoyhteiskunnan kehitykseen keskeisesti vaikuttavat teknologian ja biotieteiden uudet menetelmät ja tulokset muuttavat peruuttamattomasti sekä yhteiskunnan toimintamalleja että maailmankuvaa. Tutkittua tietoa näiden saavutuksista ja seuraamuksista tarvitaan, jos halutaan tukea hallittua yhteiskuntakehitystä.

Humanistinen ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus on olemukseltaan perustutkimusta, eikä hyöty ja vaikuttavuus ilmene välttämättä konkreettisina tuotteina ja sovelluksina vaan esimerkiksi muutosten ymmärtämisenä, yhteiskunnallisena keskusteluna ja

kansallisen identiteetin muovaamisena. Tiedon tuottamisen lisäksi humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen tehtävänä on sivistys- ja hyvinvointiyhteiskunnan perustan ja rakenteiden ylläpitäminen ja kehittäminen ja pohjan luominen arvokeskustelulle. Näiden tehtävien merkitys on kasvanut, sillä tutkimuksen käyttöarvon korostaminen on luonut haasteita tieteen ja sen tulosten sekä yhteiskunnan kehityksen kaikinpuoliselle arvioinnille.

## 1.2 Tutkimuksen voimavarat

Tieteen tila ja taso riippuu tutkimukseen suunnatuista voimavaroista. Humanistinen ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus tehdään pääosin yliopistoissa. Tilastokeskuksen tietojen mukaan alojen tutkimustyövuosia tehtiin vuonna 1998 yliopistoissa 3 760 vuotta. Muulla julkisella sektorilla tehtiin kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen aloilla vuonna 1998 yhteensä 861 tutkimustyövuotta. Yliopistojen ulkopuolella tutkimusta tehdään laajimmin sosiaalitieteissä, taloustieteissä, psykologiassa ja kielitieteissä.

Valtaosa yliopistoissa tehtävästä tutkimuksesta rahoitetaan perusrahoituksella ja muulla julkisella rahoituksella: vuonna 1998 humanistisesta tutkimuksesta 71 prosenttia ja yhteiskuntatieteellisestä tutkimuksesta 62 prosenttia tehtiin yliopistojen budjettirahoituksella. Tieteenaloittain tarkasteltuna suurimmat budjettirahoituksen osuudet olivat tilastotieteessä (86 %) ja kielitieteissä (81 %) ja pienimmät psykologiassa (44 %) ja filosofiassa (44 %).

Yliopistojen ulkopuolinen rahoitus muodostuu humanistisissa ja yhteiskuntatieteissä edelleen pääosin Suomen Akatemialta ja valtionhallinnon muista lähteistä tulevasta rahoituksesta: humanistisissa tieteissä niiden yhteenlaskettu osuus oli 77 prosenttia ja yhteiskuntatieteissä 66 prosenttia. Vuosille 1997–1999 ajoittunut tutkimuksen lisärahoitusohjelma kasvatti yliopistojen budjetin ulkopuolisia voimavaroja myös humanistisissa ja yhteiskuntatieteissä. Humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen mahdollisuudet kilpailla viime vuosina lisääntyneestä yritysrahoituksesta ovat vähäisemmät kuin muilla tieteenaloilla. Tilastokeskuksen tietojen mukaan yliopistojen budjetin ulkopuolista rahoitusta saatiin vuonna 1998 yhteiskuntatieteelliseen tutkimukseen valtionhallinnon lähteiden lisäksi muun muassa Euroopan unionilta ja kotimaisilta yrityksiltä. Humanistisissa tieteissä muita budjetin ulkopuolisia rahoittajia ovat muun muassa kunnat ja kotimaiset rahastot. EU-rahoitusta kanavoitui eniten kasvatustieteeseen, liiketaloustieteeseen ja sosiaalitieteisiin. Myös kielitieteet menestyivät hyvin EU-rahoituksen hankkimisessa. Kotimaiset yritykset rahoittivat erityisesti liiketaloustieteellistä tutkimusta.

Tutkimuksen kokonaisresurssit olivat vuonna 1998 suurimmat kasvatustieteessä, liiketaloustieteessä ja kielitieteessä. Pienimpiä aloja olivat tilastotiede, filosofia ja kulttuurien tutkimus. Voimavarat lisääntyivät vuoteen 1991 verrattuna suhteellisesti eniten taideteiden tutkimuksessa, viestintä- ja informaatiotieteissä ja kulttuurien tutkimuksessa (taulukko 1).



■ Taulukko 1. Tutkimusmenot vuosina 1991, 1995 ja 1998 (milj. mk) sekä yliopistojen budjettirahoituksen osuus tutkimusmenoista tieteenaloittain vuonna 1998.

Tieteenala	1991	1995	1998	Budjettirahoituksen osuus 1998
Filosofia	8,4	16,3	17,1	44 %
Kielitieteet	121,7	129,6	158,0	81 %
Taiteiden tutkimus	24,8	54,8	84,7	74 %
Teologia	16,6	19,2	31,6	54 %
Historia ja arkeologia	27,1	36,0	43,9	56 %
Kulttuurien tutkimus	11,8	20,2	24,8	61 %
Humanistiset tieteet erittelemätön	36,2	1,8		
Humanistiset tieteet yhteensä	246,6	277,9	360,1	71 %
Kansantaloustiede	26,2	29,3	42,9	57 %
Liiketaloustiede, talousmaantiede	85,3	74,1	171,5	51 %
Oikeustiede	44,7	50,1	63,7	78 %
Sosiaalitieteet	52,2	63,6	96,4	52 %
Psykologia	24,4	32,0	41,9	44 %
Kasvatustiede	117,1	115,0	178,0	78 %
Valtio-oppi, hallintotiede	29,9	23,9	61,7	56 %
Viestintä- ja informaatiotieteet	12,0	16,4	30,6	60 %
Tilastotiede	13,6	12,0	13,2	86 %
Yhteiskuntatieteet erittelemätön	26,0	36,4		
Yhteiskuntatieteet yhteensä	431,4	452,8	699,9	62 %

Tutkimusmenot kunkin vuoden rahassa. Vuodesta 1995 alkaen kiinteistöjen ja rakennusten käyttö- ja investointimenot ovat mukana yliopistojen budjettimenoissa.

Lähde: Tilastokeskus.

Suomen Akatemia oli tärkein ulkopuolinen rahoittaja sekä humanistisissa että yhteiskuntatieteissä. Suomen Akatemian osuus kaikesta budjetin ulkopuolisesta rahoituksesta oli vuonna 1998 humanistisissa tieteissä 54 prosenttia ja yhteiskuntatieteissä 32 prosenttia. Akatemian rahoituksen merkitys on kuitenkin viime vuosina jonkin verran vähentynyt. Vuonna 1995 humanistisissa tieteissä Akatemian osuus oli 74 prosenttia ja yhteiskuntatieteissä 43 prosenttia. Vuosina 1997–1999 kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta myönsi tutkimustukea yhteensä yli 600 miljoonaa markkaa. Hakemusten laadusta ja rahoituspoliittisista painotuksista riippuen tieteenalojen osuudet voivat vaihdella vuosittain paljonkin. Viimeisen kolmen vuoden aikana kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnan rahoituksesta suurimmat osuudet on suunnattu sosiaalitieteisiin, historiaan, psykologiaan ja kielitieteeseen.

Tutkimuksen kokonaisvoimavarat ovat lisääntyneet 1990-luvulla. Tutkimusresurssien kasvu on johtunut budjetin ulkopuolisen rahoituksen voimakkaasta kasvusta. Yliopistoissa ulkopuolisella rahoituksella työskentelevän tutkimushenkilöstön määrä oli vuonna 1999 yli kolminkertainen verrattuna vuosikymmenen alkuun. Opiskelijoita ohjaavan budjettirahoitteen henkilökunnan määrä on kuitenkin vähentynyt 1990-

luvulla, minkä vaikutukset opetuksen ja tutkimuksen tasoon ovat huolestuttavia. KOTA-tietokannan mukaan vuonna 1997 budjettirahoitteisia professorin, lehtorin, assistentin ja yliassistentin virkoja oli humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla yhteensä 3 185, kun vuonna 1999 niitä oli enää 3 020<sup>1</sup>. Tämä on kasvattanut virassa toimivien tulosvastuuta opetuksesta ja suoritettavista tutkinnoista. Opiskelijoita ohjauksen henkilökunnan työmäärä on lisääntynyt merkittävästi entistä järjestelmällisemmän tutkijankoulutuksen myötä. Taulukossa 2 esitetään yliopistojen budjettirahoituksella toimiva opetushenkilökunta vuonna 1999.

■ Taulukko 2. Yliopistojen budjettirahoitteinen opetushenkilökunta koulutusaloittain vuonna 1999.

Koulutusala	Professorit	Yliassistentit	Assistentit	Lehtorit	Päätoimiset tuntiopettajat	Laskennallinen tuntiopetus
Teologinen	28	2	20	10	1	5
Humanistinen	235	57	151	344	45	67
Taideala	40	2	9	43	20	65
Musiikkiala	23	2	5	98	19	83
Teatteriala	9		5	22	1	21
Kasvatusala	117	49	79	393	53	73
Yhteiskuntatieteellinen	174	63	103	87	13	45
Psykologia	26	11	13	5	1	10
Oikeustieteellinen	69	15	47	5	1	9
Kauppatieteellinen	164	71	104	145	8	56
Kuvataideala	4			8	1	9
<b>Yhteensä</b>	<b>889</b>	<b>272</b>	<b>536</b>	<b>1 160</b>	<b>163</b>	<b>443</b>

Lähde: KOTA-tietokanta.

Vuonna 1999 kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen koulutusaloilla oli KOTA-tietokannan mukaan keskimäärin yhtä opettajaa kohden 24 opiskelijaa, kun vastaava määrä oli muilla aloilla 18. Tilanne oli erityisen huono teologiassa, oikeustieteessä ja yhteiskuntatieteessä, joissa oli yli 30 opiskelijaa opettajaa kohden. Edellisessä Tieteen tila ja taso -raportissa esitettiin suositus, että Suomen Akatemian tutkijoilla tulisi olla velvollisuus antaa opetusta omalla laitoksellaan. Tämä suositus on toteutunut. Ulkopuolisella rahoituksella työskentelevien tutkijoiden integroituminen laitoksen opetukseen on silti edelleen tärkeä kehittämisalue, joskaan korkeatasoinen opetus ja ohjaus ei voi rakentua ulkopuolisin varoin toimivan tutkimushenkilökunnan varaan.

Budjettirahoituksen ja ulkopuolisen rahoituksen epätasapainoinen kehittyminen ja siitä johtuva resurssitilanne on aiheuttanut sen, että tutkimusympäristöjä ja tukipalveluja ei ole voitu kehittää parhaalla mahdollisella tavalla. Ulkopuolisilla varoilla tehdyn projekti- ja hankemuotoisen tutkimustoiminnan voimakkaan lisääntymisen seurauksena yksittäisillä laitoksilla on vaikeuksia vastata ulkopuolisella rahoituksella tehtävien projektien perusinfrastruktuurista. Myönteistä oli se, että vuoden 1999 lopulla ope-

<sup>1</sup> Ei sisällä laskennallista tuntiopetusta.

## KY sisällys

## Sisällys

tusministeriön työryhmä kiinnitti huomiota yliopistojen perusrahoituksen jälkeensäneisyyteen. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen aloilla tutkimusedellytysten ylläpidossa tärkeitä on muun muassa kirjasto- ja informaatiopalvelujen kehittäminen, kokoelmien käyttömahdollisuuksien parantaminen ja uusien lähdeaineistojen luominen. Toimikunta edustaa myös tutkimusaloja, joilla tutkimuslaitteistojen ajanmukaisuus on tärkeää. Näitä ovat esimerkiksi arkeologia, tietokone-lingvistiikka, kognitiotiede ja neuropsykologia.

## 2 Tieteenalojen rajat ylittävä tutkimus

Tieteenalojen rajojen ylittämistä on viime vuosina osaltaan vauhdittanut muun muassa kansallisen innovaatiojärjestelmän merkityksen korostuminen: tutkimus nähdään tuotteena, jolloin yhä tiiviimpi yhteistyö tutkimuksen, tuotekehityksen ja käyttäjien välillä on välttämätöntä. Tieteenaloihin jakautumisen syyt on löydettävissä historiasta, ja rajat saattavat olla nykytilanteessa keinotekoisia ja tieteen kehitystä estäviä. Tieteenalojen rajat ylittävä tutkimus määritellään monitieteiseksi tai tieteidenväliseksi. Termeillä kuvataan rajojen ylittämisen eri asteita. Tieteenalojen rajojen ylittämistä ei humanistissa ja yhteiskuntatieteissäkään ymmärretä itsetarkoitukseksi, vaan lähinnä uusien tulosten saavuttamisen välineeksi. Sellaisena se onkin tehokas, koska eri tieteenalojen erilaisten perinteiden ja menetelmien kohdatessa syntyy uusia ideoita ja löytöjä.

Humanistisiin tieteisiin ja yhteiskuntatieteisiin kuuluu useita eri tieteenaloja, joiden tutkimus kohdistuu ihmisten tekoihin, yhteiskuntaan ja älylliseen toimintaan, ja siksi niiden välille syntyy luontevasti monitieteistä ja tieteidenvälistä yhteistyötä. Ne kattavat tiede- ja metodipohjaltaan laajan tutkimusalueen, jonka sisällä on poikkitieteellisiä tutkimusaloja. Psykologian alalla on merkittäviä hankkeita, joissa on läheiset yhteydet neurologiaan. Arkeologian menetelmät ovat kehittyneet yhdessä luonnontieteiden ja lääketieteen menetelmien kanssa ja aineiston analyysissä tarvitaan sekä historian että kielitieteiden ja yhteiskunta- ja luonnontieteiden metodeja. Logiikka ja tilastotiede ovat puolestaan lähellä matemaattisia tieteitä.

Monitieteinen näkökulma ja tutkimus luo parhaimmillaan uusia merkittäviä tutkimustuloksia ja uusia tieteenaloja. Esimerkkinä eri tieteenalojen yhteistyöstä ja metodien toimivuudesta voidaan mainita Suomen kansan alkuperän, kielen ja kulttuurin tutkimukseen liittyvä kielitieteen, historian, arkeologian ja genetiikan tutkimus, joka on muuttanut käsitystämme omasta historiastamme. Kognitiotiede puolestaan on uusi itsenäinen tieteenala, joka oli aluksi tieteidenvälistä tutkimusta psykologian, tietojenkäsittelytieteen, kielitieteen ja filosofian lähialueilla. Perinteisten tieteenalojen sisällä nousevana uutena tutkimusalueena on keskiajan tutkimus, jossa tehdään korkeatasoista tutkimusta teologian, historian, arkeologian ja kielitieteiden aloilla. Kielitieteissä kielikontaktitutkimuksesta on viime vuosina muodostunut kieliaineita yhdistävä tutkimuksen osa-alue. Lisäksi on syntymässä sekä perus- että jatkotutkimusten tasolla uudenlaista, tietoverkkojen kautta toteutuvaa koulutusyhteistyötä kieliteknologian, neurolingvistiikan ja tietokone-lingvistiikan aloilla.

Viestintä-, informaatio- ja kielentutkimukselle on tuonut haasteita sekä uusmedian ja audiovisuaalisen viestinnän että tietoyhteiskunnan nopea ja näkyvä kehittyminen. Medialla on yhä tärkeämpi rooli yhteiskunnan eri toiminnoissa kulttuurista politiikkaan ja talouteen. Uusmedian nopea kehittyminen on tuottanut piirteitä, jotka luovat integraatiomahdollisuuksia joukkoviestinnän tutkimuksen, informaatiotutkimuksen, kasvatustieteen, taloustieteellisen tutkimuksen ja yhteiskuntapolitiikan välille.

Humanististen tieteiden ja yhteiskuntatieteiden tarkastelutavan soveltamista tarvitaan teknisiin tieteisiin, lääketieteeseen ja luonnontieteisiin. Uusilla tuotteilla ja in-

novaatioilla saattaa olla piileviä, tiedostamattomia ja ennakoimattomia yhteiskunnallisia ja kulttuurisia vaikutuksia. Esimerkiksi biotieteisiin liittyvät eettiset, juridiset ja sosiokulttuuriset kysymykset ovat nousseet yhä voimakkaammin tutkimuksen ja julkisen keskustelun kohteeksi. Bioeettisiä ongelmia on pyritty käsittelemään ja hallitsemaan toisaalta juridisen säätelyn ja toisaalta eettisen keskustelun avulla. Tulosten soveltaminen ja kaupallistaminen, eri intressien yhteensovittaminen, julkinen keskustelu mahdollisista terveys- ja ympäristöriskeistä ja päätöksenteko tarvitsevat tutkimustietoa biotieteisiin liittyvistä eettisistä ongelmista ja biotieteiden yhteiskunnallisista ja sosiokulttuurisia vaikutuksista. Tekniikoiden kehittyminen asettaa tulevaisuudessa haasteita ihmistieteiden ja luonnontieteiden väliselle keskustelulle. Vastaaminen monitieteisyyden ja tieteidenvälisyyden vaatimuksiin konkretisoituu tutkijakunnassa. Selvänä puutteena tällä hetkellä on eri tutkimuskulttuurit yhdistävän tutkijakapasiteetin riittämättömyys. Edellisessä Tieteen tila ja taso -raportissa suositeltiin, että tutkijakoulutuksessa tulisi lisätä myös tieteiden välistä yhteistyötä. Tämä on edelleen ajankohtainen haaste sekä perusopetuksessa että tutkijankoulutuksessa.

Tieteenalojen rajoja ylittävän tutkimuksen kehittyminen näkyy opetuksen ja tutkimuksen organisoitumisessa. Perinteisten oppiaineiden lisäksi on syntynyt monitieteisiä ja tieteidenvälisiä opintokokonaisuuksia, ja oppiainelaitosten rinnalle on kehittynyt instituutteja, jotka antavat ja koordinoivat opetusta ja tutkimusta yli tiedekuntarajojen. Humanististen ja yhteiskuntatieteiden alueilla on toiminut jo pitkään monitieteisiä opintokokonaisuuksia. Niiden määrä on kasvanut, ja toisaalta jo toimivien asema on osittain vahvistunut 1990-luvun jälkipuoliskolla.

Uudet tutkimusalat syntyvät tieteen sisäisistä tai ulkoisista syistä. Esimerkiksi Eurooppa- ja lähialuetutkimuksen taustalla on nähtävissä ulkoisten yhteiskunnallisten muutosten vaikutus. Uusilla tutkimusavauksilla on vähemmän perinteiden painolastia, ja niiden lähtökohta on usein monitieteisempi ja tieteidenvälisempi ja kuin perinteisillä tutkimusaloilla. Uusi tutkimusalue tai -kokonaisuus saa tyypillisesti alkunsa joko yksittäisen tutkijan tai ryhmän tutkimuksesta. Tutkimusta ja tutkijankoulutusta seuraa perusopetuksen kehittäminen. Lähtökohta varmistaa nimenomaan substanssiosaamisen, vapaaehtoisuuden ja spontaaniuden. Sen sijaan hallinnollisin menettelyin luodussa monitieteisyydessä ei ole aina saavutettu hyviä tuloksia. Humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen vakiintuneita monitieteisiä tutkimusalueita ovat muun muassa kehitysmaatutkimus, aluetiede ja työelämän tutkimus.

Naistutkimus on ollut viime vuosina yksi nopeimmin kehittyvistä tieteenaloista. Sen kehittymiseen akateemisena oppialana ovat vaikuttaneet naisen asemaan liittyvät yhteiskunnalliset muutokset ja niihin liittyvä tiedon tarve naisten historiallisesta ja kulttuurisesta asemasta, seksuaalisuudesta ja sukupuolijärjestelmästä. Alan perusopetus, tutkimus ja jatkokoulutus ovat kärsineet vakinaisten opetusvirkojen puutteesta, jota on kuitenkin helpottanut se, että opetusministeriön hankerahoituksella on perustettu kahdeksan määräaikaista naistutkimuksen professuuria vuosina 1996–1998. Sukupuolijärjestelmä-tutkijakoulu alkoi vuonna 1995. Naistutkimuksen edistämiseksi Suomen Akatemia perusti määräaikaisen vaihtuva-alaisen naistutkimuksen akatemiaprofessorin viran 1998.

Kaupunkitutkimus on uusi monitieteinen tutkimusala, jota on voimakkaasti kehitetty 1990-luvun jälkipuoliskolla. Kehittämistyössä on toteutettu eri rahoittajien yhteistyötä siten, että Helsingin yliopistoon päätettiin 1998 perustaa kuusi kaupunkitutkimuksen professuuria, joita rahoittavat yhteistyössä Helsingin yliopisto, Helsingin kaupunki ja opetusministeriö. Professuurien alat kattavat huomattavan osan tutkimussektorista. Lisäksi on perustettu vuonna 1998 kaupunkitutkimuksen neuvottelukunta koordinoimaan kaupunkitutkimuksen projekteja ja opintokokonaisuuksia. Samana vuonna käynnistettiin Suomen Akatemian kolmivuotinen kaupunkitutkimusohjelma, jota rahoittavat Akatemian lisäksi useat ministeriöt.

Perus- ja soveltavan tutkimuksen välistä rajaa voidaan purkaa sekä tieteiden sisäisistä lähtökohdista käsin että tiedepoliittisin keinoin. Monitieteisten tutkimusalojen opetuksen, tutkimuksen ja jatkokoulutuksen kehittämiseksi ja vaikuttavuuden lisäämiseksi tarvitaan erityyppisiä toimenpiteitä. Yliopistot panostavat monitieteisyyteen perustamalla opintokokonaisuuksia ja vahvistamalla niiden hallintoa, opetusta ja tutkimusta.

Tieteidenvälisyyden ja monitieteisyyden lisääminen ja edistäminen edellyttävät kuitenkin joustavuutta sekä hallinnolta että rahoitusmalleilta. Rahoituksellisesti monitieteiset tutkimusalat saattavat olla ongelmallisia, sillä niiden luonteeseen kuuluu, että eri tieteenalojen edustajat muodostavat jatkuvasti uusia yhdistelmiä, joista toiset ovat pitkäkestoisempia kuin toiset. Lisäksi olemassa olevat rahoitusmallit ja -rakenteet, joissa painotetaan tutkintoja ja opinnäytetöiden ohjausta tutkimuksen tuloksellisuuden mittarina, sopivat huonosti sellaisille tutkimusaloille, joilla ei ole tutkinnon suorittamisen mahdollisuutta vaan joissa tutkinnot suoritetaan emotieteisiin. Niiden rahoitusta ei siten voida turvata, jolloin tieteenalan asema, perusopetus ja kehitys saattavat olla jatkuvasti uhattuina. Esimerkiksi naistutkimuksen institutionaalinen asema on opetusministeriön hankerahoituksen loppumisen jälkeen epävarmaa. Myös yksittäisen tutkijan kannalta saattaa rahoituksen saaminen monitieteiselle tutkimushankkeelle osoittautua ongelmalliseksi.

Monitieteisten tutkimusalojen arvioimiseksi on tarpeen kehittää evaluointimittareita ja -malleja. Ne ovat tärkeitä eri yliopistoissa hajallaan toimivien tutkimusalueiden teollisen tason arvioimiseksi kansallisesti ja kansainvälisesti.

Suomen Akatemian käytössä olevia instrumentteja uusien ja nopeasti kehittyvien tieteenalojen edistämiseksi ovat tutkimusohjelmat, suunnatut haut, huippuyksiköt ja akatemiaprofessuurit. Tutkimusohjelmien tavoitteena voidaan pitää tutkimustiedon tuottamista laaja-alaisesti eri tieteenalojen näkökulmista. Vaikka tiettyä tutkimusohjelmaa hallinnoidaan yhden toimikunnan kautta, tavoitteena on, että ohjelmat ulottuvat eri toimikuntien alueelle. Vaikka monitieteisyys korostuukin tutkimusohjelmissa ja suunnatuissa hauissa, niihin hyväksyttävät hankkeet voivat sijoittua myös tietyn tieteenalan tai lähestymistavan sisään.

Tutkimusohjelmat ja suunnatut haut ovat lisääntyneet 1990-luvun lopulla. Vuosina 1997–1999 kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta käynnisti useita monitieteisiä tutkimusohjelmia: Tieteen ja tiedepoliittikan tutkimusohjelman, 1990-luvun talouskriisin syihin ja seurauksiin keskittyvän ohjelman, Tieto II -ohjelman sekä Mediakulttuurin tutkimusohjelman. Vuonna 1999 valmisteltiin tutkimusohjelmia Syrjäy-

tyminen, eriarvoisuus ja etniset suhteet sekä Kahden puolen Pohjanlahtea / Svenskt i Finland - finskt i Sverige sekä suunnattua hakua teemasta Valta, väkivalta ja sukupuoli. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimusta sisältyy useisiin muiden toimikuntien aloitteesta syntyneisiin ja koordinoimiin tutkimusohjelmiin. Erityisesti luonnontieteen ja tekniikan alan tutkimusohjelmissä näkökulmaa on laajennettu koskemaan myös yhteiskuntatieteitä. Suunnatuista hauista on muodostunut uusi rahoitusmuoto, jonka merkitys on kasvamassa humanististen tieteiden ja yhteiskuntatieteiden alalla. Suunnattujen hakujen tavoitteena on reagoida nopeasti sekä tutkijoilta että yhteiskunnasta nouseviin tiedon tarpeisiin. Tutkimustiedolla on tällöin suora yhteiskunnallinen vaikutusulottuvuus. Suunnatuilla hauilla voidaan vahvistaa ja kehittää tutkimusalueita, joilla ei vielä ole vakiintunutta tutkimustraditiota. Niillä voidaan myös pyrkiä tuottamaan uutta tietoa konkreettisten toimenpiteiden tueksi esimerkiksi lainsäädännöllisten puutteiden korjaamiseksi tai viranomaispalvelujen kehittämiseksi. Sekä tutkimusohjelmien että suunnattujen hakujen vaikuttavuuden lisäämisessä yhteistyö tutkimuskentän kanssa ohjelmien suunnittelusta aina niiden toteuttamiseen asti on ensiarvoisen tärkeää. Myös kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen ohjelmissä on viime vuosina vahvistettu koordinaatiota vaikuttavuuden lisäämiseksi.

Huippuyksiköillä pyritään luomaan edellytyksiä korkeatasoisille, luoville ja tehokkaille tutkimus- ja koulutusympäristöille. Samalla ne myös luovat edellytyksiä monitieteiselle yhteistyölle. Vuosina 1995–1999 toimineista huippuyksiköistä viisi kuului kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnan alueelle. Ne edustavat pientä osaa tutkimuskentästä. Huippuyksiköjä olivat ajattelun hermostollisen perustan tutkimusyksikkö (HY), eksegetiikan tutkimusryhmä (HY ja ÅA), monikielisen kieliteknologian tutkimusyksikkö (HY), talouden rakenteiden ja kasvun tutkimusyksikkö (HY) ja ihmisen kehitys ja sen riskitekijät -tutkimusohjelma (JY). Humanististen ja yhteiskuntatieteiden alojen tutkimuksessa haasteena on yhtäältä kehittää eri tieteenalojen välistä vuoropuhelua sekä toisaalta uudenlaisia yhteistyömuotoja ja tutkimusympäristöjä niin, että ne ovat kilpailukykyisiä huippuyksikkörahoitusta jaettaessa.

## 3 Tutkimuksen kansainvälistyminen

### 3.1 Kansallinen ja kansainvälinen vaikuttavuus

Tieteen tekemisessä ja sen vaikuttavuuden arvioimisessa kansallisuus ja kansainvälisyys kietoutuvat monin tavoin yhteen. Suomessa harjoitettavalla tieteellä on sekä kansallinen että kansainvälinen ulottuvuus. Tutkimukseen perustuvaa tietoa halutaan ja osataan hyödyntää suomalaisen yhteiskunnan parhaaksi. Toisaalta kansallisen tiedepolitiikan strategisena tavoitteena on nostaa Suomessa harjoitettavan tutkimuksen tavoite- ja laatutasoa sekä parantaa sen kansainvälistä näkyvyyttä ja arvostusta.

Tutkimuksen viimeaikainen kansainvälistymiskehitys ja panostus kansainvälisyyteen ja kansainväliseen tasoon herättää monia kysymyksiä. Mitä on tutkittu ja minkälaiset tulokset ovat herättäneet mielenkiintoa? Onko maininta angloamerikkalaisissa tilastoissa riittävä, ja millaiset tutkimusotteet ja tulokset hyväksytään julkaistaviksi? Minkälaisessa asemassa suomalaiset tutkijat ovat omissa kansainvälisissä tiedeyhteisöissä? Minkä ”maalaista” on kansainvälisyys?

Globaalistuvassakin maailmassa tarvitaan oman kansallisen erityisluonteen tunteamista, sen arvostamista ja kykyä arvioida sitä kriittisesti. Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla on tässä suhteessa erityinen kansallinen vastuu, sillä näille aloille kuuluvat ne tieteet, jotka tutkivat suomen kieltä, Suomen historiaa ja suomalaista kulttuuriperintöä sekä suomalaisen yhteiskunnan ja koulutusjärjestelmän kehitystä ja nykytilaa. Näitä teemoja ei samassa laajuudessa tutkita missään muualla. Kansallisten tieteiden harjoittamisella on itseisarvonsa ja alojen tutkimustiedolla on lisäksi laajasti yhteiskunnallista vaikuttavuutta. Kieleen, historiaan ja kulttuuriin liittyvän kansallisen tutkimuksen tulokset muovaavat suomalaista identiteettiä niin yksilötasolla kuin koko yhteiskunnassakin. Monet kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen tieteenalat tuottavat tutkimustietoa, joka olennaisesti vaikuttaa suomalaisten ihmisten henkiseen hyvinvointiin. Tällaisia ovat esimerkiksi taiteentutkimus sekä ihmisen kehitystä, ajattelua, oppimista, sosiaalisia oloja ja katsomusjärjestelmiä koskevat tieteet.

Tieteenalan kansallinen lähtökohta ei kuitenkaan sulje pois kansainvälistä näkökulmaa ja tutkimusyhteistyötä, joka voi liittyä esimerkiksi vertaileviin tutkimusasetelmiin. Mitä paremmin suomalaiset tutkijat tuntevat oman maansa historialliset ja institutionaaliset erityispiirteet, sitä paremmin he voivat osallistua eri maissa samankaltaisten ilmiöiden selittämisestä käytäviin keskusteluihin ja edelleen syventää omassa maassa esiintyvien ilmiöiden ja tapahtumien ymmärtämistä. Kansallisen perinteen tuntemus on pohja vieraiden kulttuurien ymmärtämiselle ja monikulttuuriselle vuorovaikutukselle. Kansallisen omaleimaisuuden tuntemus on välttämätöntä myös siksi, että kansalaiset kykenisivät kriittisesti arvioimaan muualta käsin tulevia kulttuurisia, poliittisia ja taloudellisia vaikutteita.

Yhteiskunnallisten ja taloudellisten ilmiöiden globaalistumiseen liittyy yhtäaikaaisesti sekä samankaltaistumis- että erilaistumistendenssejä. Esimerkiksi globaalien finanssimarkkinoiden yhtenäistävä paine kansallisissa järjestelmissä on helposti havaittavista



sa. Samaan aikaan kuitenkin paikalliset ratkaisut ja järjestelmien erilaisuus elää sitkeästi ympäri maailmaa. Tämä jännite heijastuu myös tutkimukseen sekä tutkittavien ilmiöiden että teoreettisten lähtökohtien osalta. Esimerkiksi hallitsevassa taloustieteellisessä angloamerikkalaisessa tutkimuksessa on havaittavissa paineita tulkita omista institutionaalista olosuhteista tehtyjä löydöksiä universaaleina, ajasta ja paikasta riippumattomina ”totuuksina”. Pienten maiden ja eurooppalaisen erilaisuuden pohjalta ponnistavan, humanistis-yhteiskunnallisen tutkimuksen kansainvälisen kiinnostavuuden mahdollisuus perustuu niiden kykyyn tuoda valtavirtatutkimukseen uusia, poikkeavia näkökulmia.

Edellisessä Tieteen tila ja taso -raportissa todettu kansainvälistymisen lisääntyminen on jatkunut vuosikymmenen lopulla. Kansainvälisestä yhteistyöstä on tullut yhä keskeisempi osa tutkimustoimintaa. Pyrkimys kohti kansainvälistä kärkeä on tärkeää, mutta vaarana on kontaktien muuttuminen yksisuuntaiseksi, jos alaan ei panosteta kotimaassa riittävästi. Tieteen tilan ja tason kohottamiseksi tarvitaan kykyä säilyttää oman tutkimustoiminnan kautta tuntuma muualla johdettuun tutkimustoimintaan ja kykyä luoda uusia ja kiinnostavia argumentteja omasta lähiympäristöstä nousevista omaperäisistä tutkimuksista. Suomalaiset humanististen alojen ja yhteiskuntatieteiden tutkijat voivat kansainvälisessä toiminnassaan omaksua, tai pyrkiä omaksumaan, periaatteessa kahdenlaisen roolin. Avustavan partnerin roolissa toimitaan tehokkaasti annettujen teoreettisten ideoiden puitteissa pieniä lisäparannuksia tehden ja hienosäätöä korostaen. Suunnannäyttäjän roolissa pyritään kansainvälisesti noteeratun koulukunnan rakentamiseen, jolloin korostuvat rohkeat arvaukset, kiinnostavien hypoteesien rakentaminen ja ennakkoluulottomat empiiriset asetelmat.

### 3.2 Kansainvälisen tutkimusyhteistyön muotoja

Kansainvälinen yhteistyö on pääasiassa yksittäisten tutkijoiden, tutkimusryhmien tai laitosten epävirallista vuorovaikutusta ja yhteydenpitoa. Kansainvälistyminen näkyy siten muun muassa suomalaisten tutkijoiden ulkomaanvierailujen, kansainvälisiin tutkimushankkeisiin osallistumisen ja kansainvälisten julkaisujen lisääntymisenä. Laitokset ja tutkimusryhmät ovat mukana yhteistyössä ulkomaisten yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa erilaisissa kansainvälisissä tutkimus- ja tutkijankoulutusprojekteissa sekä yhteisjulkaisuhankkeissa. Yhteydenpitoa edesauttavat myös kansainväliset tieteelliset konferenssit ja tutkijaseminaarit. Yhteistyön kehittymistä ja laajuutta on kuitenkin vaikea seurata ja arvioida kattavasti olemassa olevien mittareiden avulla, sillä monet yhteistyömuodot eivät kirjaudu tietokantoihin. Yliopistojen vaihtosopimuksien määrän ja kansainvälisen tutkimusrahoituksen lisääntyminen 1990-luvulla kertoo siitä, että tutkijoilla oli entistä enemmän kansainvälisiä yhteistyömahdollisuuksia. KOTA-tietokannan tietojen mukaan yliopistojen opetus- ja tutkimushenkilöstön kahdesta viikosta yhteen kuukauteen kestävät ja yli kuukauden pituiset ulkomaanvierailut lisääntyivät edelleen useimmilla kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen koulutusaloilla vuosikymmenen puolivälistä vuoteen 1999.

Kansainvälistymiskehityksellä on pitkällä tähtäimellä epäilemättä tutkimusta vahvistava ja monipuolistava merkitys. Monilla humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla tutkimus on kansainvälisesti näkyvää, ja tämänhetkisenä haasteena onkin saa-

vutetun korkean kansainvälisen tason säilyttäminen. Eri alojen sisällä tutkimuksen ja tutkijankoulutuksen kansainvälisiä yhteyksiä on jatkettu ja kehitetty edelleen 1990-luvun lopulla.

Kansainvälistä verkostoitumista arvostetaan ja tutkijat hakeutuvat aktiivisesti ulkomaille. Yhä useampi humanististen ja yhteiskuntatieteiden tohtoriopiskelija suorittaa osan opinnoistaan ulkomaisissa yliopistoissa. Jatko-opintojen kansainvälistymisen on mahdollistanut yliopistojen vaihtosopimukset sekä säätiöiden ja Akatemian tähän tarkoitukseen myöntämät apurahat. Myös tutkijakoulujärjestelmä on osaltaan lisännyt humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen jatkokoulutuksen kansainvälisyyttä. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta arvioi vuonna 1998 tutkijakouluesitysten teon yhteydessä vuosina 1995–1998 toimineet tutkijakoulut. Arvioinnissa kiinnitettiin muun muassa huomiota siihen, onko tutkijakouluille asetettu tavoite kansainvälisen koulutus- ja tutkimusyhteistyön lisääntymisestä toteutunut. Monilla aloilla tutkijakoulut arvioitiin opetus- ja tutkimusyhteistyöltään erittäin kansainvälisiksi: kaksi kolmasosaa 30 tutkijakoulusta sai erinomaisen arvosanan kansainvälisistä yhteyksistään. Tohtoriopiskelijat tekivät vierailuja ulkomaille ja osallistuivat kansainvälisiin konferensseihin ja kursseille. Tutkijakoulujen omilla kesä- ja muilla kursseilla vieraili usein kansainvälisiä huippututkijoita opettajina ja luennoitsijoina. Yleisesti ottaen koulut toimivat edellytyksien luojana kansainvälisen vuorovaikutuksen edistämiseksi ja alan tutkimuksen liittymiseksi kansainväliseen tutkimuskenttään.

Suomen Akatemia tukee apurahoin väitöskirjatutkijoiden ja post doc -tutkijoiden noin vuoden pituisia työskentelyjaksoja ulkomailta. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta myönsi tukea ulkomailta työskentelyyn vuosina 1997–1999 yhteensä noin 22 miljoonaa markkaa. Kansainvälisistä vierailuista noin 35 prosenttia tehtiin vuosina 1997–1999 Englantiin. Seuraavaksi eniten tutkijoita vieraili Yhdysvalloissa (19 %) ja Italiassa (18 %). Suomalaisten hakijoiden määrä oli kasvussa muun muassa kansainvälisesti arvostetun Yliopistollisen Eurooppa-instituutin (EUI) tohtorinkoulutusohjelmiin, joihin osallistuminen on ollut täysimääräisesti mahdollista vuodesta 1997.

Suomen Akatemia tukee kansainvälisyyttä kaikkien rahoittamiensa tutkimushankkeiden kautta sisällyttämällä rahoitukseen varoja esimerkiksi tutkimusryhmän jäsenten ulkomaanvierailuihin. Toimikunnalla on käytettävissään myös muita kansainvälistymistä edistäviä rahoitusmuotoja. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta sai vuosien 1997–1999 aikana tieteellisistä toimikunnista eniten hakemuksia Suomessa pidettävien tieteellisten konferenssien rahoittamiseksi. Tukea myönnettiin yhteensä 3,8 miljoonaa markkaa noin sadan konferenssin järjestelykuluihin. Lähes puolet näistä tilaisuuksista pidettiin kasvatustieteen, kielitieteen tai taiteiden tutkimuksen aloilla. Kansainvälisiä tutkijayhteyksiä luotiin vuosina 1997–1999 myös tukemalla noin miljoonalla markalla ulkomaisten tutkijoiden työskentelyä Suomessa.

Yhä useampi tutkijoiden verkostoista suuntautuu nykyään Eurooppaan. Humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen tutkimuksen eurooppalaisen yhteistyön tärkeimpiä muotoja ovat Euroopan unionin tutkimuksen puiteohjelmat, COST-yhteistyö ja Euroopan tiedesäätiö (ESF). Euroopan unionin puiteohjelmat ovat avanneet kanavia eri maiden humanististen ja yhteiskuntatieteiden tutkijoiden välille.

Neljänteen tutkimuksen puiteohjelmaan (1995–1998) sisältynyt yhteiskuntatieteellinen TSER-ohjelma oli teemoiltaan kapea, mutta vaikutti myönteisesti eurooppalaisten yhteiskuntatieteilijöiden yhteistyön kehittymiseen. Suomalaiset osallistuivat TSER-ohjelmassa yhteensä 36 tutkimushankkeeseen. Vuonna 1999 alkaneessa viidennessä puiteohjelmassa TSER-ohjelmaa jatkavan Sosioekonomisen tietopohjan parantaminen -avaintoiminnon (Inhimilliset voimavarat ja sosioekonominen tietopohja -ohjelmassa) vuoden 1999 hakukierroksella suomalaiset tutkimusryhmät menestyivät kilpailussa hyvin: 32:sta suomalaisen osapuolen sisältävästä yhteishankehakemuksesta yhdeksän sai ohjelmasta rahoitusta. Rahoitetut projektit kuuluvat pääasiassa talous- ja sosiaalitieteisiin. Suomalaiset toimivat myös koordinaattorina yhdessä sosiaalipoliitiikan tutkimushankkeessa. Tavoitteena avaintoiminnossa on vastata Euroopan yhteiskunnallisiin ongelmiin yhteiskuntatieteellisellä ja kulttuurin tutkimuksella.

Puiteohjelmat ovat huomattavasti vilkastaneet erityisesti yhteiskuntatieteellisillä aloilla tutkijoiden eurooppalaista yhteistyötä. Puiteohjelmien teknologiapainotteisuuden vuoksi humanististen ja yhteiskuntatieteiden tutkijoiden osallistuminen rahoitettavaan tutkimusyhteistyöhankkeisiin on käytännössä ollut vähäisempää kuin muilla aloilla. Viidennessä puiteohjelmassa tulee kaikissa temaattisissa tutkimusohjelmissa ottaa huomioon tutkimuksen sosioekonomiset vaikutukset. Temaattiset ohjelmat sisältävät biotieteisiin, tietoyhteiskuntaan, kestävään kehitykseen sekä ympäristön tutkimukseen painottuvia aihealueita. Haaste saada yhteiskuntatieteilijät ja kulttuurintutkijat yhteistyöhön biotieteilijöiden ja tekniikan alan tutkijoiden kanssa ei vielä ole saanut aikaan kovinkaan monia uusia yhteistyöhankkeita. Sen sijaan ympäristötutkimuksessa ja kansanterveystieteen alueilla yhteistyötä on ollut jo entuudestaan. Viidenteen puiteohjelmaan sisältyy ensimmäisen kerran myös kulttuurin tutkimusta. Meneillään olevan puiteohjelman vaikutuksia on toistaiseksi vaikea arvioida, mutta voidaan ennakoida, että humanistinen ja yhteiskuntatieteellinen näkökulma tulee vahvistumaan eurooppalaisessa tutkimuskentässä.

Lisääntyneellä eurooppalaisella yhteistyöllä on ollut positiivisia vaikutuksia suomalaisen tutkimukseen, mutta sen todellinen hyöty näkyy vasta pitkällä aikavälillä. Suomalaisen tutkijoiden menestyminen rahoituskilpailuissa ei anna täydellistä kuvaa yhteistyön laajenemisesta. Rahoitusmahdollisuuksien avautuminen on aktivoanut tutkijoita rakentamaan verkostoja, ja myös ilman rahoitusta jääneet hankkeet ovat johtaneet yhteistyön jatkumiseen. EU-rahoituksen negatiivisena puolena on se, että EU-rahoitteisten projektien hakuprosessi on raskas ja sitoo suunnitteluresursseja pitkäksi aikaa. Lisäksi on vaara, ettei uusi kansainvälinen rahoitus ulotu lainkaan pieniin, kansallisesti merkittäviin aloihin, jotka kuitenkin hyötyisivät nykyistä runsaammasta kansainvälisestä vuorovaikutuksesta.

Eurooppalaisella tasolla verkostoitumisen mahdollisuuksia on tarjonnut EU:n tukema COST (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research) -yhteistyömuoto. Vuonna 1999 käynnissä oli yhdeksän yhteiskuntatieteellistä yhteistyöhanketta, joissa kahdeksassa oli mukana suomalaisia tutkimusryhmiä.

Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä tieteenaloilla tutkimuksen kansainvälistä vuorovaikutusta edistävät myös eurooppalaisten tiedejärjestöjen ja tieteen kansallisten rahoittajaorganisaatioiden koordinoimat ohjelmat, verkostot ja konferenssit. Euroop-

palaisista tiedejärjestöistä Suomen kannalta keskeisin on Euroopan tiedesäätiö (ESF), jolla on erilliset pysyvät komiteat humanistisissa tieteissä ja yhteiskuntatieteissä. ESF pyrkii lisäämään jäsenenään olevien kansallisten rahoittajaorganisaatioiden yhteistä panostusta tutkimushankkeisiin. Tulevaisuudessa haasteena on laajentaa eurooppalaista tutkimusyhteistyötä. Uutena avauksena on vuonna 1999 hyväksytty Eurocores (ESF Cooperative Research Programmes) -yhteistyömuoto, jonka tavoitteena on suunnata kansallista rahaa yhteiseurooppalaisiin hankkeisiin. UK-Nordic on kehittymässä oleva yhteistyömuoto yhteiskuntatieteellisellä alalla pohjoismaisten ja brittiläisten tutkijoiden välillä.

Uutena kehitteillä olevana kansainvälisyyden edistämisen muotona voidaan mainita myös eri maiden rahoittajaorganisaatioiden yhdessä toteuttamat tutkimusohjelmat ja -hankkeet. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen alueella erinomainen esimerkki jo toteutuneesta yhteistyöhankkeesta on vuosille 2000–2003 ajoittuva humanistis-yhteiskuntatieteellinen Kahden puolen Pohjanlahtea / Svenskt i Finland – finskt i Sverige -tutkimusohjelma, jossa rahoitus tulee suomalaisista ja ruotsalaisista lähteistä.

Pohjoismaisella tutkimusyhteistyöllä on kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen aloilla pitkä traditio, ja monet EU-hankkeet ovat saaneet alkunsa pohjoismaisista hankkeista. Kulttuurin ja yhteiskunnan aloilla on kaksi pohjoismaista yhteistyöorganisaatiota, humanististen alojen NOS-H (Nordiska samarbetsnämnden för humanistisk forskning) ja yhteiskuntatieteitä rahoittava NOS-S (Nordiska samarbetsnämnden för samhällsforskning). Suomalaisia kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen alojen tutkijoita on mukana useimmissa näiden organisaatioiden rahoittamissa yhteispohjoismaisissa tutkimushankkeissa, kuitenkin vastuullisina johtajina suomalaisia toimi suhteellisesti vähemmän kuin muista pohjoismaista. Pohjoismaisen rahoituksen hakupaine näytti vuonna 1999 olevan kasvamassa, mikä kertoo tutkijoiden lisääntyneestä kiinnostuksesta hakeutua pohjoismaiseen ja muuhun kansainväliseen yhteistyöhön. Myös monitieteisten hankkeiden määrä kasvoi merkittävästi.

Itämeren alue ja Venäjä ovat luonnollisia yhteistyökumppaneita myös humanistisissa ja yhteiskuntatieteissä. Tutkimusyhteistyön edellytysten kehittämiseen on 1990-luvulla kiinnitetty kasvavaa huomiota muun muassa opetusministeriössä ja Suomen Akatemiassa. Tutkijakontaktien luomiseksi Suomen Akatemian Venäjän ja Itä-Euroopan tutkimusohjelman hankkeisiin sisällytettiin erillisrahoitus tutkijoiden kutsumiseksi Suomeen ja tutkijoiden työskentelyyn yhteistyöhankkeissa kotimaassaan. Humanistisista tieteenaloista historialla, kirjallisuudentutkimuksella, kielitieteillä, kulttuurien tutkimuksella, arkeologialla ja ikonitaiteen tutkimuksella on pitkä tiedeyhteistyön perinne. Esimerkiksi fennougristiikan piirissä Suomella on Venäjän suomalais-ugrialaisten kieli-alueiden yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa merkittävää kansainvälistä yhteistyötä. Teologian alueella tutkimuksen painopiste on ollut ortodoksisen kirkon ja ajattelun tutkimuksessa ja uskonnollisuuden ja arvojen tutkimuksessa sekä Venäjällä että Itä-Euroopassa. Sosiaalitieteet ovat uusi tutkimusalue, jolla Suomen ja Venäjän välillä ei ole ollut yhteistyön traditiota. Venäjän ja Itä-Euroopan tutkimusohjelman tutkimusohjelmassa on rahoitettu useita sosiaalitieteiden hankkeita, ja niiden toteutuksessa yhteistyössä venäläisten tutkijoiden kanssa on samalla osallistuttu alan kehittämiseen Venäjällä.

### 3.3 Tieteellinen julkaiseminen

Sekä humanististen että yhteiskuntatieteellisten julkaisujen määrät ja osuudet Suomessa tuotetuista tieteellisistä julkaisuista ovat pienet. Suomalaisten yhteiskuntatieteellisten julkaisujen osuus maailman julkaisuista näillä aloilla on kasvanut suhteellisen voimakkaasti parin viime vuosikymmenen aikana. Myös humanistisilla aloilla osuuden kehitys on ollut myönteistä. Vaikka suomalainen humanistinen ja yhteiskuntatieteellinen julkaiseminen on määrällisesti vähäisempää kuin muilla tieteenaloilla, nämä alat menestyvät varsin hyvin OECD-maiden välisessä suhteellisten viittausindeksien vertailussa.<sup>2</sup>

Humanistisissa ja yhteiskuntatieteissä eri tieteenalojen välillä on huomattavia eroja julkaisuperinteissä ja -käytännöissä. Julkaisukäytännöt vaihtelevat tieteenalojen sisäläkin tutkimuksen erityisalan kansainvälisyydestä riippuen. Jotkut alat ovat perinteisesti ja jo lähtökohdiltaan hyvin kansainvälisiä, ja suuri osa tutkimuksesta julkaistaan kansainvälisissä aikakausjulkaisuissa ja sarjoissa ulkomailla. Muun muassa psykologiassa, taloustieteissä ja informaatiotutkimuksessa julkaiseminen on kansainvälisesti painottunutta. Koulutusaloittain tarkasteltuna kansainvälinen julkaiseminen oli vuosina 1997–1999 laajinta tilastotieteessä, taloustieteissä, filosofiassa ja psykologiassa (taulukko 3). Kokonaistilanne (50 %) ei ole olennaisesti muuttunut vuodesta 1995.

■ Taulukko 3. Ulkomailla julkaistujen artikkeleiden osuus koulutusaloittain vuosina 1997–1999.

Koulutusala	Artikkeleista ulkomaisissa referee-sarjoissa
Teologinen	26 %
Humanistinen	43 %
Taidealat*	56 %
Kasvatusala	45 %
Yhteiskuntatieteellinen	44 %
Psykologia	80 %
Oikeustieteellinen	18 %
Kauppätieteellinen	76 %
Yhteensä	50 %

\*Sisältää taiteen, musiikin ja teatterin koulutusalat.

Lähde: KOTA-tietokanta.

Jatkokoulutuksen kansainvälistyminen on lisännyt nuorten tutkijoiden mahdollisuuksia kansainväliseen julkaisemiseen. Tutkijakoulut ovat tuottaneet muun muassa artikkeleita kansainvälisiin julkaisuihin, ja tohtorikoulutettavilla on ollut julkaisutoimintaa yhdessä ulkomaisten tutkijoiden kanssa. Muun muassa valtio-opin ja hallintotieteen alalla nuorempi tutkijakunta on tehnyt uusia avauksia kansainvälisessä julkaisemisessa.

<sup>2</sup> Tietolähteenä on yhdysvaltalaisen Institute for Scientific Informationin (ISI) tietokanta *National Science Indicators on Diskette 1981–1999*. Suomen tieteellisen julkaisutoiminnan kehitystä analysoidaan kotimaisesta ja kansainvälisestä näkökulmasta raportin yleisen osan luvussa 4.3.

Kotimaisessa tieteellisessä julkaisutoiminnassa keskeisessä asemassa ovat tieteelliset seurat. Tieteellisten seurojen julkaisuvaihto ulkomaisten seurojen kanssa on ollut merkittävä tapa hankkia uusinta tieteellistä kirjallisuutta Suomeen. Lähes kaikilla humanistis-yhteiskuntatieteellisillä aloilla julkaistaan aikakauslehteä tai vuosikirjaa, joka on suunnattu kotimaiselle tiedeyhteisölle. Suomessa julkaistaan myös kansainvälisesti leviäviä aikakausjulkaisuja ja monografiasarjoja. Esimerkiksi fennougristiikassa suomalaiset julkaisut edustavat kansainvälistä kärkeä, joskin julkaisujen kansainvälinen levikki painottuu Itä-Eurooppaan eikä näy kovin edustavasti englanninkielisissä sitaatti-indekseissä.

Julkaisumäärän kasvu on viime vuosina kohdistunut pääasiassa artikkelien julkaisemiseen. Tutkijoiden referoitujen artikkelijulkaisujen määrä oli vuonna 1998 KOTA-tietokannan mukaan 35 prosenttia suurempi kuin vuonna 1995. Psykologiassa ja yhteiskuntatieteissä artikkelijulkaisujen lisäys oli muita aloja suurempaa. Monografioilla on edelleen merkittävä asema useimpien humanistis-yhteiskuntatieteellisten alojen kansainvälisessä ja kansallisessa julkaisemisessa. Esimerkiksi Suomen historiallinen seura julkaisi vuosina 1997–1999 yhteensä 75 nimikettä, joista 33 oli väitöskirjoja. Viime vuosina on myös ulkomailla julkaistujen monografioiden määrä kasvanut.

Kansainvälinen julkaisutoiminta on osoitus kyvystä tuottaa kansainvälisesti arvostettuja tutkimustuloksia. Kansainvälisen tieteellisen julkaisutoiminnan käyttäminen humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tuloksellisuuden arviointiin on kuitenkin ongelmallista. Näillä aloilla on runsaasti paikallista, kulttuurisidonnaista ja kansallista tutkimusta, joka ei sovellu kansainvälisiin julkaisukanaviin. Kotimaisia julkaisuja tarvitaan laajojen Suomea koskevien aiheiden tutkimiseksi ja tieteellisen keskustelun ylläpitämiseksi sekä tieteenalan tunnettuuden lisäämiseksi kotimaassa. Kansainvälisten julkaisujen määrän kohoaminen ei yksiselitteisesti ilmennä tutkimuksen tason nousua, vaan taustalla voi olla myös tutkimuksen volyymissä tapahtunut kasvu, kiihtynyt julkaisutoiminta tai lisääntyneet julkaisumahdollisuudet. Kotimaisten julkaisujen korkea tieteellinen taso voi heijastua kykyyn saada tutkimuksia ulkomaisiin julkaisuihin, joiden artikkelit ovat usein suomenkielisten tutkimusten uusia, kansainväliselle tutkijayhteisölle sovellettuja versioita.

Huomattava osa tutkimuksen tuloksista ilmestyy kotimaisilla kielillä. Suomen kielellä on tärkeä merkitys tutkimustulosten esittämisessä ja välittämisessä. Kansallisen omaisuuden säilymisen kannalta on välttämätöntä, ettei kaikkea tieteellistä tietoa esitetä yksinomaan tai edes pääosin englanniksi. Tutkimuksella on usein myös tiedeyhteisön ulkopuolelle ulottuva rooli yhteiskunnassa ja kulttuurissa, ja tieteellisillä julkaisuilla levitetään samalla tietoa laajemmille piireille. Suomessa tuotettu tieteellinen tieto on kansallista pääomaa, jonka tulee olla myös niiden kansalaisten hyödynnettävissä, jotka eivät kuulu maan korkeasti koulutettuun, kielitaitoiseen eliittiin. Suomen kielen rikas hallinta ja kyky kehittää suomea tieteen kielenä on taito, jonka heikkeneeseen muillakin kuin kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen aloilla tulisi kiinnittää huomiota.

Opetusministeriön Tietoyhteiskunta-ohjelmaan kuuluneen Elektra-projektin tavoitteena on ollut luoda malli yliopistojen elektronista väitöskirjapalvelua varten. Oulun, Tampereen ja Helsingin yliopistoissa onkin toteutettu tai vireillä kokeiluja väitöskirjo-

## KY sisällys

## Sisällys

jen sähköisestä julkaisemisesta. Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla väitöskirjat ovat usein monografiamuodossa ja niille on vaikea löytää julkaisukanavia. Tohtoritutkintojen lisääntyessä on sähköinen julkaiseminen noussut varteenotettavaksi vaihtoehdoksi. Myös aikakauslehtien sähköisen julkaisemisen kokeilut ovat yleistyneet viime vuosina.

## 4 Tutkijakunta

### 4.1 Perustutkinnosta tutkijanuralle

Tutkijakunnan taitotieto on tärkeä tieteen tilan ja tason mittari. Humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen koulutusvastuu on perinteisesti ollut laaja. Vuonna 1999 noin puolet yliopistoissa opintonsa aloittaneista uusista opiskelijoista suuntautui humanistisille ja yhteiskuntatieteellisille koulutusaloille. Painopiste on kuitenkin vähitellen siirtymässä tekniikkaan ja luonnontieteisiin sekä terveystieteisiin. Vuosina 1997–1999 yliopistoihin hyväksytyjen humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen opiskelijoiden absoluuttinen määrä nousi, mutta kasvu johtui yliopistotasoiseen tutkintoon johtavaan koulutukseen hyväksytyjen opiskelijoiden kokonaismäärän noususta. Negatiivista muutosta osoittavat sen sijaan opintonsa aloittaneiden opiskelijoiden absoluuttisen määrän lasku<sup>3</sup> sekä ennen muuta sekä opintoihin hyväksytyjen opiskelijoiden että opintonsa aloittaneiden uusien opiskelijoiden suhteellisen osuuden lasku yliopisto-opiskelijoiden kokonaismäärästä. Toteutunut muutos asettaa haasteita sekä humanististen ja yhteiskuntatieteiden koulutusalojen sisäiselle kehittämiselle että koulutusalojen rajat ylittävälle tieteidenväliselle kehittämistyölle.

Humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen perustutkintojen määrässä ei tarkasteleajanjaksolla ole tapahtunut suuria muutoksia. Näillä aloilla suoritettiin edelleen yli puolet yliopistojen perustutkinnoista. Tarkasteltaessa kehitystä humanistis-yhteiskuntatieteellisten alojen sisällä on havaittavissa selkeitä koulutusaloikohtaisia eroja. Humanistisissa tieteissä, kauppatieteissä ja yhteiskuntatieteissä perustutkintojen määrä on edelleen selvässä kasvussa. Perustutkintojen määrä on puolestaan laskenut teologiassa ja kasvatustieteissä. Kasvatustieteissä vuonna 1999 suoritettujen perustutkintojen määrä oli 11 prosenttia pienempi kuin 1997. Tapahtunut muutos on merkittävä, etenkin kun edeltävänä kautena, vuosina 1990–1996, kasvatustieteelliset perustutkinnot lisääntyivät 40 prosenttia. Taustalla vaikuttavina tekijöinä on aloituspaikkojen supistaminen 1990-luvun alkupuolella resurssileikkausten vuoksi ja toisaalta noususuhdanne, jonka aikana opiskelijat on rekrytoitu työelämään jo ennen perustutkintoa. Teologiassa suoritettujen perustutkintojen määrä oli 24 prosenttia pienempi 1999 kuin 1997. Vaikka lasku vaikuttaa jyrkemmältä kuin kasvatustieteissä, sitä ilmeisesti selittää suoritettujen perustutkintojen pienestä kokonaismäärästä johtuva satunnainen vaihtelu. Naisten osuus perustutkinnon suorittaneista oli vähintään puolet kaikilla humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä koulutusaloilla vuonna 1999. Perustutkinnolla mitattuna naisvaltaisimpia aloja olivat psykologia, kasvatustiede ja humanistiset tieteet.

Yliopistoissa humanistisen tai yhteiskuntatieteellisen perustutkinnon suorittaneiden työmarkkinoissa on huomattavia alakohtaisia vaihteluita. Koulutusjärjestelmän tulee toimia siten, että eri koulutusaloilta valmistuu riittävä määrä perustutkinnon suorittaneita.

3 KOTA-tietokannassa olevat yliopistoihin hyväksytyjä opiskelijoita ja opintonsa aloittaneita uusia opiskelijoita koskevat luvut poikkeavat merkittävästi toisistaan. Hyväksytyjä opiskelijoita koskevat tiedot perustuvat opetushallituksen hakijarekisteriin. Tietosisältö uusista opiskelijoista on puolestaan saatu yliopistoista. Niinpä vuonna 1999 kaikille koulutusaloille hyväksytyjen opiskelijoiden määrä oli 25 517, kun taas opintonsa aloittaneiden uusien opiskelijoiden määrä oli 19 373. Humanististen ja yhteiskuntatieteiden osalta hyväksytyjen absoluuttinen määrä on noussut ja uusien opiskelijoiden lievästi laskenut vuonna 1999. Suhteellisesta osuutta mitattaessa molemmissa on laskeva suunta.



taneita, jotta toisinaan nopeastikin muuttuvat tarpeet voidaan tyydyttää. Alakohtaisen tarvekehityksen arviointia vaikeuttaa se, että yliopistollinen perustutkinto ei enää tähtää yhtä suoraan määrättyyn työtehtävään kuin aikaisemmin. Tämä sinänsä myönteinen kehitys perustutkinnon antamien valmiuksien monipuolisempaan käyttämiseen näkyy esimerkiksi teologiassa, jossa 1999 alle 35-vuotiaista 66 prosenttia työskenteli seurakunnissa, uskonnonopettajina ja muissa teologisissa tehtävissä, kun 45–54-vuotiaiden ikäryhmässä vastaava luku oli 81 prosenttia. Osittain uudentyyppisille työurille hakeutumiseen on ilmeisesti vaikuttanut myös teologien työllisyystilanteen heikkeneminen 1990-luvulla. Ennusteiden mukaan tilanne muuttuu kuitenkin ratkaisevasti vuosina 2000–2010 suurten ikäluokkien jäädessä eläkkeelle. Perustutkinnon tarjoamat mahdollisuudet heijastuvat monilla aloilla myös jatko-opintoja kohtaan tunnettuun kiinnostukseen. Jatkotutkinnon suorittaminen parantaa usein mahdollisuuksia sijoittua työuralle myös yliopistojen ja tutkimuslaitosten ulkopuolella.

## 4.2 Tehostuva tutkijankoulutus

Tohtoritutkintojen määrän nostamisella pyritään suomalaisten koulutustason nostamiseen. Tutkintojen määrä ei ole sinänsä indikaattori tieteen tilasta tai tasosta. Tuotettavien ja tuotettujen tohtoritutkintojen määrää kuitenkin käytetään tutkimuksen tuoksellisuuden indikaattorina muun muassa rahoitusmalleissa. Lisäksi väitöskirjojen määrän lisääntyminen tarkoittaa ammattimaisten tutkijoiden määrän kasvua, joka puolestaan lisää kilpailua ja jonka voi siten ajatella vaikuttavan myös tieteen tasoon.

Opetusministeriön rahoituksella 1995–1999 toimineista tutkijakouluista 32 sijoittui humanistisille ja yhteiskuntatieteellisille aloille. Niissä työskenteli erilaisella rahoituksella kaikkiaan 1 022 tohtoritutkintoa suorittavaa. Uusista vuosille 1999–2003 valituista tutkijakouluista sijoittuu 28 humanistisille ja yhteiskuntatieteellisille aloille. Tutkijakoulujen piiriin ei ole kuitenkaan mahdollista eikä tarkoituksenmukaistakaan sisällyttää kaikkia tieteenaloja, niiden osa-alueita ja jatkokoulutuksen tarvetta. Tutkijakoulujen lisäksi onkin tärkeää, että erilaiset väylät tohtoritutkinnon suorittamiseksi varmistetaan myös tulevaisuudessa. Suomen Akatemian hankerahoitus on yksi tärkeimmistä tutkijankoulutuksen rahoitusmuodoista. Myös yksityisten säätiöiden panostus tieteelliseen jatkokoulutukseen on merkittävä. Taloudellisen nousukauden aikana niiden rahoitusvolyymi on kasvanut ja panostus myös humanististen tieteiden ja yhteiskuntatieteiden jatkotutkintoihin ja kansainväliseen jatkokoulutukseen on lisääntynyt.

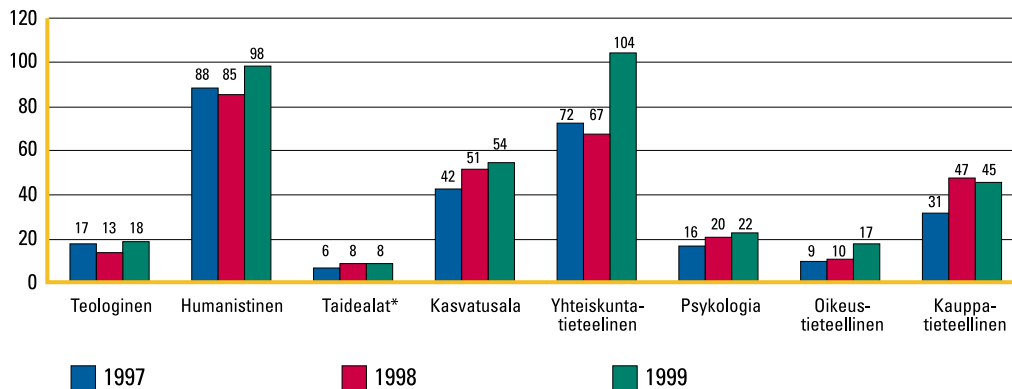
Tutkijakoulujen käynnistäminen on luonut mahdollisuuden järjestelmällisempään ja ammattimaisempaan tutkijankoulutukseen. Toisaalta tohtoritutkintoa suorittavien motiivit myös humanistisen ja yhteiskunnan tutkimuksen aloilla ovat aikaisempaa enemmän ammatillisen pätevyyden hankkimisessa, mikä on seuraus siitä, että yhä harvemmillä tohtorikoulutuksen saaneilla on mahdollisuus jatkaa ammattitutkijan uraa. Onkin kysyttävä, minkälaista tutkijankoulutusta humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla tulevaisuudessa tarvitaan ja miten sen kehittämisessä otetaan huomioon sekä koulutettavilta että yhteiskunnasta nousevat monenlaiset tarpeet. Se, että jatkotutkintojen suorittajista yhä useamman odotetaan sijoittuvan tulevaisuudessa yliopistojen ja tutkimuslaitosten ulkopuolelle, asettaa paineita sekä teoreettisen että ei-teoreettisen koulutuksen kehittämiseen. Taidealojen jatkokoulu-

tuksessa on jo onnistuneesti yhdistetty sekä teoreettinen että ammatillinen lähestymistapa. Tasapaino teorian ja käytännön välillä on tärkeää, jotta voidaan varmistaa humanististen ja yhteiskuntatieteellisten tieteenalojen tuottaman teoreettisen tutkimustiedon saatavuus ja reagoida nopeastikin yhteiskunnasta ja elinkeinoelämästä nouseviin vaihteleviin tiedontarpeisiin. Yhtenä tutkijakoulutuksen kehittämisen tavoitteena tulee olla tohtoreiden hyvät ja joustavat sijoittumismahdollisuudet yhteiskunnan eri sektoreille.

Kasvava tutkijankoulutus sekä tutkijakouluissa että niiden ulkopuolella luo haasteita sekä ohjauksen tarpeelle että sen kehittämiseksi. Erityisongelmana humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen jatkokoulutettavien ohjauksessa on, että alat käsittävät useita tieteenaloja ja niillä toimii lukuisia yliopistollisia laitoksia, joiden mahdollisuudet tuottaa riittävää ja pätevää ohjausta vaihtelevat. Perus- ja jatkotutkintoa suorittavien ohjaustyöhön käytettävät resurssit eivät ole kasvaneet samaa tahtia kuin tutkintojen määrät. Vuonna 1997 humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla suoritettiin 194 ylempää korkeakoulututkintoa sataa opetusvirkaa kohti, vuonna 1999 niiden määrä oli jo 218. Vuonna 1997 suoritettiin sataa professoria kohden 30 tohtoritutkintoa, kun kaksi vuotta myöhemmin tohtoritutkintojen määrä oli noussut 41:een<sup>4</sup>.

Vuosina 1997–1999 suoritettiin humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla yhteensä 948 tohtoritutkintoa. Vaikka tohtoritutkintojen absoluuttinen määrä humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla on kasvanut, näyttää siltä, että väittelyintensivisyys on humanistis-yhteiskuntatieteellisillä aloilla matalampi kuin muilla tieteenaloilla. Humanististen ja yhteiskuntatieteellisten tieteenalojen osuus kaikista väitelleistä oli vuonna 1999 noin 31 prosenttia. Suhteellisessa osuudessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia 1990-luvulla. Naisten osuus alojen väittelijöistä pysytteli lähes samana 1997–1999 ja oli 43 prosenttia vuonna 1999.

■ Kuvio 1. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen koulutusaloilla suoritettut tohtoritutkinnot (lkm) vuosina 1997–1999.



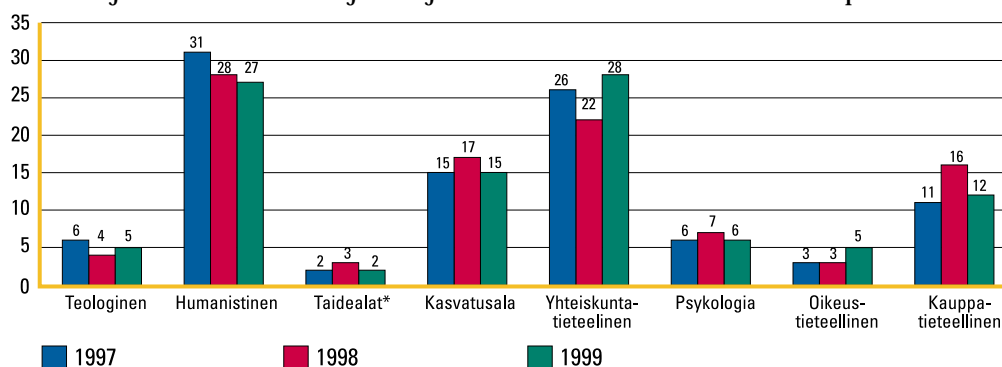
\* Sisältää taiteen, musiikin, teatterin ja kuvataiteen koulutusalat.

Lähde: KOTA-tietokanta.

4 Opetusviroilla tarkoitetaan budjettirahoitteisia professorin, lehtorin, yliassistentin, assistentin tai päätoimisen tuntiopettajan virkoja. Virkojen määrä on laskettu koulutusaloakohtaisesti KOTA-tietokannasta.

Väittelyaktiivisuus vaihteli huomattavasti koulutusalojen välillä vuosina 1997–1999. Koulutusaloissa vertailussa nousee esiin yhteiskuntatieteellisten alojen ”suuri harppaus”. Vuonna 1995 alalta valmistui 59 tohtoria, mutta luku lähes kaksinkertais-  
tui viidessä vuodessa (vuonna 1999 tohtoreita valmistui 104). Lisäksi yhteiskuntatieteellisten alojen suhteellinen osuus kaikista humanististen ja yhteiskuntatieteiden tohtorintutkinnoista nousi lähes kolme prosenttiyksikköä. Kasvatustieteiden kohdalla tohtorintutkimintojen osuus vaihteli tarkasteluajanjaksolla hyvin vähän, vaikka samaan aikaan perustutkimintojen määrä alalla laski. Vuoden 1997 Tieteen tila ja taso -raportissa esitettiin, että tohtoreita tarvittaisiin nykyistä enemmän uusissa kielissä, taidealoilla, taloustieteissä, eräillä kasvatustieteen osa-alueilla sekä viestintä- ja informaatiotieteissä. Tämä suositus näyttäisi ainakin osittain toteutuneen, sillä tohtorintutkimintojen absoluuttinen määrä on noussut yhteiskuntatieteissä, oikeustieteissä, psykologiassa, taloustieteissä ja kasvatustieteissä.

■ Kuvio 2. Tohtorintutkimintojen jakautuminen (%) humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä koulutusaloilla vuosina 1997–1999. Esimerkiksi kauppatieteissä suoritettujen tohtorintutkimintojen osuus tarkasteltujen alojen tutkinnoista vuonna 1999 oli 12 prosenttia.



\* Sisältää taiteen, musiikin, teatterin ja kuvataiteen koulutusalat.

Lähde: KOTA-tietokanta.

Taideyliopistojen tohtorikoulutuksessa Suomi on kansainvälisesti mitattuna edelläkävijämaita. Suomen lisäksi vain Britanniassa on kehitetty pitkään tieteen ja taiteen vuorovaikutusta. Suomen kokemuksista ja tuloksista ollaan sen vuoksi laajasti kiinnostuneita. Tutkijakouluja musiikin, taideteollisuuden, taidekasvatuksen, teatterin ja tanssin ja visuaalisten taiteiden tutkimuksen aloilla on yhteensä viisi. Näistä vanhin on vuonna 1995 alkanut, Sibeliuksen Akatemian koordinoima valtakunnallinen esittävän taiteen tohtorikoulutusohjelma VEST. Vuonna 1998 aloitti toimintansa Taideteollisen korkeakoulun koordinoima tutkijakoulu elokuvan, television ja audiovisuaalisen multimedian ilmaisukeinot tietoverkkojen aikakaudella ELOMEDIA. Muita Taideteollisen korkeakoulun koordinoimia tutkijakouluja ovat vuonna 1999 aloittaneet tutkijakoulut Monikulttuurinen taidekasvatus ja monitieteinen Future Home. Vuonna 1999 aloitti myös Jyväskylän yliopiston koordinoima musiikin- ja äänentutkimuksen tutkijakoulu Pythagoras.

Taidealojen tutkijakoulujen kautta on pyritty tukemaan etenkin tutkijakunnan kasvatamista ja uusien tutkimusalojen kehittymistä. Toisaalta tutkija- ja tohtorikoulutuksella, jossa projektit perustuvat tekijän omaan taiteelliseen työskentelyyn, on ollut vaike-

uksia löytää sopivia rahoitusmuotoja, sillä rahoittajatahot ovat rajanneet tehtävänsä joko tieteellisen tai taiteellisen toiminnan tukemiseen. Löytääkseen ratkaisuja tähän ongelmaan Suomen Akatemia toteutti yhteistyössä Taiteen keskustoimikunnan kanssa suunnatun haun ”Taiteen ja tutkimuksen välinen vuorovaikutus” vuonna 1998. Rahoitusta kohdennettiin nimenomaan taiteellista työskentelyä sisältäviin tutkimushankkeisiin. Hakemuksia tuli myös tiedeyliopistoista, mikä osoitti sen, että taiteiden tutkimuksen kentällä tapahtuu paradigmojen muutosta ja uusien tutkimusmetodien aktiivista kehittämistä.

Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla väitellään eri-ikäisinä. Nuorimmat tohtorintutkinnon suorittaneet tulivat kauppatieteelliseltä alalta, jossa keski-ikä oli 33,6 vuotta. Vanhimmat tohtorintutkinnon suorittaneet valmistuivat vuonna 1998 kasvatustieteestä, jossa väittelijän keski-ikä oli hieman alle 48 vuotta. Tutkijakoulujärjestelmän odotetaan laskevan väittelijöiden keski-ikää tulevaisuudessa. Toisaalta elinikäisen oppimisen yhteiskunnassa tohtorintutkinnon suorittaminen työn ohella on myös tapa kehittää ammattitaitoa elämän eri vaiheissa.

Sukupuolten tasa-arvon toteutumiseen tieteelliselle uralle valikoitumisessa on viime vuosina kiinnitetty yhä enemmän huomiota. Vaikka naiset muodostavat humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisilläkin aloilla enemmistön perustutkinnon suorittaneista, he eivät ohjaudu tieteellisiin jatko-opintoihin samassa suhteessa kuin miehet. Naisten osuus väittelijöistä oli vuosina 1997–1999 kaikilla humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä koulutusaloilla taideaineita lukuun ottamatta pienempi kuin perustutkinnon suorittajista. Vuonna 1999 naisten osuus oli keskimäärin 45 prosenttia. Teologiassa naisten osuus väitelleistä oli pienin (28 %), ja perustutkinnon suorittaneisiin verrattuna heitä oli lähes puolet vähemmän. Perinteisillä tieteenaloilla naisten osuus väitelleistä ylitti 50 prosenttia ainoastaan psykologiassa (taulukko 4).

■ Taulukko 4. Perustutkinnot, tohtorintutkinnot ja naisten osuus koulutusaloittain vuonna 1999.

Koulutusala	Perustutkinnot	Naiset	Naisten osuus %	Tohtorit	Naiset	Naisten osuus %
Teologinen	113	62	55	18	5	28
Humanistinen	1 589	1 240	78	98	46	47
Taideala	161	120	75	2	1	50
Musiikkiala	114	68	60	4	1	25
Teatteriala	73	40	55	2	2	100
Kasvatusala	1 326	1 077	81	54	26	48
Yhteiskuntatieteellinen	1 077	711	66	104	43	41
Psykologia	190	155	82	22	12	55
Oikeustieteellinen	419	219	52	17	5	29
Kauppatieteellinen	1 504	804	53	45	17	38
Kuvataide	15	13	87			
<b>Yhteensä</b>	<b>6 581</b>	<b>4 509</b>	<b>69</b>	<b>348</b>	<b>158</b>	<b>45</b>

Lähde: KOTA-tietokanta.

Opetusministeriön kehittämissuunnitelmassa on asetettu tavoitteeksi 1 400 tohtoria vuodessa ajanjaksolla 2001–2005. Jos humanistis-yhteiskuntatieteellisten alojen osuuden suhteessa muihin aloihin oletetaan pysyvän tulevaisuudessa ennallaan, asetettu tavoite merkitsee vuositasolla 420–440 tohtorintutkintoa. Sitä, miten suhteelliset osuudet tutkintojen tuottamisessa tulevat muuttumaan humanististen ja yhteiskuntatieteiden alojen sisällä, on vaikea arvioida. Tällä hetkellä eräiden koulutusalojen tohtorintutkintojen määrä näyttää olevan laskussa. Toisaalta humanistisiin ja yhteiskuntatieteisiin kuuluu sellaisia koulutusaloja, joilla tutkintojen absoluuttisen määrän nostaminen saattaa osoittautua vaikeaksi tai epätarkoituksenmukaiseksi. Tämä saattaa merkitä paineiden kohdistumista väittelyintensiivisimmille aloille.

Väitösten yleistymisellä on vaikutuksia perustutkinnon asemaan myös humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla. Yhtäältä väitösten määrän kasvaminen saattaa asettaa perustutkinnon ja tohtorintutkinnon suorittaneet kilpailutilanteeseen sekä julkisen että yksityisen sektorin työmarkkinoilla. Toisaalta perustutkinnon suorittaneiden määrä ja työllistymistilanne vaikuttaa jatkokouluttautumishalukkuuteen. Työmarkkinoiden muuttuvat tiedon ja osaamisen tarpeet luovat tarpeita jatkokouluttautumiselle.

#### 4.3 Sijoittuminen ammattitutkijaksi ja työelämään

Tohtorintutkintojen määrän kasvu tulee asettamaan haasteita sekä tohtorien sijoittumiselle että tutkijanuran muotoutumiselle post doc -vaiheessa. On selvää, että valtaosa tohtorintutkinnon suorittaneista ei tule jatkamaan ammattitutkijan uraa. Suomen Akatemian seuraavan viisivuotiskauden tavoitteena on, että joka viidennellä väitelleellä olisi mahdollisuus kouluttautua ammattitutkijaksi joko Akatemian tai yliopiston järjestelmän kautta. Akatemian tavoitteena on kohdentaa vuosina 2001–2004 voimavaroja tutkijatohtorijärjestelmään siten, että sen piiriin kuuluisi vuosittain 15–20 prosenttia väitelleistä. Tämä merkitsee sitä, että seuraavien viiden vuoden kuluessa humanistis-yhteiskuntatieteellisiltä koulutusaloilta valmistuvista tohtoreista noin 400 jatkaa ammattitutkijaksi ja 1 600 tulee sijoittumaan muihin tehtäviin.

Ammattitutkijaksi kouluttautuminen tohtorintutkinnon suorittamisen jälkeen tapahtuu ennen kaikkea Suomen Akatemian ja yliopistojen virkojen kautta. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnalle osoitettujen tutkijatohtorien määrä on hitaasti kasvanut vuodesta 1997, jolloin järjestelmä käynnistettiin. Hakupaine virkoihin on vaihdellut vuosittain, mutta keskimäärin 10 prosenttia vuosina 1997–1999 avoimessa virkahaussa hakeneista on saanut myönteisen päätöksen. Vanheman tutkijan virkojen kohdalla sekä virkojen määrä että niihin kohdistuva hakupaine on vaihdellut enemmän, keskimäärin kuitenkin 15 prosenttia hakeneista on saanut viran.

Yliopistojen virkarakenteessa on tapahtumassa muutoksia, jotka vaikuttavat tulevaisuudessa sekä tutkijankoulutukseen että ammattimaisen tutkijanuran rakentumiseen ja tohtorintutkinnon suorittaneiden sijoittumiseen. Helsingin yliopistossa päätettiin vuonna 1999 opetus- ja tutkimusvirkojen järjestelmän kehittämisestä siten, että yliopiston virkarakenteessa siirrytään pääsääntöisesti kolmiportaiseen järjestelmään: assistentti, yliopistonlehtori ja professori. Assistentti-nimike rajataan jatkokoulutusvirkoi-

hin (poikkeuksena tohtoriassistentti), kun taas yliopistonlehtorin kelpoisuusvaatimuksena tulee olemaan tohtoritutkinto. Toistaiseksi muissa yliopistoissa ei ole tehty samankaltaisia päätöksiä.

Tilastokeskukselta saatujen tietojen mukaan<sup>5</sup> yliopistojen sekä budjetti- että ulkopuolisella rahoituksella toimivasta tutkimus- ja opetushenkilöstöstä naisten osuus oli vuonna 1998 yli puolet lukuun ottamatta professuureja ja yliassistentteja. Naisten osuus professoreista oli humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla jonkin verran suurempi kuin keskimäärin. Tieteenalakohtaisesti oli kuitenkin suuria eroja. Esimerkiksi kansantaloustieteessä ja tilastotieteessä ei vuonna 1998 ollut professoreina naisia, ja oikeustieteissä, historiassa ja filosofiassa naisprofessoreita oli alle 10 prosenttia. Kielitieteissä naisten osuus professorikunnasta oli korkein (42 %), mutta myös kasvatustieteessä, sosiaalitieteissä, kulttuurien tutkimuksessa ja taiteiden tutkimuksessa naisten osuus oli vähintään 30 prosenttia.

Tohtoreiden absoluuttisen määrän kasvattamisen ei tulisi olla itsetarkoituksellista, vaan sen tulisi lähteä todellisista tiedon ja osaamisen tarpeista. Eri tieteenalojen tohtoreiden tarvetta ja sijoittumismahdollisuuksia niin yksityiselle kuin julkisellekin sektorille on kuitenkin vaikea arvioida, koska työtehtävät eivät noudata tieteenalojen rajoja. Työmarkkinoille ennustetaan sukupolvenvaihdosta suurten ikäluokkien jäädessä eläkkeelle. Tohtoreiden määrän kasvu asettaa suuria haasteita tulevaisuudessa juuri sijoittumista ajatellen. On tärkeää, että jatkotutkinnon suorittaneet sijoittuisivat koulutetaan vastaavaan työhön erityisesti yliopistojen ja tutkimuslaitosten ulkopuolelle.

Humanistisilta ja yhteiskuntatieteellisiltä aloilta valmistuneiden tohtoreiden arvostukseen ja sijoittumiseen liittyvistä erityiskysymyksistä on saatavilla varsin vähän tietoa. Asiaa on käsitelty muun muassa tutkijakouluista ja tohtoroitumisesta tehdyissä selvitelyissä. Positiivista on se, että viime vuosina valmistuneet tohtorit eivät juurikaan ole työttöminä. Tilastokeskuksen sijoittumistilastojen mukaan vuosina 1996–1998 humanistisen ja yhteiskuntatieteellisen koulutusalan tohtoritutkinnon suorittaneista (777) työttöminä oli 3 prosenttia vuoden 1998 lopussa. Toisaalta heidän osuutensa kaikista työttömistä tohtoreista (61 %) nousi varsin korkeaksi.

Työllisten humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tohtoreiden sijoittumisesta on käytettävissä varsin vähän yksityiskohtaista tieteenalojen tasolle menevää tietoa, eivätkä työsuhteen laatu ja kesto käy tilastoista ilmi. Tilastokeskuksen sijoittumistilastojen mukaan 62 prosenttia vuosina 1996–1998 valmistuneista työllisistä humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tohtoreista on sijoittunut valtion palvelukseen. Kuntien palveluksessa toimi alle 10 prosenttia, ja näistä eniten oli humanististen ja kasvatustieteiden tohtoreita. Yksityiselle sektorille on sijoittunut 24 prosenttia. Yksityisen sektorin osuuteen on laskettu yksityisten yritysten lisäksi muun muassa seurakunnat, järjestöt ja säätiöt. Kiinnostava yksityiskohta yksityiselle sektorille sijoittumisessa on selkeä ero miesten ja naisten välillä. Tilastokeskuksen aineiston mukaan yksityiselle sektorille sijoittuneista lähes 65 prosenttia oli miehiä. Samantyyppisiin tuloksiin viittaa

---

5 Tietolähteenä on valtion henkilöstörekisteri ja yliopistojen antamat tiedot. Yksittäisen henkilön tieteenala on määritelty laitoksen tieteenalan mukaan. Tietoihin on sisällytetty osa-aikainen henkilökunta ja joissain tapauksissa myös virkavapaalla olevia henkilöitä.

myös tutkijakouluista valmistunut selvitys. Sen mukaan yliopistoihin, tutkimuslaitoksiin ja Suomen Akatemian palvelukseen oli sijoittunut lähes 60 prosenttia tutkijakouluista valmistuneista tohtoreista. Tutkijakouluista valmistuneista yksityiselle sektorille sijoittui kaikkiaan 11,7 prosenttia; naisista 8,5 prosenttia ja miehistä 16,7 prosenttia. Yllättävänä voi pitää sitä, että ammattikorkeakoulujen ja koululaitoksen palvelukseen sijoittui vain seitsemän (alle 5 %) selvityksen 145 tohtorista. Edellisessä Tieteen tila ja taso -raportissa ennakoitiin, että muun muassa filosofian tuleminen lukioiden valinnaiseksi oppiaineeksi laajentaa filosofien työmahdollisuuksia, mutta niin ei ilmeisesti ole käynyt, vaan tunnit on annettu muiden aineiden opettajien hoidettaviksi.

Humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tohtoreille ei ole julkisen sektorin ja koululaitoksen ulkopuolella selkeitä työmarkkinoita. Tohtoreiden absoluuttisen lukumäärän kasvaminen merkitsee humanistisen ja yhteiskunnallisen tiedon tuottamisen ammattiosaajien ja tieteellisten asiantuntijoiden määrän kasvua yhteiskunnassa. Samaa aikaan työmarkkinat ovat muuttumassa ja ammattirakenteet murtumassa tieto- ja osaamiskeskeisten ammattien kasvun myötä. Kehittyvät tiedonvälitystekniikat tarvitsevat substanssiosaajia tiedon ja sisällön tuottamiseksi. Humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tohtoreilla on monipuolista asiantuntijuutta tietoyhteiskunnassa tarvittavissa taidoissa. Heidän osaamistaan tiedon tuottamisessa, tiedon hankinnassa, tiedon kriittisessä arvioinnissa, tiedon välittämisessä ja esittämisessä sekä eri kulttuurien vuorovaikutustaidoissa tarvitaan palveluiden ja tuotteiden kehittämiseksi ihmisten tarpeisiin.

## 5 Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen haasteita ja kehittämisehdotuksia

Uudet tieteelliset ongelmat ja tulokset syntyvät usein tieteenalojen välisillä rajapinnoilla. Ongelmakeskeisessä perustutkimuksessa vastauksia etsitään yhä useammin eri tieteenalojen metodeja käyttäen ja monitieteisiä lähestymistapoja kehittäen. Eri-tyisesti uuden luonnontieteellisen, lääketieteellisen ja teknologisen tutkimuksen tulosten ja sovellusten aiheuttamien kulttuuristen ja yhteiskunnallisten muutosten hallinta edellyttää, että monitieteisyys ulottuu luonnontieteiden ja ihmistieteiden rajojen yli. Jo valistunut keskustelu luonnontieteiden ja ihmistieteiden edustajien välillä edellyttää entistä enemmän perehtymistä toisen alan lähtökohtiin ja lähestymistapoihin. Sitäkin enemmän tarvitaan perehtymistä, kun ongelmia pyritään ratkaisemaan monitieteisistä lähtökohdista. Tämä muodostaa haasteen niin humanisteille ja yhteiskuntatieteilijöille kuin myös luonnontieteiden, lääketieteen ja tekniikan tutkijoille.

- Perusopetuksessa ja tutkijankoulutuksessa on luotava uusia mahdollisuuksia perehdyttää ja perehtyä eri tieteenalojen lähestymis- ja ongelmaratkaisutapoihin.
- Yliopistojen on kehitettävä monitieteisten tutkimusalojen arviointimenetelmiä ja rahoitusmalleja.
- Monitieteisissä tutkimusohjelmissa on lisättävä eri rahoittajatahojen välistä yhteistyötä.

Yliopistojen budjettirahoitteen opetus- ja tutkimushenkilökunnan määrä on vähentynyt seurantajakson aikana. Samaan aikaan opiskelijoiden ja suoritettujen tutkintojen määrä on lisääntynyt. Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla opiskelijoiden määrä yhtä opettajaa kohden on sen vuoksi selvästi epäedullisempi kuin muilla tieteenaloilla. Laitoksilla työskentelee yhä enemmän budjetin ulkopuolisella rahoituksella palkattuja tutkijoita, jotka vievät osan laitosten perusresursseista, mutta eivät juuri osallistu opetukseen.

- Korkeatasoinen tieteellinen tutkimus edellyttää korkeatasoista perus- ja jatkoopetusta, jonka toteutumiseksi myös humanistisille ja yhteiskuntatieteellisille aloille tarvitaan lisää vakinaisia opetus- ja tutkimusvirkoja.
- Ulkopuolisella rahoituksella toteutettaviin hankkeisiin on sisällytettävä yleiskustannuslisä, joka korvaa laitoksille tutkijoiden ja tutkimusryhmien sijoituksesta aiheutuvia kustannuksia ja siirtää näin varoja perustoiminnan kehittämiseen.
- Yliopistojen perusrahoitus on turvattava siten, että se vastaa vähintäänkin reaali-kustannuksissa tapahtunutta nousua.
- Ulkopuolisella rahoituksella yliopistoissa työskentelevien tutkijoiden mahdollisuutta osallistua opetukseen on kehitettävä.

Tohtoritutkintojen määrä on lisääntynyt voimakkaasti humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla. Näin on syntynyt merkittävä osaamispotentiaali, jota voidaan hyödyntää sekä yliopistojen opetuksessa ja tutkimuksessa että muualla yhteiskunnassa. Tutkijakouluista on muodostunut keskeinen väylä ammattimaiselle tutkijanuralle aikoville, mutta pääosa tohtoreista valmistuu edelleen tutkijakoulujen



ulkopuolelta. Yhä harvemmalla tohtorilla on mahdollisuus sijoittua ammattitutkijaksi.

- Tutkijakoulujärjestelmää on kehitettävä vastaamaan nykyistä paremmin humanististen ja yhteiskuntatieteellisten alojen tarpeita.
- Vaihtoehtoisia väyliä tohtorintutkintoon ja niiden joustavia rahoitusmahdollisuuksia on edelleen kehitettävä.
- Tohtorintutkinnon tuottamalle pätevyydelle olisi luotava tilaa etenkin julkishallinnossa, kouluissa ja oppilaitoksissa, mutta myös yksityisellä sektorilla.
- Tutkijankoulutuksen kehittämisessä on otettava huomioon sekä teoreettiset että eiteoreettiset valmiudet siten, että tohtoreiden sijoittumismahdollisuudet ovat hyvät ja joustavat.

Eurooppalainen ja maailmanlaajuinen yhteistyö on oleellinen osa kaikkea tutkimustoimintaa. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkijoille yhteistyö merkitsee paitsi yhteisiä tai verrannollisia tutkimusaiheita ja -ongelmia ja teoreettisen ajattelun vuorovaikutusta myös kysymystä tieteellisen ajattelun kansallisesta ja kansainvälisestä edistymisestä. Kansainvälisyyteen kuuluu vanhastaan tutkimuksen tulosten julkaiseminen myös muilla kielillä. Kansainvälistyminen tässä mielessä ei kuitenkaan vähennä tai tee tarpeettomaksi tarvetta tutkimustiedon julkaisemiseen kansallisilla kielillä. Tieteellä on keskeinen merkitys kansallisen kulttuurin ja itseyttämyksen luomisessa ja suomalaisen sivistys- ja hyvinvointivaltion rakentamisessa.

- Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen alalla tutkimuksen kansainvälisyyden merkitystä on arvioitava muillakin kriteereillä kuin englanninkielisten julkaisujen määrillä. Arviointiperusteiksi pitäisi ottaa muun muassa tutkimuksen merkitys kulttuurien ja yhteiskuntien välisen tiedon ja ymmärtämisen sekä monikulttuurisen ajattelun ja monikielisen elämänmuodon edistäjänä.
- Euroopan unionin tutkimusrahoitusta on pyrittävä suuntaamaan oleellisesti enemmän humanistiseen ja yhteiskuntatieteelliseen tutkimukseen, jotka muodostavat eurooppalaisen identiteetin keskeisen ymmärrysperustan.
- Erityistä huomiota on kiinnitettävä kansallisten ja kansainvälisten rahoittajaorganisaatioiden yhteistyöhön tutkimusrahoituksessa.
- Muilla kielillä julkaisemisen edellytyksiä on parannettava suuntaamalla resursseja kääntämis- ja kielentarkistuspalveluihin.
- Tieteen yhteiskunnallisen vaikuttavuuden ja omakielisen tieteellisen ajattelun vahvistamiseksi tieteellistä julkaisemista myös kansallisilla kielillä on tuettava kaikilla tieteenaloilla.

## Kirjallisuus

Kansainvälistä rahoittajayhteistyötä selvittävän työryhmän muistio 4.2.2000. Suomen Akatemian asettaman työryhmän muistio.

Kivinen, Osmo, Hannu Lehti & Timo Metsä-Tokila (1997). Tohtoroitumisen Ilot ja Kiroit. *Turun Yliopiston koulutussosiologian tutkimuskeskuksen raportteja* 40.

Kivinen, Osmo, Sakari Ahola & Päivi Kaipainen (1999; toim.). Towards the European Model of Postgraduate Training. *University of Turku, Research Unit for the Sociology of Education, Research Report* 50.

*Koulutus ja tutkimus vuosina 1999–2004. Kehittämissuunnitelma* (2000). Opetusministeriö, Helsinki.

Luukkonen, Terttu. (1997). Arviointi ja yhteiskunta – humanististen tieteidenalojen julkaisutoiminta. *Teoksessa Suomen tieteen tila ja taso. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus. Suomen Akatemian julkaisuja* 8/97, 196–200.

Naisten tutkijauran seurantatyöryhmän muistio 29.2.2000. Suomen Akatemian asettaman työryhmän muistio.

Niskanen, Pirjo, Riikka Eela, Sasu Hälikkä & Terttu Luukkonen (1998). Suomalaiset EU:n tutkimuksen neljännessä puiteohjelmassa. *Teknologian kehittämiskeskus, Kansainvälisten verkostojen raportti* 3/98.

Oppilaitostilastot 1999 (1999). *Tilastokeskus, Koulutus* 1999: 6.

Suomen tieteen tila ja taso. Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja* 8/97.

*Tutkijakoulut 2000. Toiminta, tulokset, tehokkuus* (2000). Opetusministeriö/Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto, Helsinki.

Tutkijakoulujen ja tutkijakoulujärjestelmän arviointi sekä esitykset tutkijakouluiksi vuosille 1999–2002. Esitys Suomen Akatemian hallitukselle.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1991. Tilastotiedotteen *Tiede ja teknologia* 1993: 1 liitetaulukot (1993). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1993:1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1995. Taulukot (1997). *Tilastokeskus, Tiede ja Teknologia* 1997: 1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta Suomessa 1998 (1999). *Tilastokeskus, Tiede, teknologia ja tutkimus* 1999: 2.

Tutkinnon sijoittumistilastot 1998. Vuosina 1996–1998 tohtorin tutkinnon suorittaneiden pääasiallinen toiminta vuoden 1998 lopussa. Tilastokeskus, Helsinki. (ennakkotieto)

Välimaa Jussi (1998; toim.). *Tohtori tuli taloon? Tutkimus tohtoreista ja pk-yrityksistä*. Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto.

Yliopistojen perusrahoituksen turvaaminen lainsäädännöllä vuoden 2000 jälkeen (1999). *Opetusministeriön työryhmien muistioita* 30: 1999.

## KY sisällys

## Sisällys

### **Muuta aineistoa:**

Opetusministeriön KOTA-tietokanta.

Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen Focus-tietokanta.

Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen tietojärjestelmä TUTTI.

Suomen Akatemian vuosi- ja toimintakertomukset.

.

Sisällys

KY sisällys

LT sisällys

Sisällys

# LUONNONTIETEIDEN JA TEKNIIKAN TUTKIMUS



SUOMEN AKATEMIA

LUONNONTIETEIDEN JA TEKNIIKAN  
TUTKIMUKSEN TOIMIKUNTA

Sisällys

LT sisällys

# SISÄLLYS

<b>Johdanto</b> .....	169
<b>1 Tutkimuksen toimintaympäristö</b> .....	171
1.1 Tutkimusrahoitus .....	171
1.2 Tutkimushenkilöstö .....	172
1.3 Kehittyvien alojen haasteet .....	174
1.4 Koulutuksen ja tutkimuksen tietostrategian toteuttaminen .....	177
<b>2 Tutkimuksen edistäminen ja suuntaaminen</b> .....	179
2.1 Suomen Akatemia luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen tukijana ...	179
2.2 Tutkimusohjelmat .....	180
2.3 Huippuyksiköt .....	183
2.4 Teknologian kehittämiskeskuksen tutkimusrahoitus .....	184
2.5 Akatemia-Tekes -yhteistyö .....	185
2.6 Kansainvälinen tutkimusyhteistyö .....	186
2.7 Laiterahoituksen kehittäminen .....	188
<b>3 Tutkijanura</b> .....	189
3.1 Tutkijanvirat .....	189
3.2 Tutkijakoulut .....	189
3.3 Naiset tutkijoina .....	190
<b>4 Tutkimusalojen kehittyminen viime vuosina</b> .....	192
4.1 Matematiikka .....	192
4.2 Informaatiotekniikka .....	195
4.3 Elektroniikka ja sähkötekniikka .....	198
4.4 Avaruus- ja geotieteet sekä tähtitiede .....	202
4.5 Fysiikka .....	205
4.6 Prosessitekniikka .....	209
4.7 Kemia .....	212
4.8 Kone- ja valmistustekniikka sekä tuotantotalous .....	215
4.9 Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, arkkitehtuuri sekä teollinen muotoilu ..	218
<b>5 Päätelmät – haasteita ja kehittämisehdotuksia</b> .....	222
<b>Kirjallisuus</b> .....	228

Sisällys

LT sisällys



## Johdanto

Suomen Akatemian luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan edustamien tieteenalojen tutkimus Suomessa kattaa suurimman osan tutkimuksen kentästä. Valtaosa teollisuuden tutkimustoiminnasta tapahtuu tällä alueella. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen tuloksia hyödynnetään entistä laajemmin myös näiden alojen ulkopuolella. Luonnontieteet ja tekniikka tarjoavat välineitä ja menetelmiä, joilla uutta tietoa tuotetaan myös muilla tieteenaloilla.

Suomen Akatemian tehtävänä on vaikuttaa siihen, että yliopistoissa jatkossakin tehdään korkealaatuaista perustutkimusta ja annetaan sitä tukevaa koulutusta. Erityisen kriittistä on opetus- ja tutkimustoiminnan laadun ja määrän turvaaminen elinkeinoelämän voimakkaita kasvualoja tukevilla tieteenaloilla.

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta tarkastelee omassa osuudessaan edustamiensa tieteenalojen kehitystä ja niiden toimintaympäristöjen muutosta edellisen, vuonna 1997 ilmestyneen ”Tieteen tila ja taso” -katsauksen jälkeen.

Toimikunta tukee seuraavia tieteenaloja: *geotieteet, avaruustutkimus ja tähtitiede, matematiikka, tietojenkäsittelytieteet, tietoliikenne- ja automaatiotekniikka, elektroniikka- ja sähkötekniikka, lääketieteellinen tekniikka, fysiikka ja teknillinen fysiikka, kemia ja kemian tekniikka, materiaali- ja prosessitekniikka, kone- ja valmistustekniikka, tuotantotalous, arkkitehtuuri ja teollinen muotoilu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka sekä edellä mainittuihin tutkimusalueisiin liittyvä biotekniikka ja ympäristötekniikka.*

Sisällys

LT sisällys

# 1 Tutkimuksen toimintaympäristö

## 1.1 Tutkimusrahoitus

### *Yritysten tutkimusrahoitus voimakkaassa kasvussa*

Tutkimus- ja kehittämistoimintaan käytettiin Suomessa 17,3 miljardia markkaa vuonna 1997 ja arvion mukaan 22,3 miljardia markkaa vuonna 1999. Yritykset arvioivat tutkimusrahoituksensa kohoavan vuonna 1999 15,5 miljardiin markkaan, mikä on yli kaksi kolmasosaa koko tutkimusrahoituksesta. Yritysten tutkimusrahoitus on kasvanut nopeasti: vuodesta 1997 vuoteen 1999 se nousi 36 prosenttia ja vuodesta 1991 se on yli 2,5-kertaistunut.<sup>1</sup>

Pääosa yrityssektorin t&k-rahoituksen kasvusta on tapahtunut 1990-luvulla sähköteknisen teollisuuden yrityksissä. Mikäli yritysten arvioima tutkimus- ja tuotekehitysmenojen kasvu toteutuu vuonna 1999, sähköteknisen teollisuuden osuus koko yritysten t&k-toiminnan rahoituksesta nousee 55 prosenttiin. Sähköteknisen alan tutkimusrahoitus nousi reaalisesti 23 prosenttia vuodesta 1997 vuoteen 1998. Metall- ja konepajateollisuudessa kasvu oli 11 prosenttia ja kemianteollisuudessa 10 prosenttia. Sähköteknisen teollisuuden t&k-rahoitus oli vuonna 1998 reaalisesti lähes neljä kertaa niin suuri kuin vuonna 1991. Samanaikaisesti metalli- ja konepajateollisuuden sekä kemianteollisuuden t&k-rahoitus on 1,3-kertaistunut. Muilla teollisuuden toimialoilla t&k-rahoitus on jopa pienentynyt.<sup>2</sup>

### *Yliopistosektorin tutkimusrahoitukseen panostettava*

Julkisen sektorin tutkimusrahoituksen kasvu ei ole yltänyt samalle tasolle yksityisen sektorin kanssa. Yliopistojen ja yliopistollisten keskussairaaloitten rahoitus oli vuonna 1999 arvion mukaan yhteensä 4,1 miljardia markkaa ja muun julkisen sektorin rahoitus 2,7 miljardia markkaa.

Yliopistojen perusrahoituksen turvaamista tarkastellut opetusministeriön työryhmä on selvittänyt yliopistomäärärahojen kehitystä. Työryhmän vuonna 1999 julkaistun raportin mukaan määrärahat eivät ole lisääntyneet suhteessa toiminnan laajenemiseen. Yliopistomäärärahojen reaalitaso vuonna 1998, 4,8 miljardia markkaa, oli vuoden 1991 luokkaa.

Selvityksen mukaan määrärahojen kehitys suhteessa opiskelija- ja tutkintomääriin on 1990-luvulla ollut aleneva. Yliopistojen reaalimäärärahat ovat laskeneet vuosina 1991–1998 uusia opiskelijoita kohden 12 prosenttia ja maisterin ja tohtorin tutkintojen yhteismäärää kohden 28 prosenttia. Säästöt ovat kohdistuneet erityisen voimakkaasti toimintamenoihin, kuten kirjasto- ja laitehankintoihin. Samanaikaisesti yliopistot toimivat ympäristössä, jossa teknologisen kehityksen nopeuden ja tutkimustoiminnan laajenemisen seurauksena mm. laitteistojen, tietotekniikkavälineistön ja tietoliikenneverkkojen uusiutumismuutos on jatkuvasti kiihtynyt. Tämän vuoksi rahoituksen kehi-

1 Tilastokeskus.

2 Tilastokeskus.

tyksen pysähtyminen näkyy erityisesti luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamilla tieteenaloilla.

1990-luvun loppupuolella toteutuneet yliopistojen määrärahojen lisäykset, esimerkiksi tietoteollisuuden lisärahoitusohjelman tuoma lisäys, ovat usein olleet hankesidonnaisia. Yliopistojen toimintaan tarkoitettujen ennalta kohdentamattomien toimintameno-rahojen määrä on supistunut, mikä aiheuttaa ongelmia yliopistojen toiminnassa.

Yliopistojen tutkimusmäärärahat ovat nousseet ulkopuolisen rahoituksen voimakkaan kasvun johdosta. Vuonna 1991 tutkimusmäärärahat olivat 2,1 miljardia markkaa, josta ulkopuolisen rahoituksen osuus oli 31 prosenttia. Vuonna 1998 yliopistojen tutkimusmäärärahat olivat nousseet 3,5 miljardiin markkaan, josta ulkopuolisen rahoituksen osuus oli 47 prosenttia.<sup>3</sup> Tekniikan alalla ulkopuolisen rahoituksen osuus oli samana vuonna jo 59 prosenttia. KOTA-tietokannan antamien tietojen mukaan tutkimukseen käytettyjen määrärahojen osuus yliopistojen kokonaisrahoituksesta vuonna 1998 oli 49 prosenttia.

Tilanteessa, jossa yhä suurempi osa yliopistoissa tehtävästä tutkimuksesta tehdään ulkopuolisella rahoituksella, on kilpailuun perustuvan rahoituksen merkitys kasvanut. Suomen Akatemian rooli perustutkimuksen suurimpana ulkopuolisena rahoittajana on korostunut ja Akatemian vastuu on kasvanut lisääntyneen rahoitusvaltuuden myötä. Akatemian rahoitus on kasvanut korkeatasoisen tieteellisen tutkimuksen alueella.

Yrityssektorin, erityisesti elektroniikka- ja sähköalan, voimakas kasvu ja panostus tutkimus- ja kehittämistoimintaan asettaa julkiselle sektorille haasteita lisätä omaa tutkimuspanostaan vastaamaan yhteiskunnan tarpeita. Valtion tiede- ja teknologianeuvosto on vuoden 2000 katsauksessaan "Tiedon ja osaamisen haasteet" todennut, että yliopistoissa tiedon ja osaamisen tuottamiseen tulisi olla käytettävissä nykyistä enemmän julkista perusrahoitusta. Neuvosto ehdottaa 1,2 miljardin lisäystä valtion tutkimus- ja innovaatorahoitukseen vuoteen 2004 mennessä. Tavoitteena on myös löytää Suomeen uusia kasvualoja voimakkaasti kehittyneen tietoteollisuuden rinnalle. Opetusministeriön koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa vuosille 1999–2004 todetaan, että tutkimusrahoitusta lisätään siten, että saavutettu tutkimus- ja kehitystoiminnan kokonaisrahoituksen taso turvataan, ja että julkisen rahoituksen osuutta kokonaistutkimuspanoksesta vahvistetaan.

## 1.2 Tutkimushenkilöstö

Tutkimushenkilöstön määrä on kasvanut ripeästi 1990-luvun lopulla. Yrityksissä tutkimus- ja tuotekehitystehtävissä työskenteli vuonna 1998 runsaat 32 400 henkilöä. Näistä sähköteknisen teollisuuden toimialalla oli yli 13 500 henkilöä, metalli- ja konepajateollisuudessa yli 4 800 ja kemian teollisuudessa lähes 3 700 henkilöä.<sup>4</sup>

Elektroniikka- ja sähköteollisuus on suurin toimiala ja tutkijankoulutuksen saaneiden työllistäjä. Alan henkilöstön kokonaisuus on Elektroniikka- ja sähköalan ELEN-en-

---

<sup>3</sup> Tilastokeskus.

<sup>4</sup> Tilastokeskus.

nakointiprojektin mukaan viisivuotiskaudella 1997–2002 yli 50 prosenttia. Tutkimus- ja kehitystehtävissä toimiva henkilöstön nettolisäys on arviolta noin 17 000 ja tuotantotehtävissä yli 8 000. Samanaikaisesti Tekesin julkaiseman ”Ohjelmistoteollisuuden kasvun strategia ja haasteet” -raportin mukaan alan uusia työpaikkoja syntyy vuonna 1999 yli 2 000, vuonna 2003 jo 3 000 ja vuonna 2006 yli 5 000 työpaikkaa.

Teollisuus tarvitsee entistä enemmän luonnontieteiden ja tekniikan alojen korkeasti koulutettua henkilökuntaa, erityisesti tutkijoita sekä tutkijankoulutuksen saaneita asiantuntijoita. Yliopistoissa on pulaa matematiikkaa ja luonnontieteitä riittävästi osaavista opiskelijoista. Vuonna 1999 ylioppilaskirjoituksissa pitkän matematiikan suorituksia oli 13 800. Samana vuonna luonnontieteellisillä ja teknillisillä aloilla aloitti opintonsa yliopistoissa lähes 7 600 opiskelijaa. Ammattikorkeakouluissa näille aloille oli varattu 8500 aloituspaikkaa. Korkeatasoista luonnontieteellistä ja matemaattista osaamista tarvitaan myös muilla aloilla. Oman ongelmansa luonnontieteellisen perussivistyksen turvaamiseen maassamme tuo matemaattisten aineiden opettajien ikärakenne; lähivuosina suuri osa alan aineopettajista siirtyy eläkkeelle. Syksyllä 1997 oli lukion matematiikan, fysiikan ja kemian opettajista 45 prosenttia yli 50-vuotiaita.<sup>5</sup>

Mikäli osaamiseen perustuvan tietoyhteiskunnan kehityksen ja tietoteollisuuden kasvun halutaan jatkuvan samansuuntaisena, on opiskelijoiden rekrytointipohjaa pystytävä laajentamaan asiantuntijoiden tarpeen tyydyttämiseksi. Tämä vaatii erityisesti naisten aseman vahvistamista. Naisten osuus on pieni luonnontieteiden ja erityisesti tekniikan alalla. Valtion tiede- ja teknologianeuvosto on vuoden 2000 katsauksessaan esittänyt koulutuksen yleisessä kehittämisessä kiireellisimmäksi asiaksi erityistoimpiteet matemaattis-luonnontieteellisen perusosaamisen lisäämiseksi ja korkea-asteen rekrytointipohjan laajentamiseksi.

Tähän tavoitteeseen tähtää opetusministeriön vuonna 1996 käynnistämä ”Suomalaisien matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002” kansalliset kehittämistalkoot (LUMA). Ohjelman tavoitteena on nostaa luonnontieteiden ja tekniikan alan osaamista Suomessa eri tasoilla. Talkoiden tärkeä osa on koululaisten matematiikan ja luonnontieteiden tietojen ja taitojen lisääminen. Tavoitteena on, että lukion matematiikan, fysiikan ja kemian laajoja ja syventäviä kursseja opiskelevien määrä lisääntyisi. Sukupuolten välistä tasa-arvoa pyritään parantamaan siten, että tyttöjen osuus näiden aineiden opiskelijoista lisääntyisi. Myös tekniikan aloille on tarpeen saada lisää naisopiskelijoita. Matemaattisten aineiden aineenopettajien määrää pyritään lisäämään siten, että se vastaa alan opetustarpeita.

Suomen Akatemian Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2000 (MALU 2002) -tutkimusohjelma pyrkii antamaan oman tutkimuspanoksensa talkoisiin rahoittamalla muun muassa koulu- ja yliopisto-opetuksen tutkimiseen ja kehittämiseen kohdistuvia hankkeita vuosina 1998–2000.

---

<sup>5</sup> LUMA-projekti.

### 1.3 Kehittyvien alojen haasteet

#### *Uudet ja kehittyvät tutkimusalat*

Kehittyvien alojen haasteena on alkaneen hyvän kehityksen jatkaminen ja uusien kasvualueiden tunnistaminen. Tietoteollisuuden lähivuosille ennakoitua kasvuluvut ovat 1990-luvulla toteutuneen kehityksen suuntaisia sekä tuotannon, viennin että työpaikkojen osalta.<sup>6</sup> Tutkimustoimintaa rajoittavaksi tekijäksi nousee julkisen ja yksityisen tutkimuspanostuksen lisäksi myös koulutetun tutkimushenkilöstön saataavuus. Tutkijankoulutusta pitäisi lisätä kasvavan tutkimustarpeen ja rahoituksen tahdissa.

Tietointensiivisillä aloilla on keskeistä korkeatasoinen tutkimustoiminta, joka edellyttää yleensä vankkaa tutkimusperinnettä ja korkeaa tiedon ja osaamisen tasoa. Uuden tiedon ja osaamisen syntyminen edellyttää suunnitelmallista ja pitkäjänteistä panostusta tutkimuksen vahvoille alueille sekä uusille kehittyville aloille. Perustutkimuksen aseman turvaamiseen ja motivoituneiden, lahjakkaiden jatko-opiskelijoiden ja senioritutkijoiden saamiseen kehittyvien alojen tutkimuksen pariin on myös kiinnitettävä erityistä huomiota.

Tietoteollisuus on nopeimmin kasvava osa Suomen teollisuudesta. Se muodosti vuonna 1998 jo noin neljäsosan teollisuuden kokonaisviennistä. Luonnontieteen ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tieteenaloista tälle alueelle kuuluvat informaatiotekniikka sekä tietoliikenne ja elektroniikka. Alueen merkitys on viime vuosina jatkuvasti kasvanut ja tulevaisuudessa korkeatasoinen tieteellinen tutkimus vaikuttaa sen kehitykseen merkittävästi.

Tietoteollisuuden ja tietoyhteiskunnan kehityksen keskeisiin pullonkauloihin kuuluu pula osaavasta henkilökunnasta niin teollisuudessa kuin tutkimuslaitoksissa ja yliopistoissa. Alan peruskoulutuksen kehittämiseksi onkin käynnistetty tietoteollisuuden lisäkoulutusohjelma, jonka tarkoituksena on mm. kaksinkertaistaa yliopistoissa tapahtuva maisteri/DI-tasoinen koulutus vuoden 1998 tasosta, 3 000 opiskelijasta, vuoteen 2002 mennessä. Samalla myös alan tutkijakouluihin on suunnattu lisäresursseja.

Tietoteollisuudelle on leimallista tutkimus- ja tuotekehitysintensiivisyys. Tietoteollisuuden suunnattu kotimainen tutkimusrahoitus onkin viime vuosina kehittynyt suotuisasti sekä julkisen että teollisuuden oman rahoituksen osalta. Tietoteollisuus muodostaa myös keskeisen osan EU:n viidennen puiteohjelman sisällöstä.

Sähkö- ja elektroniikkateollisuuden voimakkaan kasvun myötä ohjelmisto-osaamista tarvitaan yhä enemmän Suomessa. Arvioiden mukaan ohjelmistokehitykseen suuntautuu usein yli puolet sähkö- ja elektroniikka-alan yritysten tuotekehityspanostuksesta. Uuden ohjelmistoteknologian mahdollisuuksien nopea hyödyntäminen onkin koko elektroniikkateollisuuden kannalta tärkeä haaste. Ohjelmistoalan osaamista hyödynnetään kasvavassa määrin lähes kaikilla yhteiskunnan aloilla. Varsinaisen ohjelmistoteollisuuden liikevaihto Suomessa oli noin 10 miljardia markkaa vuonna 1998 ja alalla

<sup>6</sup> Valtion tiede- ja teknologianeuvosto.

arvioitiin olevan noin 20 000 työntekijää. Näistä ohjelmistotuotteita valmistavien yritysten osuudeksi arvioitiin noin puolet.<sup>7</sup>

Informaatioteknologian ja liiketoimintaosaamisen lisäksi selviä kasvupaineita ja uusia potentiaalisia kasvualoja on tunnistettavissa ympäristöosaamisessa, biotekniikassa, hieno- ja erikoiskemikaalien tuotannossa, kone- ja valmistustekniikassa sekä meteoteollisuuden eri sektoreilla, missä suomalaisen osaamisen näkyvyys on erittäin voimakasta. Kemianteollisuuden tuotannolle on tyypillistä, että bulk-tuotanto on laskevissa, kun taas hieno- ja erikoiskemikaalien osuus on voimakkaassa kasvussa. Erikoiskemikaalien tuotannossa sellu- ja paperikemikaalien osuus on yksi voimakkaimmin kasvaneista tuotantoaloista.

Materiaalitutkimus on yksi nopeimmin kehittyvistä tutkimusaloista, jolla on merkittäviä sovelluksia sekä teollisuudessa että eri tieteen aloilla. Tutkimus on tavallisesti monitieteistä ja siinä käytetään kemian ja fysiikan menetelmiä. Materiaalitutkimus on keskeisessä asemassa johtavien teollisuusmaiden innovaatiojärjestelmissä ja siihen sijoitetaan huomattavia resursseja. Materiaalien tutkimusta ja kehitystä tehdään kaikilla materiaali-aloilla (metallit, keraamit, polymeerit) suurikokoisista konstruktiomateriaaleista aina nanomateriaaleihin asti. Voimakkaimman kehityksen kohteina ovat erilaiset toiminnalliset (funktionaaliset) materiaalit (keraamit ja polymeerit), biomateriaalit, pinnat ja ohutkalvot sekä nanomateriaalit. Useilla toiminnallisilla materiaaleilla ohutkalvomuodossa on keskeinen rooli modernin elektroniikan kehityksessä.

Keskeistä materiaalitutkimuksessa on materiaalien valmistus koostumukseltaan, rakenteeltaan, pintaominaisuuksiltaan ja muodoltaan virheettömiksi. Olennaista on myös se, että ominaisuuksia räätälöidään eri sovelluksia varten. Myös materiaalien kemiallinen ja fysikaalinen karakterisointi on haastavaa, sillä se on aina tehtävä perusteellisesti unohtamatta materiaalin soveltuvuutta sille ajateltuun käyttötarkoitukseen.

Bioinformatiikka on tärkeä kehitettävä tieteenala. Erilaiset genomiprojektit tuottavat sekvenssidataa yhä kiihtyvällä nopeudella; tiedon määrän kaksinkertaistumisajan arvioidaan olevan tällä hetkellä noin puolitoista vuotta. Tämän tietotulvan hallinta ja analysointi on eräs tutkimuksen etenemisen keskeinen haaste. Jotta tähän haasteeseen voitaisiin vastata, on kehitettävä uusia matemaattisia malleja ja menetelmiä sekä algoritmeja ja ohjelmistoja. Tärkeimmät sovellusalueet liittyvät sekvenssianalyysiin, funktionaaliseen genomiikkaan sekä proteiinien rakenteen ennustamiseen.

Kansainvälisessä kilpailussa ja kehityksessä keskeisenä osana on ekokilpailukyvynt nostaminen yhdistämällä ympäristöteknologia tuotteisiin ja tuotantoprosesseihin. Vuoden 1999 hallitusohjelmassa on korostettu ympäristön tilan parantamiseen ja ympäristöteknologioiden kehitykseen liittyviä toimenpiteitä. Erityisesti on mainittu ympäristö- ja energiateknologian tutkimus ja kehitys sekä ympäristöteknologiatuotteiden viennin kasvava merkitys. Tuotteiden ja sivutuotteiden kierrätettävyys ja tuotteiden elinkaaren pidentäminen ovat nykyisin kaikille teollisuudenaloille ensiarvoisen tärkeitä kilpailuvaltteja. Ekokilpailukyky on nousemassa tuotteiden ja palvelujen hinnan ja laadun rinnalla merkittäväksi markkinatekijäksi. Teollisuuteen on lanseerattu uusia

7 Valtion tiede- ja teknologianeuvosto.

termejä – teollinen ekologia, vihreä kemia ja tuotantoteknologia – joiden tavoitteina ovat ympäristön tilan kannalta puhtaammat tuotantomenetelmät ja tuotteet. Näillä nuorilla tutkimusaloilla tieteelliseen tutkimustoimintaan panostaminen on ajankohtaista.

Suomessa on tällä hetkellä noin 300 ympäristöteknologiayritystä. Ekotuotteita viedään maastamme yli 25 miljardilla markalla vuodessa. Vain kolmasosa ympäristöteknologiayrityksistä toimii kotimarkkinoilla. Suomalainen ympäristöteknologiaosaaminen on korkeatasoista. Ympäristöteknologian alan tutkimus on luonteeltaan monitieteellistä ja tieteiden välistä. Se pitää sisällään kemian, prosessiteknikan, konetekniikan, informaatioteknologian, tuotantotalouden ja ympäristötieteiden tutkimusta, mutta esimerkiksi high tech -osaaminen ja -tiedonsiirto ympäristöteknologiaan on vasta alkamassa. Alan korkeatasoisen tieteellisen tutkimuksen kehittäminen on ajankohtainen haaste.

Biotekniikka ja molekyylibiologia ovat hyvin resurssoituja tutkimusaloja Suomessa. Alalla on kansainväliset mitat täyttäviä huipputasoisia tutkimusryhmiä. Suomessa on tällä hetkellä yli 90 biotekniikkayritystä<sup>8</sup>. OECD:n piirissä biotekniikka on selvästi siirretty prioriteettilistan kärkeen. EU:n viidennessä puiteohjelmassa biotieteiden tutkimusta tuetaan yli 12 miljardilla markalla<sup>9</sup>. Biotekniikan hyvästä tutkimuspohjasta huolimatta tutkimustulosten siirto käytäntöön ei ole onnistunut aivan odotetulla tavalla, koska alan tutkimus painottuu melko voimakkaasti pelkästään perusmolekyylibiologiaan. Biotekniikan teollinen nousu on vasta alkamassa. Tästä syystä tutkimusrahoitusta tulisi kohdentaa erityisesti biotekniisiin tuotteisiin liittyvään kemiaan sekä teollisten tuotantoprosessien suunnitteluun ja kehitykseen.

Tekesin eräänä pitkän tähtäimen tavoitteena on saada aikaan vahva, kansainvälisesti toimiva suomalainen tutkiva ja kehittävä lääketieteellisyys, jonka kehitysprojektit perustuvat myös luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan alueella tehtävään suomalaiseen perustutkimukseen. Suomessa on myös elintarvikealan huipputason osaamista. Kuluttajien kiinnostus elintarvikkeiden terveysvaikutuksiin kasvaa jatkuvasti. Elintarvikealan suomalainen huipputason osaaminen kohdistuu myös erilaisiin menetelmällisiin erityisvalmiuksiin, kuten tuotantotapaan, analytiikkaan ja testauksiin. Kemian ja prosessiteknikan tutkimus on keskeisessä asemassa kehitettäessä uusia bioteknisiä sovelluksia teollisuuden eri aloilla, ympäristönsuojelussa, maa- ja metsätaloudessa sekä luonnonvarojen hyödyntämisessä kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti.

#### *Monitieteinen ja tieteidenvälinen tutkimus*

Innovaatiot syntyvät usein tieteiden rajapinnoilla. Professori Reijo Miettisen tutkimusryhmä on selvittänyt suomalaisten innovaatioiden taustoja. Selvityksessä, jossa tutkittiin kuutta suomalaista menestysinnovaatiota, todettiin, että innovaatiot yleisimmin syntyvät yhteistyöverkostoissa vahvojen osaamiskulttuurien vuorovaikutuksessa.

<sup>8</sup> Kuusi, H. Biotechnology in Finland. Journal of Commercial Biotechnology 6 (2000) 3, s. 188-192.

<sup>9</sup> Biotekniikka 2000 -työryhmän välimuistio. Helsinki 2000, Opetusministeriö, 5: 2000. s 37.



Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimustoiminta on jo nyt varsin monitieteistä. Yhteistyö on kasvanut erityisesti luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamien tieteenalojen kesken. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen tuloksia hyödynnetään entistä laajemmin myös näiden alojen ulkopuolella. Luonnontieteet ja tekniikka tarjoavat välineitä ja menetelmiä, joilla uutta tietoa tuotetaan myös muilla tieteenaloilla.

Tieteiden välistä yhteistyötä luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan edustamilla tieteenaloilla on kehitetty esimerkiksi biotieteiden ja terveystieteiden suuntaan. Myös ihmisen ja tekniikan vuorovaikutukseen, sekä uusien teknisten järjestelmien ja tuotteiden käytettävyyteen ja terveysvaikutuksiin on kiinnitetty entistä enemmän huomiota.

Monitieteisyyden kasvu on näkynyt viime aikoina esimerkiksi matematiikassa, jossa uusiksi tutkimusalueiksi ovat nousseet mm. finanssimatematiikka ja bioinformatiikkaan liittyvä matematiikka. Tietotekniikan kehitys ja sen sovellukset näkyvät kaikilla tieteenaloilla. Informaatiotekniikassa ajankohtaista tieteidenvälisessä yhteistyössä on ohjelmistotuotanto ja sisältötuotannon asettamat haasteet, käytettävyyssnäkökohdat sekä sosioekonomisten ja kulttuurivaikutusten huomioonottaminen. Ympäristötieteiden ja -teknologian alan tutkimus on luonteeltaan monitieteistä ja tieteidenvälistä, ja sen merkitys on lisääntymässä.

Monitieteisyyttä on pyritty tukemaan kaikkien Suomen Akatemian tutkimusohjelmien avulla. Ohjelmien tavoitteena on lisätä samalla tutkimuksen ongelma-alueella toimivien tutkimusryhmien yhteistyötä ja kehittää monitieteistä lähestymistapaa tutkimusongelmiin.

Luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan edustamilla tieteenaloilla toimivat tutkimuksen huippuyksiköt ovat monitieteisiä: Teknillisen korkeakoulun Kylmälaboratorion tutkimustoiminnassa yhdistyvät tekniikka ja lääketiede; Tampereen teknillisen korkeakoulun ”Ohjatun kudosten uusiutumisen sekä lääke-, hammaslääke- ja eläinlääketieteellisten biomateriaalien” tutkimusryhmän työssä tekniikka ja kirurgia. Teknillisen korkeakoulun Laskennallisen tieteen ja tekniikan tutkimuskeskuksen tutkimuksessa yhdistyvät tekniikka ja käyttäytymistieteet.

Monitieteistä lähestymistapaa tulee edelleen kehittää ja luoda mahdollisuudet uudelle ajattelulle. Suomen Akatemian toimikuntien edustamien tieteenalojen väliin jäävien alojen rahoituksesta tulisi kantaa erityistä huolta. Näiden alojen arviointiin ja rahoitukseen tulee löytää sopivat työkalut.

#### 1.4 Koulutuksen ja tutkimuksen tietostrategian toteuttaminen

Tuotekehitystä ja teollisuutta palveleva soveltava tutkimus nojaa siihen liittyvien ilmiöiden syvälliseen ymmärtämiseen ja pitkäjänteisen tieteellisen tutkimuksen saavutuksiin. Tässä yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla on keskeinen rooli.

Opetusministeriön vuonna 1995 julkistaman koulutuksen ja tutkimuksen tietostrategian mukaisesti on maassamme ryhdytty toimenpiteisiin tietoteollisuutta palvelevien tutkimusalojen tukemisessa. Strategian seurauksena tutkimusrahoituksen lisäysohjel-

maa on suunnattu tietoteollisuuden tutkimuksen aloille. Tämän lisäksi on toteutettu tietoteollisuuden koulutuksen lisätoimenpideohjelma.

#### *Tutkimusrahoituksen lisäysohjelma*

Valtion tutkimusrahoituksessa vuosina 1997–1999 toteutetun lisäysohjelman keskeinen tehtävä oli tehostaa innovaatiojärjestelmän toimintaa talouden, yritystoiminnan ja työllisyyden hyväksi. Suurin osa rahoituksesta (76 %) kanavoitiin jaettavaksi Suomen Akatemian ja Teknologian kehittämiskeskuksen kautta. Lisämäärärahan tärkeänä kohteena olivat tekniikan ja luonnontieteiden sekä tietointensiivisen yritystoiminnan kannalta merkittävät tutkimusalat.

Suomen Akatemia on kohdentanut rahoituksen strategisesti tärkeille tutkimusaloille suunnattuihin tutkimusohjelmiin, tutkimuksen huippuyksiköiden vahvistamiseen, tutkijatohjorijärjestelmän luomiseen ja nuorten tutkijoiden uran edistämiseen sekä kansainvälisen tutkimusyhteistyön laajentamiseen. Lisärahoituksen odotetaan parantavan Suomen mahdollisuuksia menestyä kansainvälisessä kilpailussa sekä tieteen että teknologian alueella.

#### *Tietoteollisuuden koulutuksen lisätoimenpideohjelma*

Vastatakseen elektroniikan ja sähkötekniikan sekä tietoliikenteen ja tietojenkäsittelyn aloilla kasvavaan korkeasti koulutetun henkilöstön kysyntään opetusministeriö on laatinut vuosia 1998–2002 koskevan tietoteollisuuden koulutuksen lisätoimenpideohjelman, jonka mukaan korkea-asteen opiskelupaikkoja lisätään sekä pysyvästi että määräaikaisin toimenpitein. Yliopistoissa tietoteollisuutta tukevien alojen aloituspaikkamääriä lisätään 1 000 opiskelijalla vuoteen 2000 mennessä ja muuntokoulutuksen avulla alalle siirretään yli 5 000 opiskelijaa. Tutkijankoulutuspaikkoja on lisätty 60:llä vuoden 1999 alusta näiden alojen tutkijakouluihin. Koulutusvolyymin lisääminen edellyttää myös opettajamäärien huomattavaa lisäystä yliopistoissa.

Myös tietoteollisuusalan yritykset osallistuvat laajennusohjelman toteuttamiseen esimerkiksi lahjoittamalla 47 miljoonaa markkaa Teknillisen korkeakoulun, Tampereen teknillisen korkeakoulun ja Oulun yliopiston teknillisen tiedekunnan laitekannan lisäämiseen ja ajanmukaistamiseen.

## 2 Tutkimuksen edistäminen ja suuntaaminen

### 2.1 Suomen Akatemia luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen tukijana

Korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa tehtävän tieteellisen tutkimuksen ulkopuolisena rahoittajana Suomen Akatemialla on merkittävä rooli. Akatemia on tehnyt viime vuosina työtä erityisesti tutkimuksen tason nostamiseksi, korkeatasoisten tutkimusympäristöjen edellytysten luomiseksi ja ammattimaisen tutkijanuran monipuoliseksi kehittämiseksi.

Näiden päämäärien mukaisesti myös luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tavoitteina ovat toimialansa kansainvälisesti korkeatasoisen tutkimuksen tunnistaminen ja määrätietoinen tukeminen, alan huippututkimuksen ja lupaavien ryhmien tukeminen, tutkijankoulutuksen kehittäminen ja ammattimaisen tutkijanuran edistäminen, tutkimukseen liittyvän kansainvälisen toiminnan vahvistaminen ja uusien merkittävien tutkimusalojen tunnistaminen.

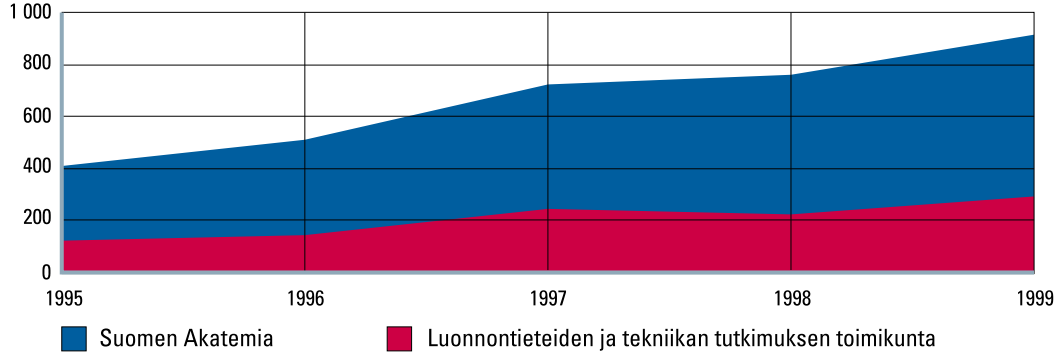
Yhteiskunnan tarpeiden tyydyttämiseksi onkin erityisesti kiinnitetty huomiota tietoteollisuuden tarvitsemiin aloihin, eli elektroniikkaan ja sähkötekniikkaan, tietotekniikkaan, tietoliikenteeseen ja tietojenkäsittelytieteisiin. Myös kemia ja prosessiteknologia sekä kone- ja valmistustekniikka ovat olleet toimikunnan painoalueina, koska nämä alat ovat Suomen hyvinvoinnin ja kehityksen kannalta strategisesti merkittäviä. Esimerkkinä tästä panostuksesta ovat useat Suomen Akatemian luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan aloitteesta käynnistämät tutkimusohjelmat, jotka kohdistuvat kyseisille aloille. Tutkimusohjelmien tavoitteina ovat alan tutkimuksen tason nostaminen, tietopohjan luominen, tutkijoiden verkottumisen lisääminen sekä tutkijankoulutuksen tehostaminen.

#### *Rahoituksen kehitys*

Suomen Akatemian tutkimusrahoitus on yli kaksinkertaistunut vuosina 1995–1999, osittain tutkimuksen lisärahoitusohjelman vaikutuksesta. Kun tarkastellaan rahoitusta ilman kansainvälisten järjestöjen jäsenmaksuja, on luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan suhteellinen osuus Suomen Akatemian tutkimusrahoituksesta pysynyt lähes samalla tasolla tarkasteltuna ajanjaksona (kuvio ja taulukko 1).

Tutkimusrahoituksen lisäksi Akatemia vastaa useiden kansainvälisten tieteellisten järjestöjen jäsenmaksuista, joiden avulla suomalaiset tutkijat voivat osallistua kansainvälisiin yhteistyöhankkeisiin ja tutkimusohjelmiin. Eräät jäsenmaksut ovat hyvin merkittäviä, kuten luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan rahoitusosuudessa vuodesta 1997 lähtien mukana ollut CERN:in (European Organisation for Nuclear Research) jäsenmaksu. Vuonna 1999 jäsenmaksun suuruus oli 42 miljoonaa markkaa ja sen osuus toimikunnan kautta kulkevasta rahoituksesta oli yli 12 %.

■ Kuvio ja taulukko 1. Suomen Akatemian sekä luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tutkimusrahoituspäätökset (milj. mk) vuosina 1995–1999. \*



	1995	1996	1997	1998	1999
Suomen Akatemian tutkimusrahoitus	407,9	509,7	720,9	761,5	916,0
Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tutkimusrahoitus	122,0	143,8	243,1	221,8	294,9
Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan osuus	30 %	28 %	34 %	29 %	32 %

\* Mukana ei ole kansainvälisten järjestöjen jäsenmaksuja.

Lähde: Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen tietojärjestelmä TUTTI ja tutkimuksen seurantajärjestelmä FOCUS.

### Rahoituksen vaikuttavuus

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan myöntämän rahoituksen vaikuttavuutta kartoitettiin vuonna 1998 tehdyssä selvityksessä, jossa tarkasteltiin vuosina 1996 ja 1997 päättyneitä elektroniikan, sähkötekniikan, kemian, kone- ja valmistustekniikan, prosessi- ja materiaalitekniikan sekä tietojenkäsittelytieteiden hankkeita. Hankkeiden vastuulliset johtajat pitivät juuri Akatemian myöntämää rahoitusta keskeisenä sekä hankkeen onnistumiselle että kyseisen tieteenalan kehittymiselle Suomessa. Selvityksessä mukana olleiden hankkeiden soveltava ja teollinen merkitys oli varsin mittava – viidesosassa hankkeista tuloksia on jo kaupallistettu. Myös hankkeiden tieteellinen taso oli korkea ja julkaisumäärät sekä suoritettujen tohtorintutkintojen lukumäärät olivat niissä keskimääräistä suurempia.

## 2.2 Tutkimusohjelmat

Tutkimusohjelmien tavoitteena on alan tutkimuksen tason nostaminen, tietopohjan vahvistaminen, tutkijoiden verkottumisen lisääminen sekä tutkijankoulutuksen tehostaminen. Tutkimusohjelmien kautta luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta on selkeimmin pystynyt tukemaan painoalueitaan. Toimikunnan tavoitteena on vuodesta 1998 alkaen ollut käynnistää vuosittain yksi tutkimusohjelma tietoteollisuuden liittyvälle alalle ja yksi ohjelma jollekin muulle Suomen kannalta strategisesti tärkeälle alueelle. Taulukossa 2 on esitetty luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tutkimusohjelmille myöntämä rahoitus.

■ Taulukko 2. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan (LT) edustamien alojen osuus Suomen Akatemian tutkimusohjelmille myöntämästä rahoituksesta vuosina 1995–1999.

Päätös- vuosi	Tutkimusohjelma (rahoituskausi)	LT ** %	LT *** %/v	milj. mk	Yhteensä milj. mk
1995	Ekologinen rakentaminen (1995–1998)	66,6		5,5	
			19,6		5,5
1996	Ekologinen rakentaminen (1995–1998)	76,7		3,9	
	Materiaali- ja rakennetutkimus Ila (1994–2000)*	69,5		18,0	
	Tieto I (1996–1999)	38,6		19,2	
			36,0		41,1
1997	Materiaali- ja rakennetutkimus Iib (1994–2000)*	89,7		34,8	
			27,5		34,8
1998	Kaupunkitutkimus (1998–2001)	6,6		0,5	
	Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002 (1998–2000)	63,3		3,8	
	Metsäntuotteiden materiaalitiede (1998–2001)	31,0		8,6	
	Tietoliikenne-elektroniikka (1998–2001)	89,3		25,2	
	Ympäristöterveyden tutkimus (1998–2001)	2,8		0,9	
			26,5		39,0
1999	Elektroniikan materiaalit ja mikrosysteemit (1999–2002)	100		29,5	
	Globaalimuutostutkimus (1999–2002)	32,0		8,0	
	Prosessiteknologian tutkimus (1999–2002)	88,3		13,1	
	Rakennebiologian tutkimus (2000–2002)	16,4		3,3	
	Tieto II (2000–2001)	26,8		4,0	
			38,4		57,9
1995–1999			31,5		178,3

\* Materiaali- ja rakennetutkimuksen I vaiheessa vuosina 1993–1994 rahoitettiin kaudelle 1993–1996 38 hanketta 47,1 miljoonalla markalla.

\*\* Sarake ilmoittaa LT:n rahoitusosuuden ao. tutkimusohjelmassa.

\*\*\* Sarakkeessa näkyy LT:n osuus ko. vuoden tutkimusohjelmärahoituksessa.

Lähde: Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen tietojärjestelmä TUTTI.

Vuonna 2001 on tarkoitus käynnistää kaksi uutta luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan vastuulla olevaa kolmivuotista tutkimusohjelmaa, Avaruustutkimusohjelma ja Teletronics II. Lisäksi toteutetaan suunnatut haut *Ohjelmistokehityksen menetelmät ja välineet* sekä yhteistyössä kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnan kanssa *Digitaalisten tietovarantojen tuotanto, hallinta ja käyttö*. Seuraavassa on esitelty käynnissä olevien ja uusien ohjelmien tavoitteet.

*Prosessiteknologian tutkimusohjelman (1999–2002)* tavoitteena on kehittää kemiallisten ja mekaanisten prosessien laatua ja edistää prosessiteollisuuden tuotteiden kilpailukykyä pitkällä aikajänteellä ottaen huomioon ympäristö, turvallisuus ja taloudellisuus. Tavoitteena on myös luoda ja tukea prosessitekniikan perustutkimusta sekä kehittää

tutkimusmenetelmiä ja työkaluja perusilmiöiden tutkimiseen. Ohjelman budjetti on 15 miljoonaa markkaa. Tutkimushankkeet edustavat monipuolisesti suomalaisen prosessiteknikan eri osa-alueita bioprosessiteknikasta katalyyttitutkimukseen sekä mallintamisesta poltto- ja puunjalostusprosesseihin.

*Elektroniikan materiaalien ja mikrosysteemien tutkimusohjelman (1999–2002)* tavoitteena on tukea suomalaisen elektroniikka-alan tutkimus- ja kehitystoimintaa luomalla pitkäjänteistä ja korkeatasoista tutkimusta sekä tukemalla yliopistollisten tutkimusympäristöjen kehittämistä. Ohjelmaa rahoitetaan sen kestoaikana yhteensä 30 miljoonalla markalla. Ohjelmaan valitut hankkeet edustavat monipuolisesti puolijohdeteknologiassa käytettävien materiaalien kasvatusta ja niiden prosessointia mikro- ja optoelektronikassa sekä mikromekaniikassa käytettäviksi komponenteiksi ja mikrosysteemeiksi.

*Matemaattisten menetelmien ja mallien kehittäminen eri tieteenaloille, MaDaMe, -tutkimusohjelman (2000–2003)* tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman laaja hakijakenttä. Matematiikka on monen tieteenalan käyttämä kieli, jonka avulla ongelmia voidaan lähestyä ainakin menetelmänsä puolesta eksaktilla tavalla, vaikka sovellusalueet usein ovatkin kaikkea muuta kuin eksaktisti kuvattavia. Tutkimusohjelman hakijat edustavat useita tieteenaloja: matematiikka, tietojenkäsittelytiede, tietoliikenne-elektroniikka, fysiikka, kemia, tilastotiede, metsäntutkimus, prosessiteknikka, biotieteet, ekologia, lääketiede ja liiketaloustiede. Tämä kertoo paitsi matematiikan käyttökelpoisuudesta useisiin yhteyksiin, erityisesti sen merkityksestä nykyajan tieteen yleistyökaluna. Yhdessä MALU 2002 -ohjelman kanssa MaDaMe-ohjelma vaikuttaa merkittävästi Suomen matematiikan koulutuksen ja tutkimuksen tason ylläpitämiseen. MaDaMen budjetti on yhteensä 34,5 milj. markkaa.

*Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002, MALU 2002 -ohjelman (1998–2000)* tavoitteena on lisätä matematiikan ja luonnontieteiden osaamista ja edistää niiden hyödyntämistä muilla tieteenaloilla. Ohjelmalle on varattu 6 miljoonaa markkaa, joista 3,8 miljoonaa markkaa osoitetaan toimikunnan edustamille tieteenaloille.

*Tulevaisuuden kone- ja valmistustekniikan tutkimusohjelma (TUKEVA) (2000–2002)* on monitieteinen ohjelma, jonka päätavoitteena on vahvistaa ja luoda uutta pitkäjänteistä, korkeatasoista perustutkimusta, joka edistää suomalaisen kone- ja valmistustekniikan tutkimusta ja kehitystä. Ohjelma tukee samalla kone- ja valmistustekniikan yliopistollisten tutkimusympäristöjen kehittämistä, mikä on välttämätöntä alan tohtori- ja tutkijankoulutuksen lisäämiseksi. TUKEVA-ohjelman laajuus on 15 miljoonaa markkaa.

*Telectronics -tutkimusohjelman (1998–2001)* tavoitteena on luoda huipputason osaamista tieteellisesti keskeisillä ja nopeasti kehittyvillä tietoliikenteen ja elektroniikan tutkimusaloilla. Tutkimusohjelman keskeinen aihepiiri on laajakaistainen tiedonsiirto. Ohjelma toteutetaan yhteistyössä Tekesin teknologiaohjelmien kanssa. Ohjelmaa rahoitetaan sen kestoaikana yhteensä 30 miljoonalla markalla.

*Avaruustutkimusohjelma* (suunniteltu käynnistyvän vuonna 2001) on avaruusfysiikkaan, avaruustähtitieteeseen ja ympäristökaukokartoitukseen painottuva ohjelma, jonka rahoitukseen osallistuu Suomen Akatemian lisäksi Tekes. Ohjelma toteutetaan

kiinteässä yhteistyössä Euroopan avaruusjärjestö ESA:n kanssa. Akatemian rahoitus kolmivuotiskaudeksi on 25 miljoonaa markkaa edellyttäen, että valtion talousarvioissa osoitetaan Akatemialle tarvittavat varat.

*Telectronics II -tutkimusohjelma* (suunniteltu käynnistyvän vuonna 2001) on jatkoa aikaisemmalle Telectronics-tutkimusohjelmalle. Ohjelma pyrkii varmistamaan Suomen elektroniikan ja tietoliikenteen perustutkimuksen pysymisen maailman kärjessä. Tutkimusohjelma keskittyy lisäämään tietämystä laajakaistaiselle tiedonsiirrolle keskeisissä teknologioissa sekä tuottamaan uutta tietoa sen soveltamiselle yleiseen käyttöön. Ohjelman rahoitus kolmivuotiskaudelle on 10 miljoonaa markkaa sekä lisäksi kansainvälisenä rahoittajayhteistyönä toteutettava osuus on 5 miljoonaa markkaa edellyttäen, että valtion talousarvioissa osoitetaan Akatemialle tarvittavat varat.

### 2.3 Huippuyksiköt

Suomen huippuyksikköstrategian päämääränä on luovien ja kansainvälisesti korkeatasoisten tutkimus- ja koulutusympäristöjen muodostaminen ja tukeminen. Huippuyksikköohjelman tavoitteena on luoda pitkäjänteiset toimintaedellytykset vahvoille tutkimusyksiköille, jotka edustavat omalla alallaan korkeaa kansainvälistä tieteellistä tasoa. Yksiköt muodostuvat yhdestä tai useammasta korkeatasoisesta tutkimusryhmästä, joilla on selkeät yhteiset tutkimukselliset päämäärät.

Suomen Akatemian nimeämästä 17:sta tutkimuksen huippuyksiköstä vuosina 1997–1999 viisi toimi luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen edustamilla tieteenaloilla. Vuosiksi 2000–2005 huippuyksiköiksi valituista 26 ryhmästä yhdeksän edustaa luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan aloja (taulukko 3). Näistä kolme yksikköä toimii tietoteollisuuden kannalta keskeisillä aloilla. Vuonna 1998 toteutetussa huippuyksikkövalinnassa ensimmäisellä hakukierroksella huippuyksikköohjelmaan haki kaikkiaan 166 yksikköä, joista 61 edusti luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan aloja. Akatemian hallitus valitsi kansainväliseen arviointiin perustuvalla toisella hakukierroksella 51 yksikköä, joista 21 oli toimikunnan edustamilta aloilta. Näistä yksiköistä yhdeksän valitun yksikön lisäksi useat muut saivat erittäin hyvät arvioinnit tutkimustoiminnan tasosta ja siten täyttivät huippuyksikkökriteerit.

Keväällä 1999 Suomen Akatemia osoitti huippuyksiköiden toiminnalle rahoitusta 126,6 miljoonaa markkaa, josta luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamien alojen osuus oli 36 prosenttia (44 950 000 mk/ 9 yksikköä). Huippuyksiköiden tukitoiminnoille osoitettiin yhteensä 20,6 miljoonaa markkaa, josta luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan alan kahdelle tukitoiminto-organisaatiolle myönnettiin yhteensä 6,5 miljoonaa markkaa (32 %).

■ **Taulukko 3. Huippuyksiköt ja tukitoiminto-organisaatiot luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamalla tieteenaloilla vuosina 2000–2005.**

Huippuyksiköt vuosina 2000–2005
Signal Processing Algorithm Group (SPAG) / Signaalinkäsittelyn tutkimusryhmä Huippuyksikön vastuullinen johtaja: professori Jaakko Astola
Åbo Akademi Process Chemistry Group / Prosessikemian tutkimusryhmä Huippuyksikön vastuullinen johtaja: professori Mikko Hupa
Research Centre of Computational Science and Engineering / Laskennallisen tieteen ja tekniikan tutkimuskeskus Huippuyksikön vastuullinen johtaja: akatemiaprofessori Kimmo Kaski
Computational Condensed-Matter and Complex Materials Research Unit (COMP) / Laskennallisen materiaalfysiikan tutkimusyksikkö Huippuyksikön vastuullinen johtaja: akatemiaprofessori Risto Nieminen
Neural Networks Research Centre and Laboratory of Computer and Information Science / Neuroverkkojen tutkimusyksikkö ja informaatiotekniikan laboratorio Huippuyksikön vastuullinen johtaja: akatemiaprofessori Erkki Oja
Low temperature laboratory / Kylmälaboratorio Huippuyksikön vastuullinen johtaja: professori Mikko Paalanen
Tissue Engineering and Medical, Dental and Veterinary Biomaterial Research Group (BRG) / Ohjatun kudosten uusiutumisen sekä lääke-, hammaslääke- ja eläinlääketieteellisten biomateriaalien tutkimusryhmä Huippuyksikön vastuullinen johtaja: akatemiaprofessori Pertti Törmälä
Institute of Hydraulics and Automation / Hydrauliikan ja automatiikan laitos Huippuyksikön vastuullinen johtaja: professori Matti Vilenius
Nuclear and Condensed Matter Programme at JYFL / JYFL:n ydin- ja materiaalfysiikan tutkimusohjelma Huippuyksikön vastuullinen johtaja: professori Matti Manninen
Tukitoiminto-organisaatiot vuosina 2000–2005
Digitaalisen median instituutti Vastuullinen johtaja: professori Pauli Kuosmanen
Advanced Materials Research Pool / Uusien materiaalien keskus Vastuullinen johtaja: professori Veikko Lindroos

## 2.4 Teknologian kehittämiskeskuksen tutkimusrahoitus

Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) rahoitus on kasvanut viime vuosina voimakkaasti. Vuosina 1995–1999 rahoitus kasvoi 56 prosenttia 1,6 miljardista markasta runsaaseen 2,4 miljardiin markkaan. Suurin osa (58 %) tutkimuksen lisärahoitusohjelman kilpailun kautta jaettavista varoista ohjattiin Tekesin kautta tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Tekesin osuus julkisesta tutkimusrahoituksesta on kolmannes. Tekesin tutkimusrahoitus painottuu soveltavaan tutkimukseen ja perustuu ensisijaisesti elinkeinon elämän kilpailukyvyn ja kasvun tarpeisiin.

Tekes rahoitti yliopistojen tutkimushankkeita vuonna 1999 lähes 500 miljoonalla markalla. Noin puolet Tekesin tutkimus- ja kehitysrahoituksesta, 1,1 miljardia markkaa



vuonna 1999, ohjautui teknologiaohjelmien kautta. Vuonna 1999 päättyi 18 ohjelmaa ja käynnistettiin 13 uutta. Vuoden 2000 alussa käynnistyi viisi uutta ohjelmaa. Kaikkiin vuoden 2000 alussa oli käynnissä 52 teknologiaohjelmaa. Suurimmat ohjelmat ovat elektroniikan ja tietoliikenteen alueilla.<sup>10</sup>

Vuonna 1999 Tekesin tutkimus- ja kehitysrahoituksesta suuntautui tietoliikenne- ja elektroniikka-alueelle 15 prosenttia, tietotekniikkaan 11 prosenttia sekä avaruusteknologiaan 6 prosenttia. Kemian teknologian hankkeille rahoituksesta myönnettiin 15 prosenttia ja bioteknologian alueelle 11 prosenttia. Rakennus- ja puutuoteteknologian hankkeille rahoituksesta suunnattiin 13 prosenttia, energia- ja ympäristöteknoologiaan 10 prosenttia, tuoteteknologiaan ja materiaalien sovellutuksille 9 prosenttia sekä tuotantoteknologia- ja logistiikka-alueelle 9 prosenttia.<sup>11</sup>

## 2.5 Akatemia–Tekes -yhteistyö

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan alojen tutkimuksessa on Suomen Akatemian luontevana yhteistyökumppanina ollut jo pitkään Tekes. Yhteistyö on mainittu tavoitteeksi myös toimikunnan tulossopimuksissa vuodesta 1998 lähtien. Akatemian ja Tekesin yhteistyö on toteutunut mm. tutkimusohjelmien valmistelussa ja asiantuntijatyössä. Yhteistyön vahvistuminen lisää organisaatioiden käytössä yhteisesti olevaa asiantuntemusta. Yhteistyötä on tehostettu lupaavien hankkeiden rahoittamiseksi, rahoittajien välisten ohjelmien käynnistämiseksi ja päättyvien ohjelmien arvioimiseksi sekä ohjelmien tutkijankoulutuksessa. Yhteistyön uskotaan parantavan myös tutkimustulosten hyödyntämistä ja tutkimustiedon levittämistä.

Esimerkkinä konkreettisesta yhteistyöstä on vuonna 1999 toteutettu elektroniikan ja tietoliikenteen tutkimus- ja teknologiaohjelmien väliarviointi, joka koski neljää vuonna 1997 käynnistettyä ohjelmaa. Näistä kaksi oli Tekesin teknologiaohjelmia: Elektroniikka tietoyhteiskunnan palveluksessa (ETX), Tietoliikenteellä maailmalle (TLX); yksi Suomen Akatemian tutkimusohjelma Tietoliikenne-elektroniikka (Telectronics) sekä yksi Tekesin ja Ruotsin NUTEKin yhdessä järjestämä Integrated Technologies for Wireless Telecommunication (INWITE) -teknologiaohjelma.

Erityistä huomiota arvioinnissa kiinnitettiin yhteistoiminnalla saavutettaviin synergiaetuihin ja innovaatioprosessin muodostumisen tukemiseen. Arvioinnin tuloksena todettiin, että Tekesin ja Suomen Akatemian yhteistyö ohjelmien suunnittelussa ja toteutuksessa on ollut onnistunutta. Yhteistyö on auttanut asettamaan toisiaan täydentäviä tavoitteita ja edistänyt tiedon vaihtoa niin ohjelmajohdon kuin tutkijoidenkin välillä. Se on myös vahvistanut tutkimusryhmiä ja tukenut teknologian kaupallista hyödyntämistä.

Yhteistyötä Suomen Akatemian ja Tekesin välillä pyritään jatkamaan ja entisestään tiivistämään. Tavoitteena on lisätä joustavuutta rahoituksessa sekä parantaa tutkimuksen hyödyntämistä ja vaikuttavuutta. Vuonna 2001 käynnistytävä avaruustutkimusohjelma toteutetaan kiinteässä yhteistyössä Tekesin kanssa.

<sup>10</sup> Tekesin vuosikertomus 1999.

<sup>11</sup> Tekesin vuosikertomus 1999.

## 2.6 Kansainvälinen tutkimusyhteistyö

Kansainvälisyys tutkimuksessa on lisääntynyt viime vuosina huomattavasti. Merkittävä kansainvälistymisen muoto on EU:n tutkimusohjelmiin osallistuminen, joka on vuonna 1995 toteutuneen Suomen täysjäsenyyden myötä kasvanut. Neljännessä puiteohjelmassa suomalaisten osallistumisten määrä hankkeisiin, yli 1900 osallistumista, oli lähes nelinkertainen edelliseen puiteohjelmaan verrattuna. Puiteohjelman kokonaisbudjetti oli 13,2 miljardia ecua, josta suomalaisten saama rahoitus oli 208 miljoonaa ecua.<sup>12</sup> Ohjelmiin osallistuminen ei kuitenkaan ole vähentänyt muuta kansainvälistä yhteistyötä. EU-ohjelmien tutkimusrahoitus painottuu soveltavaan tutkimukseen. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen alueella EU-rahoitus antaa mahdollisuuden rakentaa yhteistyötä tutkimusryhmien välillä ja parantaa tutkijoiden liikkuvuutta Euroopassa.

EU:n neljännen puiteohjelman rahoitus suuntautui tekniikkaan ja luonnontieteisiin. Teollisuutta lähellä olevat tieto- ja teleteknologiat sekä teollisuus- ja materiaalitekniikka ovat saaneet lähes puolet (99,3 miljoonaa ecua) Suomeen tulleesta rahoituksesta. Valtaosa muustakin ohjelmarahoituksesta on kohdistunut lääketieteen ohella luonnontieteen aloille.<sup>13</sup> Suomen saamasta tutkimusrahoituksesta yliopistojen osuus oli yli 70 miljoonaa ecua.<sup>14</sup>

EU:n neljännen puiteohjelman tutkijaliikkuvuusohjelmaan (TMR) sisältyi tukimuoto, jossa valittiin ainutlaatuisia ja merkittäviä tutkimusyksiköitä, joihin tutkijat ja tutkijaryhmät voivat hakeutua työskentelemään ja saamaan jatkokoulutusta. Näitä suuria tutkimusyksiköitä (Large Scale Facilities) on Euroopassa yhteensä 116.<sup>15</sup> Suomessa yksiköiksi on valittu luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamalla aloilla Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio sekä Teknillisen korkeakoulun kylmälaboratorio.

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta tukee alan tutkimuksen kansainvälistymistä pääasiassa tutkimushankkeiden kautta. Niiden arvioinnissa otetaan huomioon myös innovatiivisuus ja kansainväliset yhteistyösuhteet. Merkittävä osa toimikunnan hankerahoituksesta tukee kansainvälistä yhteistyötä tutkimushankkeissa. Myös tutkimusohjelmien suunnittelussa korostetaan kansainvälistä verkottumista ja edellytetään kansainvälistä näkyvyyttä sekä yhteistyötä. Tavoitteena on, että kansainvälinen yhteistyö muodostuu jatkuvaksi ja vuorovaikutteiseksi. Arviointitoiminnassa käytetään laajasti ja lisääntyvässä määrin eri maiden korkeatasoisia tutkijoita.

Suomalaisten tutkimusympäristöjen kehittymistä pyritään tukemaan siten, että ne olisivat houkuttelevia sekä kotimaisille että ulkomaalaisille, kuten eurooppalaisille tai Yhdysvalloista ja Japanista tuleville tutkijoille. Myös suomalaisten tutkijoiden työskentely ulkomaisissa ryhmissä edistää suomalaisen tutkimuksen tunnetuksi tuleamista ja siten lisää ulkomaisten tutkijoiden kiinnostusta työskennellä suomalaisissa ryhmissä. Toimikunta rahoittaa tutkijainvaihtoa ja tutkijankoulutusta ulkomailla sekä kansain-

12 Tekes.

13 Tekes.

14 Helsingin Sanomat 27.2.2000.

15 CORDIS-tietokanta.

välischen tieteellisten kurssien, konferenssien ja kokousten järjestämistä. Pohjoismaisten tutkijoiden liikkuvuuden tukimuotojen hyödyntämistä pyritään lisäämään osana eurooppalaista yhteistyötä.

Suomalaisten tutkijoiden osallistumista muun muassa European Science Foundationin (ESF) tutkimusohjelmiin kannustetaan. ESF pyrkii toiminnallaan edistämään yhteistyötä ja tiedonvälitystä erityisesti perustutkimuksen alueella. Tavoitteena on myös lisätä tutkijaliikkuvuutta sekä helpottaa tutkimuslaitteistojen yhteiskäyttöä Euroopassa.

Suomen Akatemia osallistuu kansainvälisten järjestöjen toimintaan rahoittamalla tutkimushankkeita sekä maksamalla jäsenmaksuja ja edustajiensa kokousmatkoja. Vuonna 1999 CERN:in jäsenmaksu oli 42 miljoonaa markkaa ja muut kansainväliset jäsenmaksut sekä osallistumiskustannukset kansainvälisten organisaatioiden toimintaan olivat luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan budjetissa 6,3 miljoonaa markkaa.

#### *European Organisation for Nuclear Research (CERN)*

Euroopan hiukkasfysiikan tutkimuslaitos CERN on perustettu vuonna 1954 ja sen toiminnassa on tällä hetkellä mukana 20 jäsenmaata. Noin 6 500 tutkijaa, jotka edustavat yli 80 kansallisuutta, käyttävät laboratorion tutkimuslaitteistoja. Suomen jäsenyys tässä järjestössä edesauttaa suomalaisten hiukkasfysiikkojen osallistumista CERN:in koetoimintaan, mutta tarjoaa myös tutkimus- ja kehitystyötä muiden alojen tutkijoille sekä kurssi- ja harjoittelumahdollisuuksia yliopisto-opiskelijoille. Suomi solmi 1998 CERN:in kanssa sopimuksen myös ammattikorkeakoulun opiskelijoiden harjoittelumahdollisuuksista CERN:issä.

Vuoteen 2000 asti CERN:in tutkimuslaboratorion koetoiminta keskittyy elektroneja ja positroneja törmäyttävän Large Electron Positron Collider (LEP) -kiihdyttimen ympärille. Suomalaiset tutkijat osallistuvat sekä Large Hadron Collider (LHC) tulevien pääkokeiden (CMS ja ALICE) suunnitteluun ja rakentamiseen sekä LEP-ohjelman toteuttamiseen. Suomalaiset ovat mukana myös ISOLDE-aseamalla tehtävissä ytimien stabiilisuustutkimuksissa ja radioaktiivisten hiukkasten hiukkassuihkujen kehitystyössä.

#### *European Space Agency (ESA)*

Suomalaiset tutkijat ovat aktiivisesti osallistuneet Euroopan avaruusjärjestön (ESA) tie-deohjelmiin. ESA on 15 jäsenmaan muodostama kansainvälinen järjestö, joka perustettiin vuonna 1975. Suomi liittyi ESA:n liitännäisjäseneksi vuonna 1987 ja varsinaiseksi jäseneksi vuonna 1995. Suomen osallistumisen painoalueet ESA:n ohjelmissa ovat tiede, kaukokartoitus, tietoliikenne, navigointi ja teknologiakehitys.

Suomen Akatemia toimii avaruustieteen kansallisena vastuuviranomaisena ja rahoittaa avaruushankkeita Suomen ESA-jäsenyyden edellyttämässä laajuudessa. Suomi on osallistunut aktiivisesti ESA:n tutkimusohjelmiin. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta on voinut lisävaltuuden turvin vahvistaa osallistumisensa mm. ESA:n Rosetta-, Integral- ja Cluster-ohjelmiin. ESA:n ohjelmissa yhdistyy lähes poikkeuksetta luonnontieteellinen ja tekninen perustutkimus sekä laiterakennus.

## 2.7 Laiterahoituksen kehittäminen

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan tieteenaloilla tehdään paljon kokeellista tutkimusta, joka vaatii kalliita laitteistoja. Laitekannan ylläpito edellyttää jatkuvaa uusintaa ja täydentämistä. Kalliiden laitteistojen tehokas käyttö edellyttää asiantuntevaa käyttö- ja huoltohenkilökuntaa. Yliopistojen perusrahoituksella ei ole aina voitu kattaa laitekustannuksia tyydyttävästi. Pitkäjänteisen rahoituksen puuttuminen johtaa laitekannan heikkenemiseen ja kokeellisen tutkimuksen perustan murenemiseen.

Vuonna 2000 on julkaistu selvitys yliopistojen matemaattis-luonnontieteellisten tiedekuntien laitekannasta. Selvityksen mukaan näyttää siltä, että laitekantaa on pystytty uusimaan vuosina 1998–1999 kohtuullisen hyvin, joskin vuosia 2000–2003 koskevat arviot viittaavat siihen, että näille vuosille on kasautunut hankintatarvetta. Laitoskohtaisten selvitysten perusteella hankintoihin on käytetty yliopiston budjettivarojen lisäksi sekä tutkimusedellytysten parantamiseksi myönnettyjä lisämäärärahoja että ulkopuolista rahoitusta. Monissa tapauksissa ulkopuolisen rahoituksen osuus on ollut huomattava. Ilman tutkimuksen lisärahoitusohjelmaa näiden hankkeiden toteuttaminen ei olisi ollut mahdollista. Ala- ja laitospohjaiset erot selvityksessä ovat suuret. Myös laitetarpeiden suhteen erot ovat suuria.

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta pyrkii vaikuttamaan siihen, että yliopistot saisivat lisäresursseja myös tutkimushankkeiden laiteinvestointeja varten. Laiterahoitus kohdentuisi vähintäänkin kilpailukykyisimmille tutkimusryhmille, ja valtakunnallinen koordinaatiokin olisi mahdollista. Akatemia on jakanut erillistä laiterahaa vuosina 1996 ja 1999. Jälkimmäisellä jaolla ei kuitenkaan pystytty riittävästi kattamaan edes vastavalittujen tutkimuksen huippuyksiköiden tarpeita.

## 3 Tutkijanura

### 3.1 Tutkijanvirat

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamien alojen tutkijat ovat osoittaneet kiinnostustaan Akatemian tutkijavirkoihin erityisesti akatemiaprofessorin ja vanhemman tutkijan virkoihin. Huomattava osa vanhemman tutkijan viran saaneista henkilöistä (vuonna 1999 yhteensä 46 virkaa) sijoittuu myöhemmin pysyvästi ammattitutkijoiksi yliopistoihin tai vaativiin tutkimus- ja kehitystehtäviin yrityksissä. Professorikunnasta usealla on takanaan vaihe Akatemian vanhempana tutkijana. Vanhempien tutkijoiden virkoja pidetään erityisen tärkeänä lisäresurssina niillä aloilla, joilla opiskelijapaikkoja on lisätty runsaasti.

Tutkijatohtoripaikkojen osoittamisessa on kiinnitetty erityistä huomiota yliopistojen, teollisuuden ja elinkeinoelämän väliseen yhteistyöhön. Kaksivuotisia tutkijatohtorin määrärahoja myönnettäessä on hakijalle katsottu eduksi muun muassa se, että tutkija jakaa aikansa yliopiston ja nimetyn yrityksen kanssa. Kriteeriä on sovellettu sekä tutkijatohtorin hakiessa määrärahaa itselleen (vuosina 1997 ja 1998) että ryhmän hakiessa määrärahaa tutkijatohtorin palkkaukseen (1997-).

### 3.2 Tutkijakoulut

Vuonna 1995 perustettujen tutkijakoulujen toiminnan tulokset alkavat näkyä. Vuoden 1998 tutkijakoulujen jatkorahoitushaun yhteydessä Suomen Akatemia laati arvion tutkijakoulujärjestelmän toimivuudesta ja yksittäisten tutkijakoulujen tieteellisestä tasosta sekä niissä annetun koulutuksen laadusta ja suunnitelmallisuudesta.

Arvioinnin perusteella voidaan todeta, että jatko-opintojen suunnitelmallisuus on selvästi parantunut ja opintojen järjestäminen on kehittynyt, mistä osoituksena ovat muun muassa laskenut väittelyikä sekä väitöskirjan tekemiseen käytetyn ajan lyhentyminen. Tutkijanuran ammattimaistuminen oli toteutunut parhaiksi arvioiduissa tutkijakouluissa, mikä ilmeni niiden aktiivisesta ja kansainvälisesti korkeatasoisesta julkaisutoiminnasta. Useilla tutkijakouluilla on tuloksellista yhteistyötä teollisuuden, elinkeinoelämän ja tutkimuslaitosten kanssa. Lähes kaikki luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan alan tutkijakouluista valmistuneet tohtorit ovat työllistyneet. Tohtoreita on sijoitettu myös yliopistomaailman ulkopuolelle elinkeinoelämään, sekä erilaisiin asiantuntija- ja opetustehtäviin. Osa valmistuneista on jatkanut tutkimustyötään ulkomailla.

Tutkijakouluilla on valtakunnallinen merkitys siirryttäessä kohti ammattimaisempaa tutkijanuraa. Ne lisäävät yliopistojen ja elinkeinoelämän välistä yhteistyötä. Tutkijakoulut ovat tehtävänsä mukaisesti vahvistaneet monia luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen aloja.

Opetusministeriön rahoittamasta 97 tutkijakoulusta 45 toimii luonnontieteiden ja tekniikan alalla. Näissä kouluissa on yhteensä 591 tutkijaopiskelijaa, joista 248 tietoteollisuutta tukevilla aloilla. Suomen Akatemian tukemia tutkijankoulutuspaikkoja (A20-paikat) on edellä mainituissa tutkijakouluissa 45 kappaletta.

Tehokas ja korkeatasoinen tutkijankoulutus on tietoteollisuuden kehittymisen keskeinen edellytys. Vuonna 1998 sähköteknisten tuotteiden valmistukseen liittyvissä tutkimustehtävissä toimivista oli jatkokoulutettuja alle kolme prosenttia, kun vastaava osuus yrityssektorin tutkimustehtävissä oli lähes neljä ja puoli prosenttia.<sup>16</sup>

### 3.3 Naiset tutkijoina

Naisten hakeutuminen korkeakoulutukseen ja tutkijoiksi on lisääntynyt viime vuosina. Naisten osuus opiskelijoista luonnontieteissä ja tekniikassa on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden aikana, mutta siitä huolimatta heidän osuutensa tekniikan alalla vuonna 1999 oli vain 18 prosenttia. Luonnontieteellisillä aloilla naisten osuus opiskelijoista oli 42 prosenttia. Erityisen vähän naisopiskelijoita ja tutkijoita on esimerkiksi elektroniikan, sähkötekniikan ja tietojenkäsittelytekniikan aloilla.

Naisten suorittamien tohtorin tutkintojen suhteellinen osuus tekniikan alalla on kuitenkin kasvanut. Vuonna 1998 tekniikan alalla suoritetuista tohtorin tutkinnoista naisten osuus oli 15 prosenttia, kun vastaava osuus kymmenen vuotta aiemmin oli vain 8 prosenttia. Luonnontieteissä naisten suorittamien tohtorin tutkintojen osuus on kasvanut 29 prosentista 33 prosenttiin vastaavana aikana.

Elokuussa 1999 naisten osuus kaikista Akatemian virkatutkijoista oli yhteensä 37 prosenttia. Toimikunnittain tarkasteltuna luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan viroissa naisten osuus (14 %) on edelleen muita toimikuntia huomattavasti pienempi. Tarkasteltaessa tutkimusvirassa olevia henkilöitä virkakategorioittain havaitaan naisten olevan vähemmistönä virkahierarkian yläpäässä, vanhemman tutkijan ja akatemiaprofessorin viroissa. Naisten osuus kaikkien tieteenalojen akatemiaprofessorien viranhaltijoista on 31 prosenttia. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen alalla ei ole vielä yhtään naista akatemiaprofessorina.

Naisten osuus viranhakijoista tai akatemiaprofessuuriin ilmoittautuneista sekä varttuneen tutkijan määrärahan hakijoista luonnontieteiden ja tekniikan alalla on pieni mutta kasvamassa. Tekniikan aloilla tämä kasvu on erityisesti nähtävissä monitieteellisillä tieteenaloilla kuten kemian tekniikassa, biotekniikassa, ympäristötekniikassa ja eräillä muilla prosessitekniikan alueilla. Alat mielletään 'pehmeän teknologian' aloiksi, joille naisten rekrytointi on helpompaa. Tutkijanaisten hakemukset käsitellään ja arvioidaan tasapuolisuusperiaatetta noudattaen samalla tavalla kuin mieshakijoiden hakemukset. Toimikunnan päätökset perustuvat asiantuntijoiden arviointeihin, mutta naishakija voidaan asettaa mieshakijan edelle silloin, kun asiantuntija-arvioinnissa molemmat hakijat on todettu yhtä ansioituneiksi.

Jotta naisten osuus kasvaisi luonnontieteiden ja tekniikan aloilla, olisi naisten kiinnostuksen lisäämiseksi tekniikkaa ja luonnontieteitä kohtaan ryhdyttävä erityistoimenpiteisiin. Näitä erityistoimenpiteitä ovat mm. kouluikäisten mielenkiinnon herättäminen tekniikan ja kovien luonnontieteiden aloille, asianmukainen opettajakoulutus sekä opintovaatimusten muokkaaminen sellaisiksi, joilla tietoisesti voidaan kohentaa naisopiskelijoiden mielenkiintoa ja osaamista tekniikan eri aloilla. Opetusministeriön

---

<sup>16</sup> Valtion tiede- ja teknologianeuvosto.

LUMA-talkoiden tavoitteena on osaltaan lisätä alalle opiskelijoiksi hakeutuvien määrää. Erityistä huomiota onkin kiinnitetty tyttöjen kiinnostuksen herättämiseksi luonnontieteitä ja tekniikkaa kohtaan.

Toimenpiteitä, joilla lahjakkaiden ja motivoituneiden tutkijoiden rekrytointia voidaan lisätä luonnontieteiden ja tekniikan aloille, tulee tehdä suunnitelmallisesti. Tutkijanaisissa nähdään suuri potentiaali, jota tulisi hyödyntää järkevillä ja avoimilla toimenpiteillä. Naiset tuovat tieteeseen myös oman, sukupuolelleen tyypillisen katsantokannan erilaisen humanistisen käsityskykynsä kautta. Naisten rekrytoinnin ja tutkijanuran vahvistamisen keinoina nähdään mm. esikuvaistaminen, naisten kannustaminen tutkijanuralle ja erityistoimenpiteet tutkimusvirkojen ja tutkimusmäärärahojen jaossa. Mm. akatemiaprofessorin virat ovat keskeisessä asemassa rohkaistaessa naisia tutkijanuralle. Lisäksi tulisi kiinnittää huomiota nais- ja miestutkijoiden opetustehtävien tasapuolisuuteen sekä tutkimustyön ja perheen yhteensovittamiseen.

## 4 Tutkimusalojen kehittyminen viime vuosina

Seuraavassa on käsitelty luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamien tieteenalojen kehitystä viime vuosina. Tarkastelussa on ensisijaisesti keskitytty arvioimaan tutkimusaloilla ja niiden toimintaympäristössä tapahtuneita muutoksia edellisen, vuonna 1997 julkaistun ”Tieteen tila- ja taso” -katsauksen jälkeen. Arvioissa on tarkasteltu tieteenalojen sisällöllistä kehittymistä ja pyritty pohtimaan niiden kehitysnäkymiä. Edellisessä raportissa esitettyjen suositusten ja kehittämisehdotusten toteutumista on arvioitu. Tieteenalakohtaisesti on tehty uusia johtopäätöksiä ja annettu uusia suosituksia.

Bibliometrinen tarkastelu on suoritettu käyttäen lähdeaineistona Institute for Scientific Information (ISI) -tietokantoihin perustuvaa tiedostoa National Science Indicators On Diskette (NSIOD). Bibliometriikkaa tieteellisen toiminnan kuvaajana on selvitetty raportin yleisen osan liitteessä 1, josta löytyy myös käytetyn aineiston kuvaus. Väkilukutiedot perustuvat OECD:n tilastoihin. Vuoden 1999 lukuina on käytetty vuoden 1998 väkilukutietoja lukuunottamatta Suomea (Tilastokeskus) ja Ruotsia (Statistiska centralbyrån), joista on saatu vuoden 1999 tiedot.

### 4.1 Matematiikka

#### *Tutkimusalan kehitys viime vuosina*

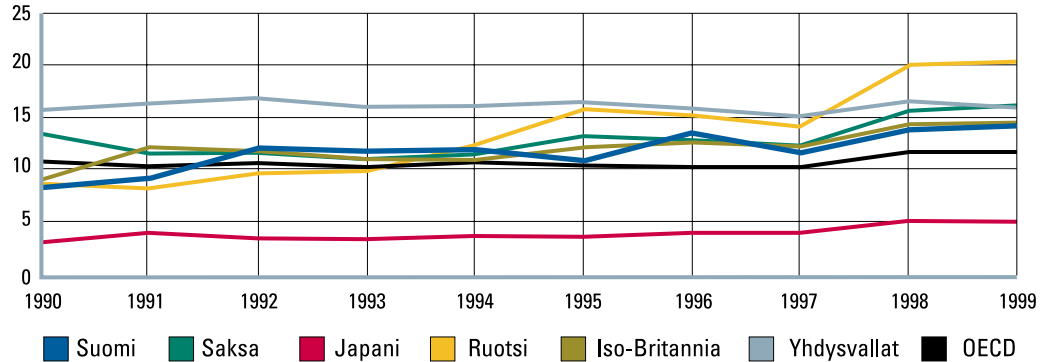
Suomessa matematiikalla on pitkät perinteet erityisesti analyysin alalla. Tällä hetkellä noin puolet Suomen matematiikan tutkimuksesta on analyysia. Eräillä analyysin ja matemaattisen fysiikan osa-alueilla Suomi edustaa maailman huippua. Myös matemaattisessa logiikassa ja tietyillä soveltavilla aloilla (inversio-ongelmat, numeerinen analyysi, biologisten prosessien mallintaminen) on erittäin vahvat tutkimusryhmät. Muita vahvasti edustettuja alueita ovat mm. stokastiikka ja diskreetti matematiikka.

Tutkimusaktiiviteetti kansainvälisten julkaisujen lukumäärällä mitattuna on koko 1990-luvun osoittanut selvää nousevaa trendiä. Kuvio 2 nähdään, että 1990-luvun alusta Suomen matematiikan tutkimusaktiiviteetti on ollut OECD-maiden keskiarvon yläpuolella. Kuvio 3 osoittaa, että vuonna 1999 suomalaisten matematiikan julkaisujen osuus tieteenalalla oli 0,59 prosenttia ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus 0,66 prosenttia.

Sovellettu matematiikka on läpikäynyt voimakkaan kehityksen 1990-luvulla. Edellinen, vuonna 1997 julkaistu, selvitys Suomen tieteen tilasta ja tasosta ennusti sovelletun matematiikan osuuden kasvavan jyrkästi. Tämä ennuste onkin pitänyt paikkansa. Tähän ovat myötävaikuttaneet Suomen Akatemian tutkimusohjelmat Tieto I sekä Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002. Vuonna 2000 käynnistynyt Matemaattisten menetelmien ja mallien kehittäminen eri tieteenaloille -tutkimusohjelma takaa edelleen tämän myönteisen kehityksen jatkumisen myös tulevaisuudessa.

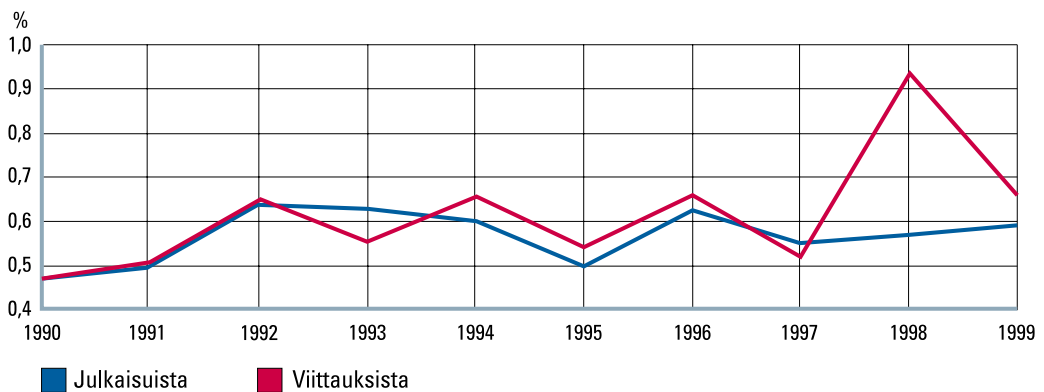


■ Kuvio 2. Matematiikan julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Mathematics.

■ Kuvio 3. Suomalaisten matematiikan julkaisujen sekä näihin kohdistuneiden viittauksien prosenttiosuus tieteenalalla vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Mathematics.

Suuri osa matematiikan tutkijankoulutuksesta on, aivan kuten muillakin tieteenaloilla, järjestetty tutkijakoulujen puitteissa. Tällä hetkellä toiminnassa on kolme matematiikan tutkijakoulua:

- Matemaattinen analyysi ja logiikka
- COMAS-tutkijakoulu
- Stokastiikan tutkijakoulu.

Näistä kaksi ensimmäistä ovat olleet toiminnassa tutkijakoulujärjestelmän alusta asti; jälkimmäinen koulu aloitti toimintansa vuonna 1998. Myös seuraavat monitieteiset tutkijakoulut sisältävät vahvan matemaattisen panoksen:

- TUCS (biomatematiikka, koodusteoria, tietotekninen matematiikka)
- ComBi (biomatematiikka)
- Systeemianalyysin, päätöksenteon ja riskienhallinnan tutkijakoulutusohjelma.

Matemaattinen mallintaminen ja laskentamenetelmät -tutkijakoulu yhdistettiin vuonna 1998 Infotech Ouluun.

Tutkijakoulujärjestelmä on ollut käytössä vuodesta 1995 lähtien ja tulosten pitäisi nyt näkyä. Mitään nousevaa trendiä väitelleiden lukumäärässä ei kuitenkaan vielä ole havaittavissa. Koska uuden järjestelmän tulokset yleensä näkyvät vasta viiveen jälkeen, on selvä tohtorintutkintojen määrän nousu odotettavissa lähivuosina.

#### *Toimintaympäristön muutokset*

Niin kutsutun puhtaan matematiikan luonteeseen kuuluu sen riippumattomuus ympäröivästä maailmasta. Näin ollen yhteiskunnalliset muutokset, ennennäkemättömän nopea talouskasvu ja muiden tieteiden saavutukset eivät suoraan vaikuta matematiikan tutkimuksen sisältöön. Toisin on soveltavan matematiikan kohdalla. Suomalaiset matemaatikot ovat 1990-luvulla ryhtyneet valloittamaan myös uusia tutkimusaloja, kuten finanssimatematiikkaa ja bioinformatiikkaan liittyvää matematiikkaa. Myös tietotekniikan ja elektroniikan valtava kasvu on luonut haasteita matematiikalle.

Yhteiskunnan muutokset ja teollisuuden kehitys vaikuttavat matematiikan toimintaympäristöön. Elektroniikkateollisuus sekä vakuutus- ja finanssiala ovat nykyään matemaatikkojen tärkeimpiä työllistäjiä. Tällä sinänsä myönteisellä kehityksellä on myös haittapuolensa: hyvien jatko-opiskelijoiden rekrytointi on olennaisesti vaikeutunut lamavuosien jälkeen.

Olisi voitu olettaa, että Suomen liittyminen Euroopan Unioniin olisi lisännyt ulkomaisen tutkimusrahoituksen osuutta. Näin ei kuitenkaan ole vielä matematiikan alalla käynyt. Suomen Akatemia on edelleen ylivoimaisesti tärkein matematiikan tutkimuksen rahoittaja Suomessa. Matematiikan ulkomainen ja erityisesti EU-rahoitus on suurin piirtein samalla tasolla kuin 1990-luvun puolivälissä.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

Suomen Akatemian luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan aloitteesta suoritettiin matematiikan arviointi keväällä 2000. Arvovaltaisen kansainvälisen asiantuntijajaneelin laatima arviointiraportti johtopäätöksineen ja suosituksineen julkaistaan toukokuussa 2000. Tämän vuoksi seuraavassa esitetään vain muutamia suosituksia.

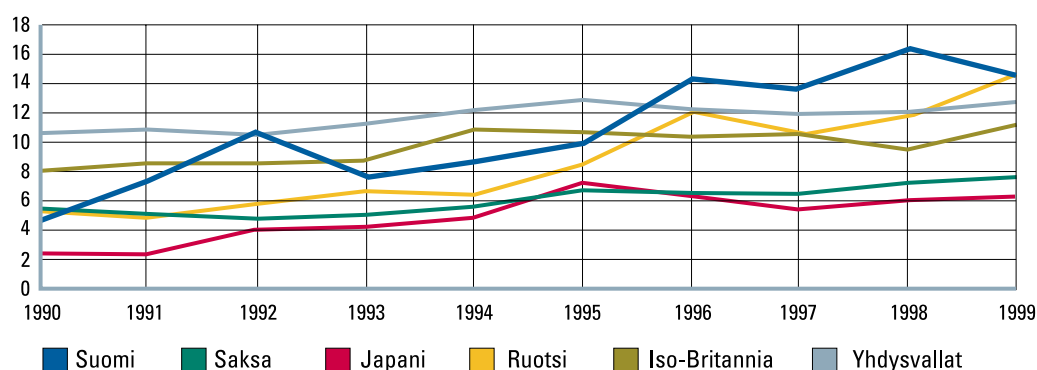
- Vahvojen tutkimusryhmien toimintaedellytykset ja kehitysmahdollisuudet on taattava vähintään nykyisellä tasolla olevalla rahoituksella.
- Soveltavan matematiikan tutkimusta on tuettava myös käynnissä olevien tutkimusohjelmien päätyttyä.
- Suomen matemaatikoilla on hyvät kansainväliset yhteistyösuhteet. Kuitenkin vain yhdessä suomalaisessa yliopistossa on virkaan nimitetty ulkomaalainen matematiikan professori ja ulkomaalaisia vierailevia professoreja ja tutkijatohtoreita on aivan liian vähän. Ulkomaalaisia tutkijoita pitäisi entistä enemmän saada Suomeen, sillä se edistäisi matematiikan tutkimusta ja opetusta aivan eri tavalla kuin suomalaisten vierailut ulkomailla.

## 4.2 Informaatiotekniikka

### Tutkimusalan kehitys viime vuosina

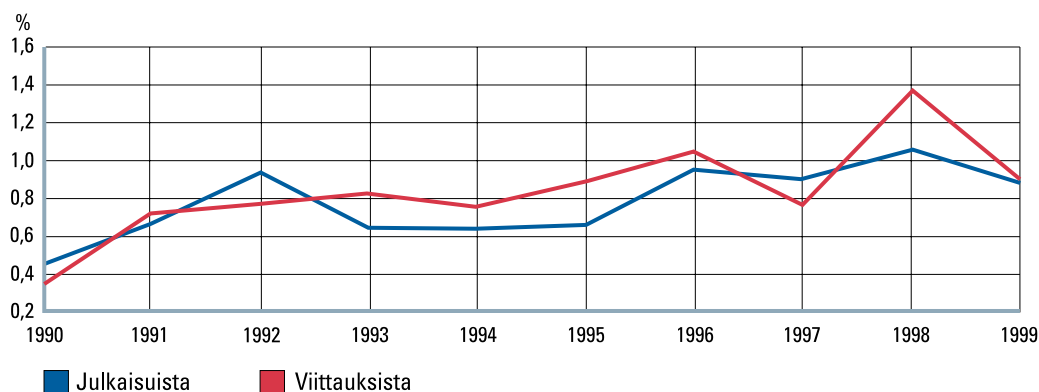
Suomi kuuluu informaatiotekniikan tutkimuksen tuottajana maailman huipulle. Kun julkaisumäärät suhteutetaan väkilukuun, on Suomi noussut maailman kärkeen (kuvio 4). Myös viittausten määrässä Suomi on samalla tasolla Euroopan kärkimaiden kanssa. Vuonna 1999 suomalaisten informaatiotekniikan julkaisujen osuus tieteenalalla oli 0,88 prosenttia ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus 0,90 prosenttia (kuvio 5).

■ Kuvio 4. Tietojenkäsittelytieteiden julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Computer Science.

■ Kuvio 5. Suomalaisten tietojenkäsittelytieteiden julkaisujen sekä näihin kohdistuneiden viittausten prosenttiosuus tieteenalalla vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Computer Science.

Tutkimusalueena informaatiotekniikassa on nähtävissä myös selvä sisällöllinen muutos. Tutkimuksessa on esillä nykyään hyvin paljon sovelluslähtöisiä kysymyksiä, esimerkiksi kvanttilaskenta, mobiili laskenta, laskennallinen biologia ja tietämyksen muodostus. Ala onkin muuttunut omien sisäisten kysymysten tarkastelusta huomattavan aktiivisesti uusia ongelmia ja kysymyksenasetteluja etsiväksi. Perinteinen teoreetti-

nen tietojenkäsittelytiede on kansainvälisiä trendejä noudattaen vähentynyt. Myön- teistä on sisäänlämpiävyyden väheneminen ja monitieteisyyden kasvu. Uhkana on toisaalta sellainen muiden alojen dominoima hedelmätön monitieteisyys, joka ei johda informaatiotekniikan kannalta kiinnostaviin tuloksiin. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan toimien avulla on pyritty tukemaan aitoa monitieteisyyttä erityisesti tutkimusohjelmien avulla (Tieto, Matemaattisten menetelmien ja mallien kehittäminen eri tieteenaloille).

Yksi informaatiotekniikan sovelluksia leimaava tekijä on käynnissä oleva tietokone- ja televerkkojen sekä informaation saantiin käytettävien laitteiden, kuten tietokoneen, television ja painotuotteiden konvergenssi. Tämä on jo heijastunut ja tulee jatkossa heijastumaan lisääntyvästi myös perustutkimukseen, jossa tapahtunee vastaavaa tietojenkäsittelytieteen konvergenssia kuvan-, äänen- ja yleensäkin digitaalisen signaalinkäsittelyn kanssa.

On odotettavissa, että tietojenkäsittelymenetelmien soveltaminen edelleen muihin tieteesiin laajenee ja yhteistyö syvenee. Informaatiotekniikalla on annettavaa lähinnä diskreetin algoritmistiikan alalla, jota sovellusalueiden piirissä tunnetaan huonosti. Sovelluksissa on toisaalta usein myös tilastotieteellinen näkökulma, jota tietojenkäsittelijät puolestaan osaavat huonosti. Konvergenssi tilastotieteen suuntaan on siis myös tarpeen.

Sovellusalueiden lisääntyessä ja monipuolistuessa on yhä lisääntyvää tarvetta myös käyttöliittymätutkimukselle. Tätä vauhdittaa mobiilin tietotekniikan ja sähköisen kaupankäynnin lisääntyvä käyttö. Heijastusvaikutuksena on odotettavissa kehitystä esimerkiksi puheentunnistuksessa ja muissa tekoälytyyppisissä hahmontunnistustehtävissä. Näillä alueilla nopeasti kasvava laskentavoima auttaa selvästi. Samoin kielitek- nologia tuotteistuu.

Sovelluspainotteisuuden vastapainona on myös nähtävissä, että aikajänne perustutkimuksesta sovelluksiin on lyhenemässä. Tällaisia alueita ovat mm. laskennallinen bio- logia, mobiilipalvelut ja hakupalvelut. Esimerkiksi Google-etsintäpalvelu kehittyi perustutkimuksen tuottamasta algoritmista miljardiyritykseksi noin vuodessa.

#### *Toimintaympäristön muutokset*

Yksi informaatiotekniikan tutkimuksen ongelmista on ollut sen hankepainotteisuus ja pirstoutuneisuus: alueella ei ole ollut kriittiseltä massaltaan riittäviä yksiköitä. Yhtenä näkyvänä korjauksena tilanteeseen on pääkaupunkiseudulle perustettu Helsinki Institute of Information Technology. Sen tavoitteena on suuret monivuotiset tutkimusohjelmat. Tällä pyritään vähentämään projektihallintoon kuluvaan aikaa, joka nykyisin haittaa vakavasti alan senioritutkijoiden mahdollisuuksia tehdä itse pitkäjänteistä tutkimusta.

Teollisuus työllistää yhä enemmän nuoria tutkijoita ja koulutuksen lisäysohjelman opetustehtäviin tarvitaan lisähenkilöstöä. Kumpikin on tärkeä asia, mutta seurauksena on entisestään paheneva tilanne uusien yliopistollisten tutkimusryhmien syntymisen ja siis myös uuden professorisukupolven kasvamisen kannalta. Ohjelmistonkehi-

tysprojekteja tehdään laajasti Tekesin ja EU:n rahoituksella, mutta näiden tieteellinen paino ei välttämättä vastaa rahallista panostusta. Ne eivät myöskään ole tuottaneet ohjelmistokehitykseen orientoituneita tohtoreita toivotussa määrin.

#### *Arvio edellisen raportin johtopäätösten ja suositusten toteutumisesta*

Edellisen Tieteen tila ja taso -raportin keskeisiä suosituksia informaatiotekniikan alueella olivat: (1) Alan suhteellista rahoitusta koko Suomen Akatemian rahoituksesta on kasvatettava sen suhteellisen merkityksen mukaiseksi. (2) Kaikkien strategisesti tärkeiden informaatiotekniikan alueiden on saatava rahoitusta. (3) Informaatiotekniikan tutkimuksen yhteistyötä muiden oppiaineiden kanssa on lisättävä siten, että käynnissä oleva suuntautuminen sovelluksiin tutkimuksessa voidaan saavuttaa. (4) Informaatiotekniikkaa soveltavien tieteenalojen alalla tulisi informaatiotekniikan osaamisen tasoa nostaa.

Nämä suositukset ovat toteutuneet kohtuullisesti. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan myöntämästä rahoituksesta tietojenkäsittelytieteiden osuus on noussut vuoden 1995 kahdeksan prosentin tasolta vuoden 1998 neljäentoista prosenttiin<sup>17</sup>. Suuri ansio tässä on ollut toimikunnan pyrkimyksellä käynnistää vuosittain ainakin yksi tutkimusohjelma tietoteollisuusaloille. Kuitenkin koko Akatemian tasolla tietojenkäsittelytieteen osuus oli vuonna 1998 vain 2,1 prosenttia eli saman suuruinen kuin edellisenäkin vuonna<sup>18</sup>. Tämä osuus ei vielä vastaa alan merkitystä, minkä vuoksi ponnisteluja rahoituksen lisäämiseksi on jatkettava.

Suosituksia 2–4 liittyvät alan sovellusvetoisuuden kasvuun ja ne ovat toteutuneet erittäin hyvin, kuten edellä todettiin. Tutkimusohjelmat ovat tässäkin olleet keskeinen instrumentti.

Muut suositukset koskivat uusia tutkimus- ja kehittämisohjelmia, joiden aihepiireiksi ehdotettiin virtuaalisten ympäristöjen tietokonesimulointia, uusia teknologisia ratkaisuja sekä koko informaatiotekniikkaa (kansallinen kehittämisohjelma). Nämä suositukset eivät ole toteutuneet. Sen sijaan monet näistä teemoista ovat mukana Tekesin uusissa teknologiaohjelmissa (etenkin USIX), joten kokonaisuutena informaatiotekniikan tutkimuskenttä on katettu varsin hyvin edellisen raportin suositusten mukaisesti.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

- Keskeinen suositus on, että alan tutkimusta on edelleenkin tuettava voimakkaasti. Tutkimuksen ja tutkijoiden kysyntä on lisääntynyt niin suuressa määrin, että erityisponnisteluja tarvitaan edelleen. Tutkimusohjelmat ovat jatkossakin luonteva instrumentti. Yksi alkava tutkimusohjelma tietoteollisuusaloille vuosittain on jatkossakin sopiva tavoite. Tutkimusohjelmien kestoja tulee pyrkiä pidentämään. Akatemian tulee määrätietoisesti tukea kehittyviä tutkimusryhmiä pitkäaikaisilla rahoituspäätöksillä, jotta suurempi osa kokeneiden tutkijoiden kapasiteetista voisi kohdistua tutkimushallinnon sijasta itse tutkimukseen.

17 Suomen Akatemian tutkimustietojärjestelmä TUTTI.

18 Suomen Akatemian tutkimustietojärjestelmä TUTTI.

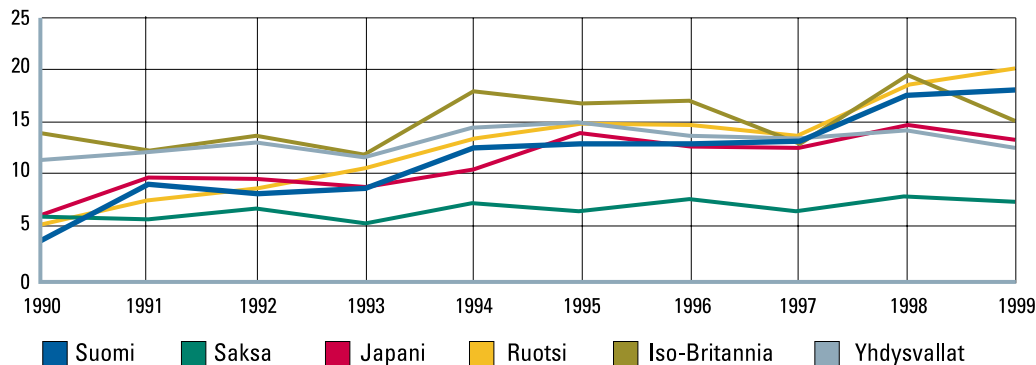
- Monitieteisten ohjelmien ohella tulee pitää huoli myös perinteisen informaatiotekniikan keskeisten alueiden tutkimuksesta. Etenkin ohjelmistojen kehitykseen liittyvä tutkimus uhkaa jäädä sovellusalueelta tutkimuksen jalkoihin, jos alan tutkimusta ei vauhditeta erityistoimin. Akatemian tulisi käynnistää myös informaatiotekniikan ydinalueille suuntautuvia ohjelmia ja suunnattuja hakuja.
- Tehtäessä päätöksiä tutkimushankkeiden rahoituksesta on tutkijankoulutukselle annettava jatkossakin erittäin suuri paino. Suurin uhkakuva tällä hetkellä on nykyisten senioritutkijoiden ylikuormittuminen ja uuden professorikunnan koulutuksen hidastuminen. Myös palkkakehityksellä voitaisiin yliopistouran vetovoimaa parantaa. Keskeisiä ongelmia tällä hetkellä on myös se, tuottaako koululaitos riittävästi tutkijanuralle soveltuvia ja siitä kiinnostuneita opiskelijoita.
- Kansainvälistä yhteistyötä tulee lisätä. Suomeen on pyrittävä saamaan entistä runsaammin vierailevia tutkijoita. Tämä sekä helpottaa tutkijankoulutusta että monipuolistaa tutkimusympäristöjä. Kansainvälisen tutkijavaihdon ja yhteistyön painoarvoa rahoituspäätöksiä tehtäessä on lisättävä. Yhteistyötä muiden rahoittajien, etenkin Tekesin kanssa tulee kehittää ja pyrkiä saamaan myös tieteellinen merkittävyys näiden rahoittajien päätöksenteossa nykyistä painavamaksi tekijäksi.

### 4.3 Elektroniikka ja sähkötekniikka

#### *Tutkimuksen kehitys viime vuosina*

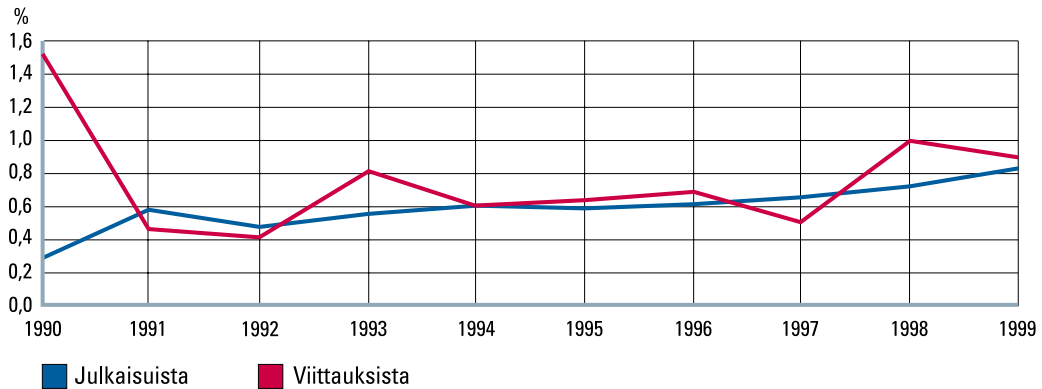
Tutkimusalueen aktiviteetti on moninkertaistunut viimeisen kymmenen vuoden aikana, kun sitä mitataan julkaisujen määrällä tai suhteuttamalla se väkilukuun (Kuviot 6 ja 7). Vuonna 1999 elektroniikan ja sähkötekniikan suomalaisten julkaisujen osuus tieteenalalla oli 0,83 prosenttia ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus 0,89 prosenttia.

■ Kuvio 6. Elektroniikan ja sähkötekniikan julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Deluxe Field: Electrical and Electronics Engineering.

■ Kuvio 7. Suomalaisen elektronikan ja sähkötekniikan julkaisujen sekä näihin kohdistuneiden viittausten prosenttiosuus tieteenalalla vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Deluxe Field: Electrical and Electronics Engineering.

Elektroniikan julkaisutoiminta aktivoitui 1980-luvun lopussa. Sekä yritystoimintaan että koulutukseen ja tutkimukseen on Suomessa tehty merkittäviä panostuksia 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Sekä elinkeinoelämä että julkinen sektori ovat osallistuneet kehitystoimenpiteisiin.

Julkisella sektorilla aktiivisina toimijoina ovat olleet teknilliset korkeakoulut ja teknilliset tiedekunnat, Suomen Akatemia ja Tekes. Kuluneen 15 vuoden aikana Tekes on käynnistänyt useita perättäisiä teknologiaohjelmia elektroniikan ja sen lähialueiden kehittämiseksi. Näistä voidaan erityisesti mainita Elektroniikan suunnittelu ja valmistustekniikan ohjelma, ETX-ohjelma, TLX-ohjelma, Nanoteknologia-ohjelma ja Inwite-ohjelma.

Suomen Akatemiassa on viimeisen kolmen vuoden aikana lähtenyt liikkeelle Teletronics-ohjelma ja Elektroniikan materiaalit ja mikrosysteemit-ohjelma. Joitakin hankekokoaisuuksia on myös rahoitettu Tieto- sekä Materiaali- ja rakennetutkimusohjelmissa.

Elektroniikan tutkimusalueelle on tunnusomaista nopea kasvu ja nopealiikkeisyys uusille merkittävillä alueilla. Toisaalta elektroniikkateollisuus on kasvanut vielä nopeammin kuin alan tutkimusvolyyymi. Tämä on aiheuttanut ongelmia niin yliopistoissa kuin yrityksissä. Osaavien henkilöresurssien pula on alalla jatkuvaa.

Elektroniikkateollisuus on hyvin tutkimus- ja kehityspainotteista verrattuna moneen muuhun teollisuuden alaan. Tämä näkyy tutkijakoulutuksen saaneiden henkilöresurssien kysyntänä. Tohtoreiden sijoittumisaste yritysmaailmaan on merkittävästi korkeampi kuin muilla tieteen ja tekniikan alueilla. Täten tutkijankoulutus- ja tutkijatohtori-ohjelmat sopivat hyvin elektroniikkaan. Ongelmana kuitenkin on henkilöiden kova kysyntä myös muihin tehtäviin. Tämä ei ole haaste ainoastaan Suomessa vaan myös globaalisti.

Elektroniikalle aivan erityinen ongelma on perustutkimusrahoituksen vähyys suhteessa Tekesin ja teollisuuden rahoitukseen. On suuri vaara, että tutkimusjänne lyhenee ja

osaamisperusta kasvulle jää liian ohueksi. Kasvua rajoittavat resurssit. Osaamisen tulee olla huipputasoa, jotta elinkeinoelämä pysyisi kilpailukykyisenä. Elektroniikan teollisen tutkimuksen volyymia yliopistoissa onkin lisättävä selvästi.

### *Toimintaympäristön muutokset*

Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana mikroelektroniikan laitteistojen suorituskyky on kasvanut eksponentiaalisesti noudattaen mikropiirien suorituskyvyn kaksinkertaistumista noin 18 kuukauden välein. Suorituskyvyn kasvun ennustetaan jatkuvan yhtä voimakkaana tulevan 15 vuoden aikana, kunnes fysiikan asettamat rajat hidastavat nykyisenlaisen puolijohdetekniikan suorituskyvyn kasvua. Nanoteknologia nähdään yhtenä mahdollisena tulevaisuuden teknologiana takaamassa suorituskyvyn kasvua.

Elektronisten tuotteiden maailmanmarkkinoiden kokonaisvolyymien arvioidaan vuonna 1999 saavuttaneen 1200 miljardia Yhdysvaltojen dollaria (USD), josta 94 miljardia USD vastaa tietoliikennelaitteita, 110 miljardia USD kulutuselektroniikkaa ja 360 miljardia USD elektroniikan komponentteja.<sup>19</sup> Suurimmat markkinat ovat Yhdysvalloissa (32 %), Euroopassa (22 %) ja Japanissa (19 %). Suomen teollisuuden viennistä elektroniikka vastasi 29 prosenttia vuonna 1999. Vuonna 1990 vastaava luku oli 12 prosenttia.<sup>20</sup>

Liikkuvasta tietoliikenteestä on tullut kasvun veturi teleoperaattoreille. Vuosina 1992 ja 1997 julkisten teleoperaattoreiden liikevaihto kasvoi OECD-maissa seitsemän prosenttia mutta vastaavasti vuosina 1993 ja 1997 liikkuvan tietoliikenteen liikevaihto kasvoi 350 prosenttia saavuttaen 125 miljardia USD. Liikkuvan tietoliikenteen kasvu tulee jatkumaan vahvana ja saavuttaa yhden miljardin tilaajan määrän 2000-luvun ensimmäisinä vuosina.<sup>21</sup>

Vuonna 2004 Suomen sähkö-, elektroniikka- ja tietoteollisuuden yritysten liikevaihdon on ennakoitu olevan 2–3 kertaa suurempi kuin vuonna 1999, mikä tekee toimialasta Suomen suurimman. Elektroniikkateollisuuden kannattavuus on hyvä, ja tietoliikenne- ja tietotekniikkapalvelujen kysyntä on edelleen vahvaa. Toimialan tuotanto on kasvanut 1990-luvulla viisinkertaiseksi ja 2000-luvulla sama vauhti on jatkunut suurelta osin hyvän tuottavuuden ansiosta. Suomen vienti/tuonti -suhde elektroniikkatuotteille oli 1,97 vuonna 1997. Kyseinen luku on aivan maailman huippua. Suomen edellä ovat vain Japani (2,45) ja Irlanti (2,0).<sup>22</sup>

Tietoliikenne- ja tietotekniikka ovat yhdentymässä yhdeksi teknologiaksi. Digitaalisissa tietoliikenneverkoissa puhe on vain yksi tiedon esittämistapa, jota voidaan muokata tietokoneilla kuten mitä muuta esittämistapaa tahansa. Digitaalisten verkkojen räjähdysmäinen kasvu luo mahdollisuuden digitaalisen tietoliikenteen ja tietotekniikan yhdentymiseen. Suurimpana tekijänä kasvun ja yhdentymisen takana on Internet-teknologia. Yhdentymisen tuloksena mm. automaatiojärjestelmien ennustetaan kokevan yhden suurimmista mullistuksista sitten mikroprosessorien käyttöönoton.

19 Cahners (1999). Cahners Electronics Group. Electronics industry Yearbook 1999 edition.

20 Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto (SET).

21 Cahners (1999). Cahners Electronics Group. Electronics industry Yearbook 1999 edition.

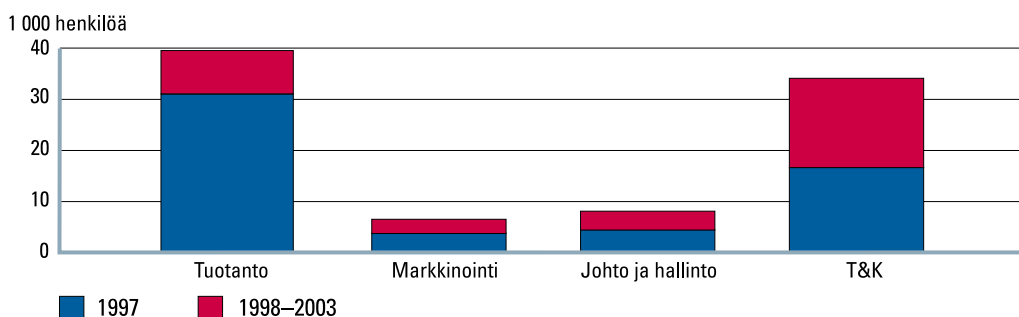
22 Cahners (1999). Cahners Electronics Group. Electronics industry Yearbook 1999 edition.



Erityisen merkittävää kehitystä on nähtävissä langattomissa terminaaleissa. Jo tähän mennessä puheliikenne on selvästi siirtynyt langattomiin tietoliikenneverkkoihin. Jatkossa Internet kaikkine mahdollisine palveluineen tulee muuttamaan terminaalien luonteen kattamaan palveluja, joita tähän asti on totuttu kokemaan tietoverkoissa. Lisäksi liikkuvuus ja Internet luovat aivan uusia mahdollisuuksia palvelujen kehittymiselle ja tulevat siten asettamaan uusia vaateita teknologioiden kehittämiseksi.

ICT-teollisuuden suurimmat yritykset ovat arvioineet alan henkilöstötarpeen Euroopassa nousevan 1,7 miljoonaan vuoteen 2003 mennessä<sup>23</sup>. Järjestelmien ja teknologioiden kehittymisnopeudesta johtuen elektroniikka- ja sähköteollisuudessa tutkimus- ja kehittämistoiminta on edelleen painoalueena (kuvio 8).

■ Kuvio 8. Elektroniikka- ja sähköteollisuudessa henkilöstöjakauma Suomessa 1997 ja ennuste jaksolle 1998–2003.



Lähde: Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto.

#### Arvio edellisen raportin johtopäätösten ja suositusten toteutumisesta

Elektroniikan ja sen lähialojen arviointi osoitti, että elektroniikan tutkimus on Suomessa kansainvälisesti korkeatasoista. Edellisen "Tieteen tila ja taso" -raportin keskeisiä suosituksia Elektroniikan ja sähkötekniikan alueella olivat: 1) Pitkäjänteisen perustutkimuksen asema on turvattava erityisesti elektroniikan alueella. 2) Alan merkittävänä uhkana pidettiin tutkimusryhmien ja -projektien pienuutta ja tutkijoiden saatavuutta. Uhkan torjumiseksi koulutuksen ja tutkimuksen volyymiä on lisättävä. 3) Elinkeinoelämän tutkija/tohtori-tarve sekä yliopistojen opettajatarve on otettava huomioon toimintaa kehitettäessä. 4) Tutkimuksen ja opetuksen laitekanta tulee saattaa ajan tasalle mukaan lukien suuret laitteet/laitteistot.

Raportin laatimisen jälkeen toimikunta on käynnistänyt kaksi uutta ohjelmaa elektroniikan ja materiaalitekniikan alueille: Teletronics ja Elektroniikan materiaalit ja mikrosysteemit. Erityisesti Teletronics -ohjelmassa rahoitettiin tutkimushankkeita pääsääntöisesti täysmääräisinä, jotta tutkimus ei sirpaloituisi, ja riittävä volyymi voitaisiin taata. Molemmat ohjelmat laadittiin yhteistyössä Tekesin kanssa. Tekes-rahoitus suuntautui lyhytjänteisempään tutkimukseen.

<sup>23</sup> Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto (SET).

*Uudet johtopäätökset ja suositukset*

- Tutkimusohjelmia elektroniikan ja tietotekniikan alueella on käynnistettävä ja laajennettava. Alalla tulee aloittaa yksi ohjelma vuodessa. Tällä menettelyllä halutaan taata jatkuvuus elektroniikan ja sen lähialueiden tutkimuksessa.
- Vastaavasti yliopistojen tulee panostaa elektroniikan ja sen lähialojen opetukseen ja tutkimukseen. Nyt saavutettu osaamisen ja kilpailukyvyn taso heikkenee nopeasti, jollei riittäviä ja jatkuvia panostuksia tehdä. Jatkuvuuteen on syytä suhtautua vakavasti ja yliopistojen tulee olla mukana yhteisissä kansallisissa ponnistuksissa elektroniikan ja tietotekniikan opetuksen ja tutkimuksen kehityksen takaimiseksi.
- Tutkimusohjelmien lisäksi tutkimusalan edistämiseksi tulee jatkossa kiinnittää entistä enemmän huomiota meritoituneiden tutkijoiden pätevoitymiseen tutkimuksen huippuvirkoihin, kuten akatemiaprofessoreihin sekä parhaiden tutkimusryhmien nostamiseen tutkimuksen huippuyksiköiden joukkoon.

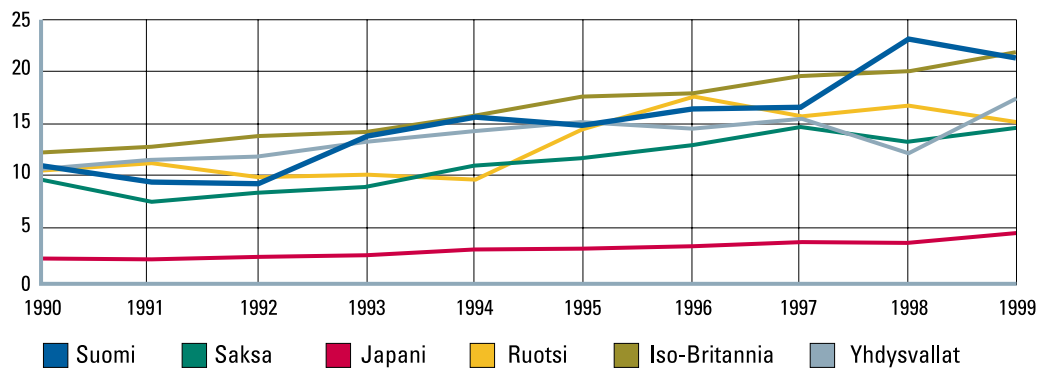
## 4.4 Avaruus- ja geotieteet sekä tähtitiede

*Tutkimusalojen kehitys viime vuosina*

Avaruustutkimuksen alalla 1990-luvun loppupuolella on edetty rakentamistoiminnasta mittaustoimintaan. Euroopan avaruusjärjestön (ESA) ISO- ja SOHO-luotaimet laukaistiin onnistuneesti avaruuteen vuonna 1995. Kummankin luotaimen mittauksia on käytetty tehokkaasti hyväksi. Julkaisutoiminta myös muilla avaruustutkimuksen aloilla on ollut voimakkaassa kasvussa johtuen suurista kansainvälisistä ohjelmista, mm. ISTP (International Solar-Terrestrial Physics).

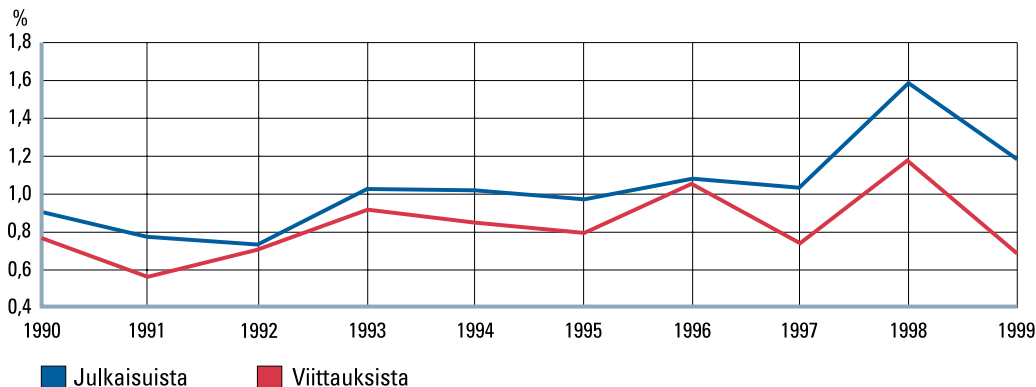
Julkaisutoiminnan kasvu näkyy hyvin kuvioista 9 ja 10. Vuonna 1999 suomalaisten julkaisujen osuus tieteenalalla oli 1,18 prosenttia ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus 0,68 prosenttia.

■ Kuvio 9. Avaruustutkimuksen ja tähtitieteen julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Astrophysics.

■ Kuvio 10. Suomalaisen avaruustieteen ja tähtitieteen julkaisujen sekä näihin kohdistuneiden viittausten prosenttiosuus ko. tieteenaloilla vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Astrophysics.

Tähtitieteen toiminnasta ja mahdollisuuksista on vuonna 1999 julkaistu opetusministeriön työryhmämuistio ”Tähtitieteen suurhankkeet”, joka laadittiin Suomen jäsenyyden kartoittamiseksi Euroopan eteläinen observatorio (ESO) -järjestössä. Työryhmämuistiossa päädytään suosittamaan ESO:n jäsenyyttä. Tähtitieteessä suoritettiin kansainvälinen arviointi keväällä 2000. Arviointiraportin mukaan Suomen tähtitiede on sekä tieteellisiltä että teknologisilta valmiuksiltaan täysin kykenevä ESO-jäsenyyteen. 1990-luvun loppupuolella suotuisa kehitys Suomen tähtitieteessä on vaarassa tyrehtyä, ellei nyt panosteta suuriin kansainvälisiin hankkeisiin entistä voimakkaammin.

Geotieteiden osalta toiminta jatkaa melko tasaista linjaa edellisen Tieteen tila- ja taso -raportin mukaisesti. Suunnittelunäkymiä on aktivoitunut pohjoisen ulottuvuuden aloite, jonka piiriin monet geotieteiden tutkimushankkeet kuuluvat. Geotieteiden alalla on liitetty useampiin kansainvälisiin suurhankkeisiin syväluotauksen ja syväkairauksien aloilla, joista tutkimustulosten odotetaan lisääntyvän lähivuosina.

Avaruustieteen tutkijakoulu sai Suomen Akatemian arvioinnissa hyvät arvosanat ja sen toimintaa jatkettiin ja laajennettiin kattamaan myös tähtitieteen tarpeet. Maan sisäisen rakenteen (litosfäärin) ja hydrologian alojen tutkijakoulut päätettiin lopettaa ja perustaa aloille uudet koulut palvelemaan ympäristögeologian sekä lumen ja jään tutkimusta.

Avaruustieteen ja avaruustähtitieteeseen on perustettu uudet professorit, mikä on selvästi kehittänyt alan koulutus- ja rekrytointinäkymiä. Oulun yliopiston uusi tähtitieteen professori on niinkään aktivoitunut Oulun yliopistossa tapahtuvaa tutkimustoimintaa. Alan rahoitus on vuoden 1998 alusta kasvanut, mikä on lisännyt jatko-opiskelijoiden määrää. Kaikki alalla tutkinnon suorittaneet ovat sijoittuneet hyvin työelämään ja alalle onkin kehitymässä lähivuosina pulaa hyvistä jatko-opiskelijoista.

*Toimintaympäristön muutokset*

Avaruustoiminnasta on laadittu kansallinen strategia vuosiksi 1999–2001. Strategia käsittelee laajasti suomalaisten mahdollisuuksia lähitulevaisuuden kansainvälisissä hankkeissa. Samalla siinä annetaan suosituksia muun muassa tutkimusryhmien vahvistamiseksi ja rahoituksen vakiinnuttamiseksi. Suomen Akatemian vuonna 2001 käynnistämä avaruustutkimusohjelma pyrkii myös toteuttamaan kyseistä strategiaa.

Mikäli tähtitieteen alalla päädytään ESO-vaihtoehtoon, on edessä samanlainen kehitys kuin ESA:an liittymisen jälkeen; tutkimus lähtee voimakkaaseen kasvuun. ESO tarjoaa myös enemmän tutkimuspaikkoja kuin ESA, mikä lisää suomalaisen avaruustoiminnan kansainvälistä liikkuvuutta ja näkyvyyttä. Suomessa tähtitiede on oppiaine, joka antaa hyvän pohjakoulutuksen moneen tarpeeseen. Vaativat laitteet, suuret datamäärät ja monimutkaiset tietokoneohjelmat sekä hyvä perusfysiikan ja matematiikan osaaminen ovat keskeisiä vaatimuksia hyvälle tähtitieteilijälle.

Geotieteiden alalla eletään murroskautta. Perusgeologinen kartoitus on maassamme suoritettu ja lisätietoa voidaan hankkia satelliittikaukokartoituksen avulla. Uudet numeeriset mallinnusmenetelmät ovat tulossa ja tutkimustrendi näyttää yhä useammissa laitoksissa suuntautuvan ympäristökysymyksiä palvelemaan suuntaan (ydinjätteen varastointi, pohjavesimallit, ilmastonmuutos, jne.).

*Arvio edellisen raportin johtopäätösten ja suositusten toteutumisesta*

Edellisen ”Tieteen tila ja taso” -raportin keskeisiä suosituksia olivat resurssoinnin pitkäjänteisyydestä ja laajapohjaisesta koulutuksesta huolehtiminen, valtakunnallisten tutkijakoulujen perustaminen tähtitieteessä ja ympäristötieteissä; geo- ja avaruustieteiden pitkäjänteinen resurssointi ministeriöiden rajat ylittävillä toimenpiteillä, tutkimuslaitosten ja yliopistojen välisen yhteistyön kehittäminen mm. yhteisten virkojen avulla sekä geotieteiden kansainvälisen arvioinnin suorittaminen.

Yliopistollisten yksiköiden perustoimintojen ja jatkokoulutuksen resurssoinnissa tilanne on lievästi kohentunut. Suomen Akatemian rahoitus on selvästi kasvanut. Resurssoinnista on kuitenkin edelleenkin kannettava huolta. Suositus valtakunnallisten tutkijakoulujen perustamisesta tähtitieteessä ja ympäristötieteissä on toteutunut uusien tutkijakoulujen käynnistyttyä.

Alojen pitkäjänteisessä resurssoinnissa ministeriöiden rajat ylittävillä toimenpiteillä on avaruustieteissä kehitys edennyt oikeaan suuntaan. Tutkimuslaitosorganisaation perustamismahdollisuuksia pohditaan OPM:n työryhmässä, missä eri alan ministeriöt ovat edustettuina. Geotieteissä tilanne on hankalampi, mutta eläkkeelle siirtymisen kautta vaihtuva professorikunta saattaa kehittää uusia suunnitelmia, joiden rahoitus-pohja on nykyistä vakaampi, esimerkiksi pohjoisen ulottuvuuden hankkeen kautta.

Yliopistojen siirryttyä uusiin käytäntöihin professorivirkojen käynnistämisessä on yhteistyö tutkimuslaitosten kanssa tullut yhä mahdollisemmaksi. Avaruusfysiikan professori Helsingin yliopistoon perustettiin yliopiston ja Ilmatieteen laitoksen yhteishankkeena. Useita vastaavanlaisia hankkeita on käynnistymässä; mm. Oulun yliopisto on

perustanut Sodankylän observatorioon tutkimusprofessorin tukemaan paikallista tutkimustyötä ja teollisuusyhteistyötä.

Geotieteiden kansainvälistä arviointia ei ole suoritettu. Tarve arviointiin on kasvanut alalla tapahtuneiden muutosten vuoksi. Tähtitieteen arviointi on suoritettu keväällä 2000. Avaruustutkimuksessa arviointi on tarpeen vasta tutkimusohjelman toteuttamisen jälkeen noin 2004.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset:*

- Toimintojen verkostoitumisastetta on nostettava. Avaruustutkimuksessa ja tähtitieteessä on verkostoitumisaste kuitenkin jo nyt hyvä. Tähtitieteen alalla asiaa kohtaisi ESO-jäsenyys. Geotieteiden osalta kansainvälinen verkostoituminen on elinehto. Tämä on toteutunut ainoastaan joidenkin yksiköiden kohdalla suurien ohjelmahankkeiden kautta. Verkostoituminen edellyttää uutta hallinnollista ajattelua ja resurssien käytön tehostamista. Säännöllisiä tutkijavierailuja pitäisi myös lisätä.
- Avaruustutkimuksen pitkäjänteinen rahoitus on varmistettava. Avaruushankkeet saattavat kestää jopa 25 vuotta. Pitkäkestoinen hanke vaatii ympärilleen tutkimuslaitosympäristön, joka voi olla myös verkkomuotoinen, mutta jossa perusrahoitus on taattu. Ongelma ei ole samaa luokkaa tähti- ja geotieteissä, vaikka sieläkin osa toiminnoista vaatii pitempiaikaista sitoutumista.
- Tutkimuksesta tiedottamista olisi kehitettävä ja lisättävä. Kaikkien kolmen tutkimusalan yleisen kiinnostavuuden takia olisi tiedotustoimintaan panostettava entistä enemmän. Esimerkiksi ESA vaatii kaikilta hyväksytyiltä laiteohjelmilta tiedotussuunnitelman.

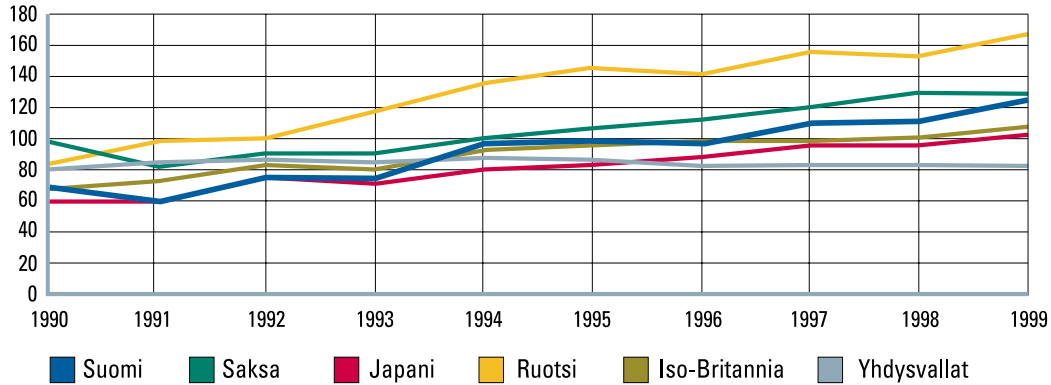
## 4.5 Fysiikka

### *Tutkimusalan kehitys viime vuosina*

Fysiikan kansainvälinen taso on erittäin hyvä ja kehitty edelleen positiivisesti. Ammatillinen ote tutkimustyön tekemisessä on lisääntynyt. Tutkimustulosten näkyvyys mitattuna esimerkiksi viiteanalyysillä tai kutsutuilla esitelmillä on korkea. Viiteanalyysit sijoittavat Suomen fysiikan tason selvästi OECD-maiden keskiarvon yläpuolelle. Julkaisutoiminnan kasvu näkyy hyvin kuvioista 11 ja 12. Vuonna 1999 suomalaisten julkaisujen osuus tieteenalalla oli 0,73 prosenttia ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus 0,87 prosenttia.

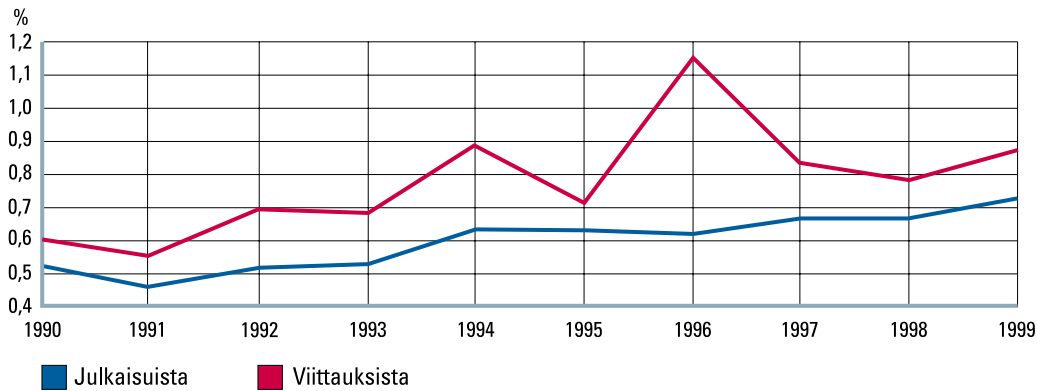
EU:n TMR-ohjelmassa on kaksi fysiikan "Large Scale Facility" -yksikköä; Teknillisen korkeakoulun kylmälaboratorio ja Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio. Suomen Akatemian huippuyksikköohjelmassa on mukana kolme varsinaista fysiikan yksikköä, Teknillisen korkeakoulun kylmälaboratorio, Teknillisen korkeakoulun laskennallisen materiaalfysiikan tutkimusyksikkö COMP sekä Jyväskylän yliopiston ydin- ja materiaalfysiikan tutkimusohjelma. Näiden lisäksi myös Teknillisen korkeakoulun laskennallisen tieteen ja tekniikan huippuyksikkö sisältää fysiikan tutkimusta.

■ Kuvio 11. Fysiikan julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Physics.

■ Kuvio 12. Suomalaisten fysiikan julkaisujen sekä näihin kohdistuneiden viittausten prosenttiosuus tieteenalalla vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Physics.

Fysiikassa on kaksi suurta valtakunnallista tutkijakoulua, jotka ovat materiaalfysiikan tutkijakoulu sekä hiukkas- ja ydinfysiikan tutkijakoulu. Edellä mainittujen lisäksi on myös useita pienempiä tutkijakouluja. Fysiikan jatko-opiskelijoita osallistuu lukuisiin lähialojen tutkijakouluihin. Tutkijakoulut ovat lisänneet jatkokoulutuksen suunnitelmallisuutta ja tavoitteellisuutta sekä ohjaajien että opiskelijoiden keskuudessa. Niihin liittyvä jatko-opiskelupaikkojen lisääntynyt rahoitus ja rahoituksen pitkäjänteisyys ovat kasvattaneet tohtorien määrää. Myös väittelyiät ovat edelleen alentuneet. Alan tohtorit ovat sijoittuneet hyvin elinkeinoelämän ja julkisen sektorin palvelukseen.

Fysiikka on kokeellinen tiede. Kokeellinen fysiikka on kuitenkin vaikeuksissa lähinnä yliopistolaitosten infrastruktuurin heikkenemisen myötä ja keskittymässä vain harvoihin kriittisen koon omaaviin yksiköihin. Laskennallinen fysiikka on selkeästi kasvassa lisääntyneiden tietokoneressurssien myötä. Hiukkasfysiikan tila on vakiintunut, koska sen kokeellinen tutkimus on keskitetty Helsingin yliopiston yhteydessä toimivaan Fysiikan tutkimuslaitokseen. Sovellutushakuisuus ja yhteistyö muiden alojen

sekä teollisuuden kanssa on kasvanut. Tällaisia alueita ovat mm. materiaalien fysiikka, kemiallinen fysiikka, lääketieteellinen fysiikka, moderni optiikka ja optoelektroniikka, elektroniikka ja instrumenttitekniikka sekä paperinvalmistusteknologia. Biologinen fysiikka on vasta orastamassa. Naisten osuus kaikilla tasoilla fysiikassa on edelleen aivan liian alhainen.

#### *Toimintaympäristön muutokset*

Suomen talouden voimakas kasvu perustuu paljolti tietointensiiviseen teollisuuteen. Se on luonut myös fyysikoille runsaasti työtilaisuuksia varsinkin elektroniikan ja sähkötekniikan aloilla.

Runsaat työmahdollisuudet vaikeuttavat jatko-opiskelijoiden ja tutkijatohtoreiden rekrytointia. Niinikään yliopistojen aloituspaikkojen lisääntyminen lukion fysiikkaa ja matematiikkaa edellyttävillä aloilla on johtanut perusopiskelijoiden rekrytoinnin vaikeutumiseen.

Yliopistojen korkeatasoisin tutkimustyö perustuu keskeisesti kilpailun kautta saatavaan ulkopuoliseen rahoitukseen. Tässä kilpailussa fysiikka on menestynyt hyvin, sillä fyysikot ovat hyvin verkostoituneita ja tottuneita yhteistyöhön. Kilpailu rahoituksesta suuntaa tutkimusta kohti yhteiskunnalle relevantteja sovellutuksia, mikä tapahtuu usein perustutkimuksen ja joskus myös tieteellisen tason kustannuksella. Niinikään yliopistojen matala perusrahoituksen taso on johtanut siihen, että fysiikan tutkimuksen tarvitsema laiterahoitus ei ole tyydyttävällä tasolla.

#### *Arvio edellisen raportin johtopäätösten ja suositusten toteutumisesta*

Edellisen ”Tieteen tila ja taso” -raportin keskeisiä suosituksia fysiikassa olivat tutkimuslaiterahoituksen ja tutkimuksen perusrakenteiden kehittäminen, fysiikan yksiköiden lisääminen tutkimuksen huippuyksikköohjelmassa, tutkijakoulujärjestelmän jatkaminen ja tutkijatohtoreiden määrän lisääminen, kansainvälisen ja kansallisen yhteistyön sekä valtakunnallisen työnjaon kehittäminen ja tutkimuksen suuntaaminen tutkimusalapainotuksilla. Lisäksi suositeltiin arvioinnin kehittämistä tutkimuksen kehittämisen tukena ja koko fysiikan tutkimuksen arvioinnin suorittamista.

Laiterahoituksessa ei ole tapahtunut edistymistä. Laiterahoitus on edelleen fysiikan tutkimuksen suurin ongelma. Infrastruktuurin ylläpitäminen on entisestään vaikeutunut ja tilanteen korjaaminen edellyttää, että palkkojen lisäksi hankerahoitus sisältää myös yleiskustannuslisän.

Uudessa huippuyksikköohjelmassa yksiköiden lukumäärä fysiikassa ja sen lähialoilla on lisääntynyt. Tutkijakouluohjelman jatkuminen on toteutunut. Kaikki fysiikan koulut saivat Suomen Akatemian arvioinnissa hyvän arvosanan ja ovat jatkaneet vähintään samalla volyyymilla. Tutkijatohtoreiden rahoituksen jatkuvuus onkin taattava ja sen määrään kaivataan edelleen lisäystä.

Tutkimusryhmien suora kansainvälinen yhteistyö on vilkasta, ja siihen on rahoituksen puolesta tällä hetkellä riittävästi mahdollisuuksia. Valtaosassa fysiikan julkaisuja on

aina kansainvälinen partneri. Sen sijaan suurten tutkimuslaitosten, kuten ESRF:n ja CERN:n jäsenyyksissä on edelleen vajaakäyttöä.

Tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa tehtävän yhteistyön lisääminen ja erityisesti sen syventäminen on edelleenkin ajankohtaista. Välineet ovat olemassa, ja yhteistyön edellytyksiä ovat parantaneet varsinkin Suomen Akatemian lisääntyneet tutkimusohjelmat ja yhteistyö Tekesin kanssa.

Yliopistojen ulkopuolisen rahoituksen painottaminen esimerkiksi tutkimusohjelmien avulla on vahvistanut mm. materiaalfysiikkaa ja laskennallista fysiikkaa sekä uutena alana nanoteknologiaa. Samalla on voitu taata kohtuullinen tutkimusrahoitus myös muilla perustutkimuksen aloilla. Tutkimusryhmien profiloituminen on edelleen selkeytynyt. Yleensä ryhmät, joilla on yhteisiä tutkimusintressejä, hakeutuvat luonnostaan yhteistyöhön.

Tutkimuksen arviointia tapahtuu nykyään jatkuvasti priorisoitaessa esimerkiksi Suomen Akatemialle osoitettuja hakemuksia. Kun arvioitsijoina ja arviointipaneelin jäsenenä toimii ulkomaisia asiantuntijoita, saadaan kuva myös kansainvälisestä tasosta.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

Fysiikan tila ja taso on erinomainen, ja kehitys edelleen suotuisaa. Pahin ongelma kokeellisessa fysiikassa on pitkäjänteisen laiterahoituksen puuttuminen ja kaikilla aloilla infrastruktuurin riittämättömät resurssit. Kansantalouden positiivisesta tilasta on seurauksena myös uhkia tieteelle: rekrytointi kaikilla tasoilla on entistä vaikeampaa. Tärkeimmät suositukset alalla ovat:

- Tiederahoituksessa tulee tukea toimenpiteitä riittävän laiterahoituksen saamiseksi normaalin hankerahoituksen osaksi tai rinnalle. Erityisesti huippuyksikköjen rahoituksessa laitteiden rahoitus tulee turvata.
- Jokaisen uuden palkatun tutkijan pitää tuoda mukanaan resursseja myös infrastruktuurin ylläpitoon. Sekä laiterahoitukseen että infrastruktuuriin osoitettava rahoitus tulee saada lisärahoituksena yliopistojen tai Akatemian budjettiin.
- Ammattitutkijan ura tulee tehdä houkuttelevaksi. Tärkeimmät tekijät, tutkimuksen korkea taso ja älyllisesti riittävän kiehtova ongelmien asettelu, ovat yleisesti ottaen kunnossa, mutta tutkijoiden ja tutkimusryhmien tulee pitää ne aina ensimmäisinä tavoitteina. Lisäksi tutkimusympäristön tulee taata tutkijoille hyvät työskentelyolosuhteet. Myös palkkauksen on oltava kilpailukykyinen. Yliopistojen tulisi käyttää mahdollisuuksiaan kiinnittää pysyvästi tutkijanurallaan menestyksekkäästi edenneet lahjakkaimmat tutkijat.



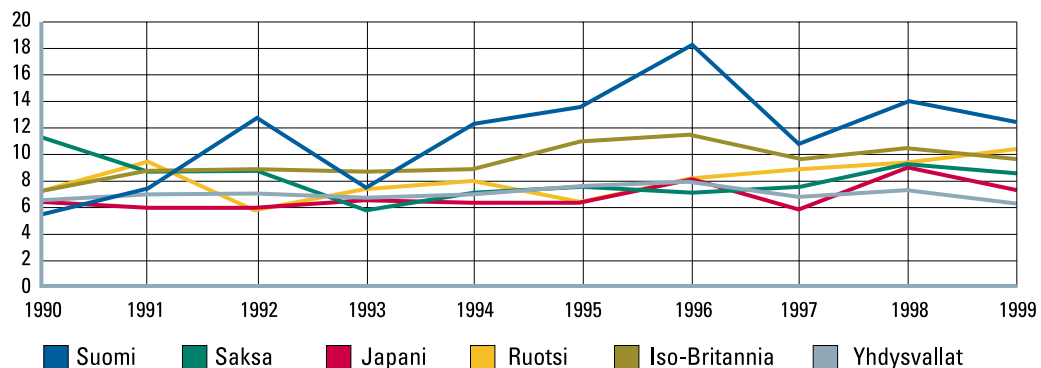
## 4.6 Prosessiteknikka

### Tutkimusalan kehitys viime vuosina

Prosessiteknikan tutkimusta tehdään kemian tekniikan, puunjalostus- ja paperiteknikan, metallurgian, materiaalteknikan, polttoaine- ja energiateknikan sekä elintarvike- ja biotekniikan aloilla toimivissa tutkimusryhmissä. Prosessiteknikan tutkimus kytkeytyy laajalti sellu- ja paperiteollisuuteen, öljynjalostus- ja petrokemianteollisuuteen, peruskemianteollisuuteen, metallurgiseen teollisuuteen, elintarvike- ja lääkeaineteollisuuteen sekä hieno- ja erikoiskemikaaliteollisuuteen. Prosessiteknikan tutkimusta tehdään pääasiassa kolmessa teknillisessä korkeakoulussa, Oulun yliopiston ja Åbo Akademin teknillisissä tiedekunnissa sekä teollisuuden tutkimuskeskuksissa (VTT ja KCL).

Prosessiteknikan tutkimuksessa Suomi kuuluu OECD-maiden joukossa kolmen kärkeen, kun vertailulukuna on väkilukuun suhteutettu julkaisumäärä. Suomalaisten julkaisujen määrä on jatkanut kasvuaan. Julkaisujen näkyvyys on erityisen suuri puunjalostus- ja paperiteknikan alalla, jossa suomalaisjulkaisujen suhteellinen osuus on maailman korkein. Kemian tekniikan julkaisujen väkilukuun suhteutettu osuus on maailman huippuluokkaa (kuvio 13). Elintarvike- ja biotekniikassa, materiaalitieteissä sekä ympäristö- ja energiateknikassa Suomi sijoittuu neljän maan kärkeen. Metallurgiassa Suomi sijoittuu OECD-maiden keskiarvon yläpuolelle julkaisujen määrässä. Suomalaisten julkaisujen määrä prosessiteknikan alan julkaisuista on noussut 0,4 prosentista 0,8 prosenttiin viimeisen kymmenen vuoden aikana.

■ Kuvio 13. Kemian tekniikan julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Deluxe Field: Chemical Engineering.

Prosessiteknikan alan tutkimus ja tutkijakoulutus on viimeisessä tutkijakoulu- ja huippuyksikköevaluoinnissa todettu korkeatasoiseksi. Prosessiteknikan alueella on vuoden 2000 alusta kaksi valtakunnallista huippuyksikköä: Åbo Akademiassa toimiva Prosessikemian huippuyksikkö ja VTT:n Biotekniikan huippuyksikkö. Lisäksi alueella toimii useita tohtorikouluja, joissa on mukana lähes kaikki Suomen prosessiteknikan alueen professorit. Prosessiteknikan tutkijakoulujen määrä on kasvanut ja samalla niissä olevien tutkijatohtorikoulutettavien määrä on lisääntynyt.

Prosessiteknikan erikoisosaamisalueita maassamme ovat prosessikemia, biotekniikka ja polymeeriteknologia, kun perustana käytetään huippuyksikköarviointia. Suomi on maailman kärkimaa molekyylibiologian tutkimuksessa, ja tietyt biotekniikan tutkimusalueet ovat poikkeuksellisen hyvin resursoituja. Bioprosessiteknikan tutkimus (mm. bioteknisten tuotteiden tuotantoprosessit) on jäänyt kuitenkin taka-alalle tutkimusrahoituksessa.

#### *Toimintaympäristön muutokset*

Suomen prosessiteollisuudessa on viime vuosina tapahtunut voimakasta yritysraakenteen uudelleenjärjestelyä ja ulkomaisen omistuksen vahvistumista, mikä aiheuttaa paineita teollisuuden tutkimuksen toteuttamiselle. Toisaalta nämä muutokset ja vahva suomalaisen tutkimustoimintaan perustuva osaaminen ovat lisänneet kansainvälistä yhteistyötä.

Kemianteollisuudessa on bulk-tuotanto vähentymässä, kun taas hieno- ja erikoiskemikaalien osuus on voimakkaassa kasvussa, mikä lisää huomattavasti tutkimuksen tarvetta. Erikoiskemikaalien tuotannossa sellu- ja paperikemikaalien osuus on yksi voimakkaimmin kasvaneista tuotantoaloista. Metsäteollisuuden tuotteiden viennin osuus on edelleen suurin Suomen vientisektoreista, 68 miljardia markkaa vuonna 1999, mikä oli 29,2 prosenttia koko viennistä.<sup>24</sup> Suomessa käynnissä oleva raaka-ainevarojen uudelleenarviointi ja Perämeren teräskaaren terästehtaiden tuotannon lisäyspäätökset ovat johtaneet myönteiseen tutkimuskehitykseen myös prosessimetallurgian alalla.

Kilpailu tutkimusrahoituksesta on tullut entistä kovemaksi myös prosessiteknikan alalla. Suomen Akatemialta, Tekesiltä ja EU:lta haettava rahoitus on lisännyt yhteistyötä eri yliopistojen tutkimusryhmien välillä. Myös yliopistojen ja yritysten välinen yhteistyö yhteisten hanke-esitysten valmistelussa on johtanut monitieteisten tutkimusverkostojen muodostumiseen. Klusteriohjelmien kautta saatu tutkimuksen lisärahoitus ja EU-rahoitus ovat hyödyntäneet prosessiteknikan tutkimusta erityisesti metsä-, ympäristö- ja elintarviketutkimuksen aloilla.

Eri yliopistojen antamassa prosessiteknikan alan koulutuksessa on nähtävissä selvää erikoistumista. Erikoistumiskohteita ovat bioprosessiteknikka, erotustekniikat, polymeeriteknologia, prosessikemia, prosessimetallurgia, ympäristötekniikka, sellu- ja paperitekniikka sekä säätö- ja systeemitekniikka. Kemian tekniikan ja kemian tutkimus ovat entistä vahvemmin integroituneita toisiinsa. Prosessiteknikan koulutuksessa on ollut näkyvissä hienoista professorikunnan lukumäärän kasvua sekä runsasta kasvua jatkokoulutettavien määrässä, opetuksen monipuolistumista sekä monitieteisen opetuksen ja tutkimuksen voimistumista.

#### *Arvio edellisen raportin johtopäätösten ja suositusten toteutumisesta*

Edellisessä "Tieteen tila ja taso" -raportissa keskeisinä prosessiteknikan alueen heikkouksina nähtiin toiminnan pirstoutuneisuus, resurssointiongelmat ja pieni yksikköko-ko, tutkimusrahoituksen epävarmuus ja riittämättömyys sekä erityisesti perustutki-

---

<sup>24</sup> Tullihallitus, 1999.

muksen heikentynyt rahoitus, motivoituneiden ja lahjakkaiden opiskelijoiden, jatko-opiskelijoiden ja tutkijoiden puute, puutteelliset tutkimuslaiteresurssit sekä alan imagon heikentyminen.

Prosessitekniikan tutkimuksen vahvuutena on edelleen yliopistojen ja teollisuuden laaja ja toimiva yhteistyö. Tutkimuksen pirstoutuneisuuteen ja tutkimusryhmien pienuuteen on saatu parannusta tutkimusryhmien verkottumisen ja tutkimuksen parantuneen koordinaation kautta sekä Suomen Akatemian ja Tekesin lisääntyneen tutkimusrahoituksen kautta.

Akatemia käynnisti v. 1999 edellisen ”Tieteen tila ja taso” -arvioinnin perusteella Prosessitekniikan tutkimusohjelman, jonka eräänä tavoitteena oli tieteenalan sisäisten ja tieteenalojen välisten monitieteisten konsortioiden muodostaminen. Tutkimusohjelma tekee kiinteää yhteistyötä Tekesin prosessitekniikan alan teknologiaohjelmien kanssa. Yliopistoissa ja tutkimuskeskuksissa toimivat tutkimusryhmät pysyvät yhteistyön kautta erikoistumaan ja profiloitumaan omille tutkimusalueilleen. Tässä profiloitumisessa ovat apuna myös yliopistojen yhteiset tutkijakoulut ja prosessitekniikan alueella esikuvan tavoin toimivat Prosessitekniikan ja Biotekniikan huippuyksiköt. Yhteistyön käynnistäminen on entistä helpompaa, ja yksittäiset tutkimusryhmät voivat keskittää tutkimuksensa kapeammalle alueelle ja toimia näin kehäänkärkinä kansainvälisellä foorumilla.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

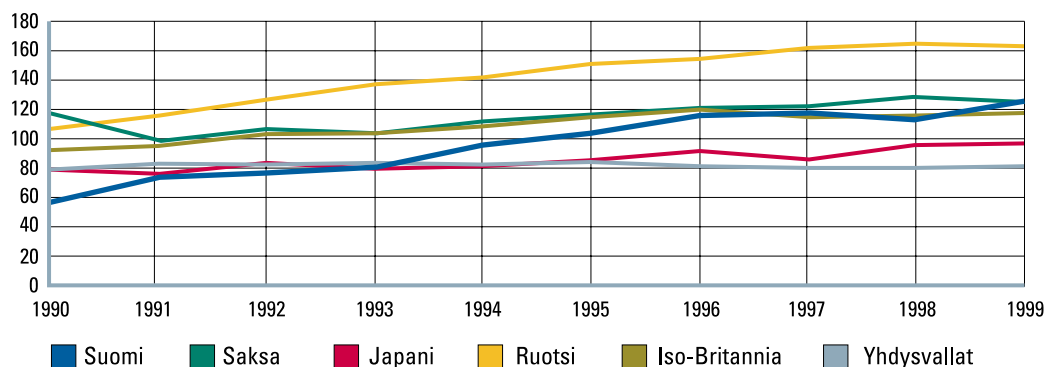
- Pitkäjänteisen perustutkimuksen aseman turvaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tutkimusrahoitusta tulisi lisätä innovatiivisilla, monitieteisillä tutkimusaloilla, joiden kasvuennusteet ovat voimakkaita, mm. ympäristö-, bioprosessi- ja polymeeritekniikan sekä hieno- ja erikoiskemikaalien tutkimuksen alueilla. Suomen Akatemian rooli prosessitekniikan tutkimuksen rahoittajana tulisi olla näkyvää. Alan tutkimusta on tuettava myös käynnissä olevien tutkimusohjelmien päätyttyä.
- Tutkimuslaitteistojen rahoitukseen tulee kiinnittää huomiota ja taata kokeellisen tutkimuksen laboratorioden laiterahoituksen kehitys. Puutteelliset ja vanhentuneet tutkimuslaitteet estävät yksikön korkeatasoisen toiminnan.
- Lahjakkaiden opiskelijoiden ja jatko-opiskelijoiden, erityisesti naisten rekrytointia prosessitekniikan tutkimusaloille tulisi tehostaa. Suomalaisten ja ulkomaisten senioritutkijoiden mahdollisuuksia tulla mukaan yliopistojen tutkimusryhmiin tulisi parantaa ja suomalaisten tutkijoiden kansainvälistä koulutusta ja pääsyä mukaan huippututkimusryhmiin tulisi tukea. Tutkimusryhmien tulee käyttää hyväkseen tarjolla olevat tutkijanvaihdon mahdollisuudet. Tutkijoiden ja tutkijakoulutettavien palkkatason tulisi myös olla kilpailukykyinen.
- Tutkijankoulutus tulisi aloittaa yliopistoissa jo perusopintojen aikana ja sen tulisi kuulua olennaisena osana perustutkintovaiheen läpi kestävään koulutukseen; tällä toimenpiteellä vahvistetaan yliopistojen tutkimuspohjaa ja sitoutetaan nuoret tutkijat tutkimusryhmiin.

## 4.7 Kemia

*Tutkimusalan kehitys viime vuosina*

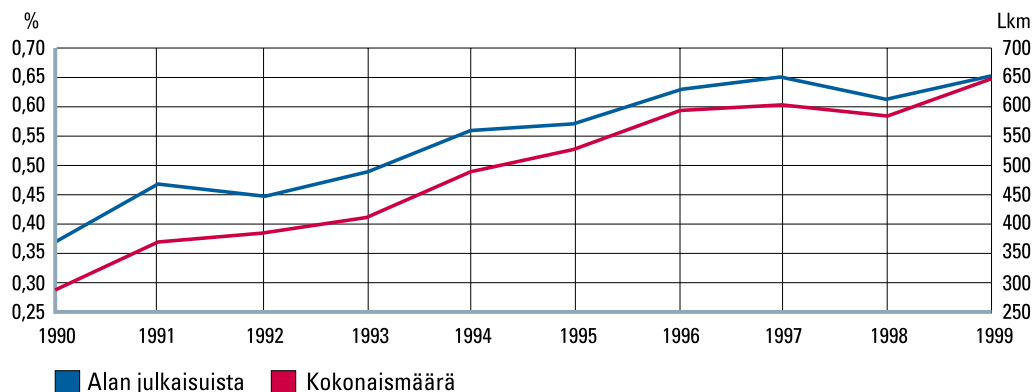
Kemian alan referoitujen julkaisujen lukumäärä on yli kaksinkertaistunut kymmenen viime vuoden aikana, mikä kertoo kemian tutkimuksen volyymin myönteisestä kehityksestä. Samalla myös suomalaisten julkaisujen määrä kemian alan julkaisuista on lähes kaksinkertaistunut. Vuonna 1999 suomalaisten julkaisujen määrä oli 648 ja julkaisuihin kohdistuneiden viittausten osuus tieteenalalla oli 0,65 prosenttia (kuviot 14 ja 15). Kemian alan tutkimus on laadullisesti yhä korkeatasoisempaa, mikä voidaan selvästi nähdä julkaisujen lukumäärän lisääntymisenä impaktiarvoiltaan korkeammassa julkaisusarjoissa. Yliopistojen budjetin ulkopuolelta tuleva rahoitus on merkittävästi lisääntynyt ja kemian tutkimustoiminta onkin nykyään lähes täysin ulkopuolisen rahoituksen varassa. Ulkopuolinen rahoitus luo erinomaiset edellytykset ei vain tutkimuksen volyymin, vaan myös laadun kasvulle.

■ Kuvio 14. Kemian julkaisujen määrä miljoonaa asukasta kohti vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Chemistry.

■ Kuvio 15. Suomalaisten kemian julkaisujen kokonaismäärä sekä prosenttiosuus kaikista alan julkaisuista.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Standard Field: Chemistry.

Kuvaavaa kemian tutkimuksen rakenteelle on sen tutkimusintensiivisyys. Kemia edustaa 25 prosenttia Suomen teollisuuden tutkimuspanoksesta, ja kemian teollisuuden työntekijöistä tutkimus- ja tuotekehityshenkilöstön osuus on 10 prosenttia. Teollisuus tarvitseekin yhä enenevässä määrin ammattitutkijoita ja tohtoreita.

Kemian tutkimusta tehdään myös yliopistojen ulkopuolella tutkimuslaitoksissa ja teollisuudessa. Kemian tutkimusprofiilia voidaan tarkastella myös kemian teollisuuden ja elinkeinoelämän tarpeiden näkökulmasta. Yliopistot tukevat perustutkimuksella Suomen teollisuuden kannalta tärkeän kemian teknologian kehittymistä. Kemian teollisuudessa asiantuntija- sekä tutkimus- ja tuotekehitystehtävien määrä kasvaa jatkuvasti.

Kemian alan tutkijakoulujen lukumäärä on lisääntynyt ja samalla niissä olevien tutkijatohtorien lukumäärä on kasvanut. Tutkijakouluissa suoritettava kemian tutkijankoulutus on arvioiden mukaan korkeatasoista. Tutkijakoulut ovat selkeästi lisänneet tohtorikoulutuksen suunnitelmallisuutta. Kemian tehostuneen ja edelleen laajentuneen tutkijakoulutuksen ansiosta tohtorintutkintojen suoritusiät ja -ajat ovat jo hyvin lähellä asetettuja tavoitteita, ja tohtorit ovat sijoittuneet hyvin työelämään. Naistohtorien suhteellinen osuus on kasvanut. Pelkona voidaan nähdä vähäinen kiinnostus kouluissa matematiikkaa, fysiikkaa ja kemiaa kohtaan. Matemaattisluonnontieteellinen osaaminen ja nuorten kiinnostus muun muassa kemiaan vaatii edelleen erityishuomiota ja -panostusta, jotta kemian opiskelijapohja olisi mahdollisimman hyvä.

Kemia on kokeellinen tiede. Nykyaikainen kemian tutkimus edellyttää ajanmukaista tutkimuslaiteteknologiaa. Laitteiden hankintahinnat ja ylläpitokustannukset ovat korkeat ja niiden uusintahankinnat ja ajanmukaistaminen ovat myös välttämättömiä nopean laiteteknisen kehityksen johdosta.

Kemian tutkimusryhmien laaja verkostoituminen on lisännyt tutkimushankkeiden suunnitelmallisuutta ja tavoitteellisuutta. Kemian teollisuuden ja korkeakoulujen väliset yhteiset tutkimus- ja kehitysprojektit ovat lisääntyneet. Samoin kemian alan tutkijat ovat aktiivisesti mukana lukuisissa monikansallisissa tutkimusprojekteissa ja Suomen Akatemian käynnistämässä tutkimusohjelmissa (Materiaali- ja rakennetutkimus, Rakennebiologia, Elektroniikan materiaalit ja mikrosysteemit, Prosessiteknologia). Tutkimusryhmien yhteiset laitehankinnat ovat lisääntyneet.

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että Suomen kemian tieteellinen tuotanto on väestömäärään ja taloudelliseen pohjaan nähden hyvää länsimaista tasoa. Suomen kemian julkaisumäärien kasvu on edelleen suurempi kuin useimmilla muilla mailla. Julkaisufoorumina käytetään yhä arvostetumpia ja korkeatasoisempia lehtiä. Kemian perinteisten luokittelalueiden joukkoon on kehittynyt myös uusia, nopeasti kehittyviä aloja. Lisäksi on huomioitava, että kemistit julkaisevat paljon tieteellisiä artikkeleita muissa kuin kemian alan lehdissä. Suomen kemian perustutkimuksesta löytyy erittäin paljon kansainvälisesti arvostettua erikoisosaamista. Erilaisista laskennallisista menetelmistä on tullut merkittäviä kemian lisätutkimusvälineitä.

*Toimintaympäristön muutokset*

Suomen kemianteollisuudessa on viime vuosina tapahtunut merkittävää keskittymistä ja yritysrajoitusten uudelleenjärjestelyä, mikä näkyy mm. ulkomaalaisomistuksen vahvistumisena. Tutkimusintensiivisen liiketoiminnan vahvistumista Suomessa edistää suomalaisten t&k-verkoston ja innovaatiojärjestelmän kehittäminen. Pitkällä aikavälillä Suomen kemianteollisuuden asemaan vaikuttaa maan kilpailukyky tutkimus- ja tuotekehityksessä. Sekä kansallinen että kansainvälinen tutkimusyhteistyö ja potentiaalisten tutkimusrahoitusorganisaatioiden yhteistoiminta on myös lisääntynyt.

Koska budjettipohjainen rahoitus on laskenut edelleen, yliopistokoulutuksen perustointojen rahoittaminen on vaatinut uusia ratkaisumalleja. Tutkimustyö tehdään lähes yksinomaan ulkopuolisella rahoituksella, jonka järjestäminen ja hakemusten laatiminen vie suhteettoman paljon aktiivista työaikaa.

*Uudet johtopäätökset ja suositukset*

Kemia etenee sekä kokeellisen että laskennallisen osaamisen ansiosta kaikille luonnontieteellisen tutkimuksen alueille. Kemian ja biotieteiden linkki tulee vahvistumaan ja kemialla on biotieteiden ohella bioteollisuuden kehityksessä ja innovaatioissa ratkaiseva rooli. Myös elektroniikkateollisuus luo lukuisia kemian sovellusmahdollisuuksia. Useissa monitieteisissä tutkimushankkeissa kemian merkitys tulee olemaan merkittävä. Keskeisiä suosituksia ovat:

- Perustutkimuksen tason ylläpitäminen ja kehittäminen on varmistettava.
- Nykyaikainen kokeellinen kemian tutkimus edellyttää ajanmukaista tutkimuslaitteistoa, joten erityisrahoituksen kohdentaminen laitehankintoihin on välttämätöntä.
- Kemian alan yliopistokoulutuksen pitäisi tuottaa riittävästi laaja-alaisia huippuosaajia niin elinkeinoelämän tarpeisiin kuin myös julkiselle sektorille. Tutkijakouluja pitäisi kehittää edelleen ottaen huomioon myös yritysten tarpeet. Tutkijakouluista valmistuvien tohtorien osaamisen hyödyntämiseen elinkeinoelämässä pitäisi kiinnittää erityistä huomiota.
- Ammattitutkijan urakehitystä on edistettävä.
- Hyvien tutkimushankkeiden rahoituksen jatkuvuus (pitkäkestoisuus) tulee taata.
- Toimivan ja stimuloivan tutkimusryhmän pitäisi olla kooltaan optimaalinen.

## 4.8 Kone- ja valmistustekniikka sekä tuotantotalous

### Kone- ja valmistustekniikka

#### *Tutkimusalan kehitys ja toimintaympäristön muutokset viime vuosina*

Kone- ja metallituoteteollisuus edustaa 18 prosenttia koko Suomen viennistä. Kolmen viime vuoden aikana metalliteollisuuden osuus on menettänyt tuotannon bruttoarvon johtoasemansa sähkö- ja elektroniikkateollisuudelle. Jalostusarvo on kuitenkin samalla tasolla, työvoiman määrä lähes kaksinkertainen, mutta t&k investointien määrä vain 23 prosenttia sähkö- ja elektroniikkateollisuuteen verrattuna. Kone- ja valmistustekniikan tutkimukseen investointi on siten kasantoloudellisesti kannattavaa. Tutkimuksella on vahva soveltava yhteys teollisuuteen ja yhteiskuntaan.

Elinkeinoelämän ja yliopistojen välinen yhteistyö on lisääntynyt. Laivarakennustekniikkaan on kehitymässä eurooppalaista tutkimusyhteistyötä. Arktisen tekniikan alueella on tehty tutkimusta pitkäjänteisesti. Venäjän arktisten öljy- ja kaasulöytöjen hyödyntämiseen tarvittava tekniikka sisältää erittäin suuren kaupallisen potentiaalin.

Tietotekniikan kehitys ilmenee myös osana kone- ja valmistustekniikan alojen prosesseja. Tietoteknisten alojen vetovoimaisuus on suurempi perinteisiin insinöörialoihin verrattuna. Kilpailu opiskelija- ja tutkija-aineksesta kiristyy ja on selvästi uusi uhka.

Kansainvälisten julkaisujen määrä alalla on kasvanut myönteisesti ja tieteellinen vaikuttavuus lisääntynyt selvästi. Julkaisujen määrä on kuitenkin vielä alle teollistuneiden maiden keskitason. Suomalaisten julkaisujen saamien viittauksien määrä on saavuttanut OECD-maiden keskitason. Tärkeää on, että tällä alueella on kansainvälisesti korkeatasoista tutkimusta, jonka yhtenä osoituksena on hydraulikan ja automatiikan alalla toimiva tutkimuksen huippuyksikkö Tampereen teknillisessä korkeakoulussa. Alalla tulisikin tunnistaa nousevia tutkimusyksiköitä ja pyrkiä tukemaan niiden kehittymistä kansainväliselle huipputasolle.

Opiskelijoiden ja tutkijoiden liikkuvuus ja EU-rahoitteinen tutkimus ovat lisääntyneet huomattavasti. Kansainvälistyminen ja verkostoituminen tulevat entistä merkittävämmiksi haasteiksi. Osittain tutkijakoulujen seurauksena tohtorintutkinnot ovat lisääntyneet selvästi 1990-luvun loppupuolella. Uudet tohtorit ovat työllistyneet yrityksissä ja tutkimuslaitoksissa erittäin hyvin.

Tutkimuksen kannalta rahoitusorganisaatioiden, lähinnä Tekesin ja Suomen Akatemian yhteistoiminnan ja rahoituslinjojen lähenemisen alueella on tapahtunut myönteistä kehitystä. Tutkimus on muuttumassa pitkäjänteisemmäksi. Suomen Akatemia on käynnistänyt vuonna 2000 kolmivuotisen Tulevaisuuden kone- ja valmistustekniikan tutkimusohjelman. Yrityksissä on havaittavissa asennemuutosta tieteellisen työn merkityksen ymmärtämisessä ja tutkimuksen hyödyn tavoittelussa.

Laiterahoitus kone- ja valmistustekniikassa on ongelma. Tutkimusyhteistyökumppaneiden tuella on laiterahoitusta saatavilla osalle konetekniikan alaa. Suurien ja kalliiden kokonaisuuksien hankkiminen on pitkäjänteistä ja rahoitusta on etsittävä useista eri lähteistä.

*Uudet johtopäätökset ja suositukset*

- Tutkimuksen huippuyksiköiden syntymiselle on luotava edellytykset.
- Tutkijakoulujen vakiinnuttaminen ja laajentaminen puuttuville alueille on tarpeen.
- Kansainvälistä näkyvyyttä julkaisutoiminnassa on parannettava.
- Teollisuusyhteistyön olisi palveltava paremmin tieteellistä tutkimusta.
- Uusille haastaville tutkimushankkeille on luotava rahoitusmekanismit.

## Tuotantotalous

*Tutkimusalan kehitys ja toimintaympäristön muutokset viime vuosina*

Kansainvälinen yhteistyö ja verkottuminen on lisääntynyt sekä EU:n tutkimusohjelmiin osallistumisen myötä että kansallisten projektien kansainvälisten yhteyksien kautta. Suomalaisten tutkijoiden painoarvo kansainvälisessä yhteistyössä on lisääntynyt selvästi. Ulkomaisilla tutkijoilla on kiinnostusta hakeutua yhteistyöhön suomalaisten tutkijoiden ja yritysten kanssa, kun tieto Suomen teknistieteellisestä kehityksestä ja erityisesti tietotekniikan saavutuksista on levinnyt. Tuotantotalouden kannalta uusina tutkimusalueina ovat nousseet esiin tieto- ja viestintäjohtaminen (*ICT management*) sekä tietämysjohtaminen (*knowledge management*).

Hyvä yhteistyö teollisuuden kanssa on yksi alan vahvuuksista; teollisuusyhteistyö on kehittynyt edelleen ja se on lisännyt tutkimuksen relevanssia.

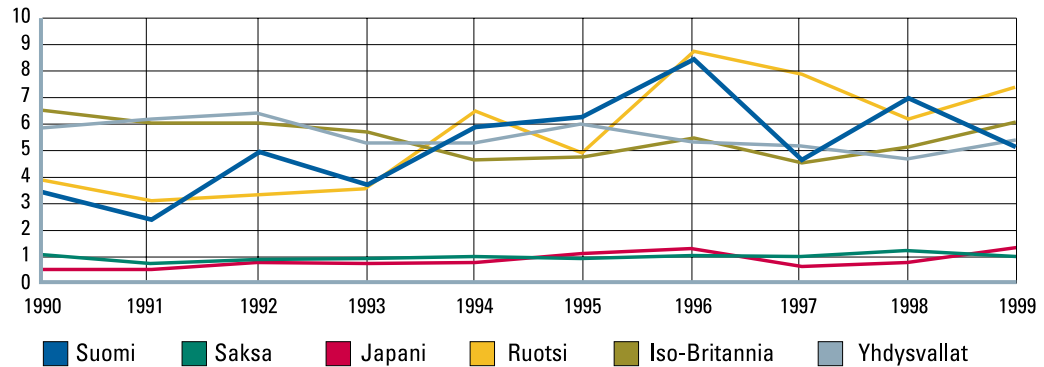
Tuotantotalouden piirissä tehtävä tutkimustyö on laajenemassa sisällöltään ja koskettaa myös niitä ilmiöitä, joita on aiemmin tutkittu mm. sosiologiassa sekä kauppa- ja hallintotieteissä. Rakentavan vuoropuhelun aikaansaaminen valtakunnan tasolla näiden tieteenalojen välillä voisi olla eduksi kaikille tahoille.

Alan suomalaisten julkaisujen määrä kansainvälisissä julkaisuissa on jatkanut 1990-luvun alun kasvusuuntaa. Julkaisujen väkilukuun suhteutettu osuus on kärkimaiden, Ruotsin, Iso-Britannian ja Yhdysvaltojen luokkaa (kuvio 16). Julkaisuihin tehtyjen viittauksien määrä on OECD-maiden keskitasoa ja vaihdellut jonkin verran eri vuosina.

Tuotantotalouden tohtorintutkinnot ovat lisääntyneet selvästi 1990-luvun loppupuolella osittain tuotantotalouden valtakunnallisen tutkijakoulun ansiosta. Lähes kaikki tutkijakoulun opiskelijat ovat suorittaneet osan opinnoistaan ulkomailla. Naisten osuus uusista tohtoreista on kasvanut. Vuosina 1992–1996 naiset suorittivat viidesosan tohtorintutkinnoista, vuonna 1999 jo kolmanneksen. Uudet tohtorit ovat työllistyneet yrityksissä ja tutkimuslaitoksissa erittäin hyvin. Tuotantotalouden alalla jatko-opintohalukkuus on lisääntynyt selvästi paitsi yliopistoissa mutta yhä enemmän myös yrityksissä.



■ Kuvio 16. Tuotantotalouden julkaisuja miljoonaa asukasta kohden vuosina 1990–1999.



Lähde: The Institute for Scientific Information (ISI®) tietokanta National Science Indicators 1981–1999, Deluxe Field: Engineering Management/General.

Jatko-opintojen pitkät kestoajat ovat lyhentyneet, mutta edelleen niiden keston hajonta on suuri. Osa tohtoreista on suorittanut jatko-opinnot heti perustutkinnon jälkeen ja väitellyt nuorena. Osa on ryhtynyt jatko-opiskelijaksi myöhemmin yritysmaailmasta käsin, jolloin opiskeluaika on venynyt ja väittelyikä on ollut korkeampi.

Tuotantotalouden yliopistoyksiköissä ulkopuolisella rahoituksella on kasvava merkitys, esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston rahoituksesta vuonna 1999 ulkopuolisen rahoituksen osuus oli yli 70 prosenttia. Tutkimuksen kannalta rahoitusorganisaatioiden, lähinnä Tekesin ja Suomen Akatemian yhteistoiminnan ja rahoituslinjojen lähenemisen alueella on tapahtunut myönteistä kehitystä. Myös yrityksissä on havaittavissa positiivista asennemuutosta tieteellisen työn merkityksen ja tutkimuksellisen hyödyn ymmärtämisessä.

Tuotantotalouden perus- ja erityisesti jatkokoulutus on laajentunut maantieteellisesti. Mm. Porissa, Lahdessa ja Jyväskylässä annetaan tuotantotalouden perusopetusta etäällä varsinaisista tuotantotalouden yksiköistä. Oulun ja Vaasan yliopistot ovat käynnistäneet alan yhteistyön tutkimuksessa ja jatkokoulutuksessa, ja seuraavaksi on tavoitteena yhteistyön käynnistäminen perusopetuksessa.

#### Uudet johtopäätökset ja suositukset

- Tuotantotalouden tutkimuksen johtamista tulee kehittää. Alan tutkimuksen nopeasti kehittyvässä toimintaympäristössä on tarve uusiin, nykyaikaisiin johtamiskäytäntöihin ja tutkimuksen huippuyksiköiden edellytysten luomiseen. Tieteellisen tutkimuksen ja väitöskirjojen ohjaukseen tulee varata niiden tarvitsemat resurssit. Professoreita on jatko-opiskelijoiden määrään nähden ehdottomasti liian vähän.
- Tutkimusyksiköiden määrä ja koko on kasvanut tutkimuksen lisääntymisen myötä ja uusien professuurien perustamisen seurauksena. Yhteistyösuhteita olemassa olevien yksiköiden välillä pitäisi edelleen kehittää. Suomessa ei ole esimerkiksi

tuotantotalouden professorien yhteisiä tapahtumia tai tutkimusalan kehittämisen suunnittelua. Yliopistojen ja tutkimusyksiköiden välistä työnjakoa tulee vahvistaa.

- Tuotantotalouden tutkijakoulu tarvitsee päätoimisen koordinaattorin erityisesti valtakunnallisen tutkimus- ja koulutusyhteistyön kehittämiseksi.

#### 4.9 Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, arkkitehtuuri sekä teollinen muotoilu

##### Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan yliopistollinen tutkimus on keskitetty kahteen suoritustaikanaan: Teknilliseen korkeakouluun ja Tampereen teknilliseen korkeakouluun. Oulun yliopiston rakentamistekniikan osaston lakkauttaminen on vähentänyt yliopistojen perusrahoituksella tehtävää tutkimusta rakennustekniikan alalla.

Rakennusalalla lama vaikutti myös rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimustoimintaan. Myös yritysten tutkimus- ja kehityspanos on alhainen.

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tieteellinen tutkimus on vähäistä. Kansainvälinen julkaisutoiminta ei ole tavallista. Laitteistokanta on monella rakennus- ja yhdyskuntatekniikan alalla vanhentunut ja huonontunut.

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tieteellisen tutkimuksen tason nostaminen vaatii erityistoimia. Alan tutkijankoulutusta tulee kehittää uusien tutkijoiden kouluttamiseksi. Tutkimuksen tieteellisen tason nostamiseksi ja vaikuttavuuden lisäämiseksi kansainvälistä yhteistyötä on lisättävä.

##### Arkkitehtuuri

###### *Tutkimusalan kehitys ja toimintaympäristön muutokset viime vuosina*

Arkkitehtuurin ja yhdyskuntasuunnittelun alalla on tutkimuksen määrä kasvanut viimeisen viiden vuoden aikana. Aihepiirit ovat laajentuneet ja tutkimuksen taso on noussut. Tekeillä olevien akateemisten jatko-opinnäytteiden määrä on lisääntynyt, ja päätoimisten tutkijoiden määrä on kasvanut. Tähän kehitykseen on vaikuttanut Suomen Akatemian ja Tekesin kasvanut panostus arkkitehtuurin ja yhdyskuntasuunnittelun alan tutkimukseen sekä erityisesti tutkijakoulut ja laman seurauksena syntynyt vapaa toimijakapasiteetti.

Tutkimushankkeet ovat laajentuneet ja monipuolistuneet. Esimerkiksi puuhun ja puurakentamiseen liittyvä, osittain monitieteinen tutkimus on kasvanut nopeasti. Kaupunkitutkimus on virinnyt uudestaan muutamia vuosia kestäneen hiljaisen kauden jälkeen. Arkkitehtuurihistorian tutkimus on ollut aktiivista ja kohdistunut yhä useammin myös rakennussuojelun ja korjausrakentamisen alueille. Kestävän kehityksen periaatteiden, biodiversiteetin ja ekologisen näkökulman, vaikutukset ovat heijastuneet

tutkimushankkeisiin. 1990-luvun loppupuolella on arkkitehtuurin tutkimuksen alalla tapahtunut myös merkittävää kansainvälistymistä. Samalla ensimmäiset suomalaisen koordinoimat EU-hankkeet ovat vaikuttaneet sekä tutkimuksen valmisteluun että toteutuneiden tutkimushankkeiden kokoon.

Tohtorien osuus arkkitehtuurin osastojen opettajakunnasta on toistaiseksi pysynyt vähäisenä. Huomattava osa arkkitehtiprofessoreista on edelleenkin suuntautunut pelkästään taiteellis-ammattilliseen koulutukseen ilman mainittavaa liittymistä tutkimukseen.

Suomen Akatemian työryhmä on tehnyt ehdotuksia arkkitehtuurin tutkimuksen kehittämiseksi. Niiden toteuttaminen tekee mahdolliseksi arkkitehtuurin tutkimuksen tilan ja tason pitkjänteisen kehittämisen. Valtioneuvoston vuonna 1999 hyväksymä arkkitehtuuripoliittinen ohjelma vaikuttanee tutkimuksen kysyntään.

Uuden maankäyttö- ja rakennuslain vaikutukset ovat vielä pääosin edessäpäin. Lain seurauksena suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset kohoavat, mikä vaikuttanee myös akateemisten jatko-opintojen rooliin suunnittelijoiden uuden pätevyden määrittelyssä. Lainmuutos johtanee myös uudenaikaiseen suunnittelumetodien tutkimus- ja kehitystyöhön vuorovaikutuksellisen ja osallistuvan suunnittelun alueilla.

Maisema-arkkitehtien ammattikunta on alkanut nopeasti laajentua ja alan tehtävät monipuolistua. Alan tutkimustoiminta vastaavasti ei kuitenkaan vielä ole laajentunut.

Tietotekniikan nopea kehitys on muuttanut rakennussuunnittelua ehkä enemmän kuin yhdyskuntasuunnittelua. Muutokset eivät vielä ole heijastuneet kovin paljoa alan tutkimukseen, mutta niillä on huomattavia tutkimukselle antautuvia kehitystarpeita.

Yhteistyöprojekteja ja tutkimuksen verkottumista on edelleenkin liian vähän. Monitieteisen tutkimuksen tukemisen erityistarve on ajankohtainen erityisesti yhdyskuntasuunnittelussa. Tietokoneavusteisen suunnittelun tutkimustarve on kasvanut. Tutkimuksen, tuotekehityksen ja koerakentamisen ketjuja ei ole saatu merkittävästi aikaan, vaikka tarve sellaisten perustamiseen näyttäisi olevan ilmeinen. Myös edellisiin liittyvä täysmittakaavan laboratorio olisi tarpeen jossakin yliopistoyksikössä.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

- Arkkitehtuuritutkimuksen kansainvälistymiseen on suunnattava uusia resursseja. Tähän liittyy myös näkyvissä oleva kehitys kohti kansainvälisesti koostettavia tutkimintoja (esimerkiksi mahdollinen "europlanner"), jolloin myös tutkimuksen olisi edettävä tämän kehityksen rinnalla.
- Arkkitehtien ammattillisen jatkokoulutuksen ja akateemisen jatko-opiskelun yhteensovittamista on tarpeen pohtia pitäen mielessä mm. taiteen alalla tehdyt uudet jatko-opintomallit.
- Tietokoneavusteinen suunnittelu yhdistyneenä apuvälineiden älykkyyteen, paikattietojärjestelmiin ja numeerisiin karttoihin olisi merkittävä painopistealueen

muutos, jossa nojataan sekä olemassa olevaan tieteen ja tekniikan kehityksen tasoon että erityisesti uuteen kysyntään.

- Määrätietoiseen koerakentamiseen sitoutuvan tutkimuksen ja tuotekehityksen aikaansaaminen on erityisen ajankohtaista. Asumista koskevan monipuolisen palautetutkimuksen tarve on nopeasti kasvanut uuden muuttoaallon myötä. Maise-  
masuunnittelun alalle on ajankohtaista tutkimustradition kehittyminen ja tutkijakunnan kasvaminen.

## Teollinen muotoilu

### *Tutkimusalan kehitys ja toimintaympäristön muutokset viime vuosina*

Taideteollisuuden eli muotoilun tutkimusta tehdään pääsääntöisesti taideteollisessa korkeakoulussa ja se toteutuu ensisijaisesti tutkijankoulutuksen kautta.

Tutkimuksen volyyymi on kasvanut merkittävästi. Taideteollisessa korkeakoulussa aloitettiin vuonna 1999 kolme tutkijakoulua. Näistä tulevaisuuden kodin kehittelyyn liittyvä Future Home sekä osaksi elokuvaa ja digitaalista kuvankäsittelyä tutkiva Elomedia ovat luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen edustamilla aloilla. Taideteollisuuden monialaisen luonteen mukaiset, useita tutkimussuuntauksia yhteen kytkevät tutkijakoulut motivoivat tutkijoita. Tutkimuksen rahoituspohja on kasvanut Suomen Akatemian, Tekesin ja SITRA:n avulla.

Materiaalitutkimukseen ja tuotesuunnitteluun liittyvät suoranaissimmin teollinen muotoilu sekä lasin ja keramiikan alojen tutkimus. Teollisessa muotoilussa on noussut esiin vahvana käyttäjälähtöisyys sekä ns. älykkäät tuotteet ja niiden käyttöliittymät. Lasin ja keramiikan kohdalla ovat erityisesti olleet esillä ekologisesti painottuneet suuntauksut, kuten jätemateriaalien hyödyntäminen ja kierrätyslasiin uusiokäyttö. Ympäristöystävällisyyteen tähtäävät myös mm. lyijyttömien lasimassojen ja pinnoitteiden kehittäminen. Oleellista on se, kuinka tämä tutkimus integroidaan taideteollisten alojen kehittelyyn. Uusi, vahva tutkimuksen kasvualue on digitaalinen media/uusmedia, jota lähestytään teknologisesta, yhteiskunnallisesta sekä kulttuurin näkökulmasta. Nopeasti kehittyvä tietotekniikka johtaa konvergenssiin niin taideteollisten alojen käytännöissä kuin tutkimuksessakin. Esimerkiksi hypermedia, graafinen teknologia ja teollinen muotoilu ovat vahvasti lähentymässä toisiaan.

Talouden kasvu on etenkin teollisen muotoilun tutkimuksessa ja tuotekehityksessä tuonut esiin tarpeita, joihin halutaan taideteollisen tutkimuksen panosta. Tämä koskee esimerkiksi käyttäjälähtöisyyttä. Kansainvälistyminen näkyy etenkin tutkijankoulutuksessa, jossa on päästy maailmanlaajuiseen yhteistyöhön taideteollisten koulutusyksiköiden kanssa. Taideteollisuuden/muotoilun tutkimus ja tutkijankoulutus on siirtynyt aiempaa dynaamisempaan vaiheeseen, jossa kansallisia pyrkimyksiä tukee intensiivinen kansainvälinen kehitys ja vuorovaikutus. Samalla kun uusi tietotekniikka on tätä mahdollistamassa, se myös luo tutkimustarpeita, joihin teknologiatutkimus ei enää yksin riitä vastaamaan. Toisena tutkimustarpeita synnyttävänä tekijänä toimii väestön ikääntyminen.

Taideteollinen tutkimus on päässyt aiempaa monipuolisempaan ja laajempaan yhteistyöhön yliopistojen, rahoittajien ja käyttäjien kanssa. Erityisen kehittämisen kohteena on ollut Taideteollisen korkeakoulun, Helsingin kauppakorkeakoulun sekä Teknillisen korkeakoulun yhteistyö. Mediaan liittyvässä tutkimuksessa ovat yhteistyötahoina niin yliopistosektori, Tekes kuin myös tele- ja viestintäalojen tuottajat, kuten Yleisradio.

#### *Uudet johtopäätökset ja suositukset*

- Taideteollisten alojen ja erityisesti teollisuudelle tehtävän muotoilun tulevaisuuden tutkimustarpeet kasvavat. Oleellista on yhteistyö ja monialaisuus. Tutkimusohjelma, jossa yhdistyy sekä muotoilun yhteiskunnallinen ja kulttuurinen merkitys että teknologinen ja materiaalitutkimus, on ajankohtainen.
- Taideteollisten tutkimustahojen on kansainvälistyttävä nykyistä tehokkaammin, esimerkiksi EU-rahoituksen hyväksikäyttö ei ole riittävää. Tutkimusyhteistyötä teollisuuden kanssa on edelleen voimistettava.
- Koulutus, tutkimus, tuotekehittely ja tuotanto voidaan rakentaa kokonaislaboratorioksi Helsingin Arabianrannan tulevaan taideteollisuuskeskukseen, jolla on tällä sektorilla valtakunnallinen vetovastuu sekä pohjoismainen johtoasema. Tätä kansainvälistä etulyöntiasemaa on käytettävä hyväksi myös tutkimuksessa.
- Tutkijankoulutuksessa on kansainvälistyttävä: taideteollinen tutkimus on monissa maissa suhteellisen pienivolyymistä ja täten tutkijoiden on päästävä hyötymään kansainvälisen kentän tarjoamasta osaamistuesta.
- Julkaisutoiminta on viime vuosina kehittynyt, mutta näkyvyyden saamiseksi taideteollisen tutkimuksen on lisättävä julkaisutoimintaansa.

## 5 Päätelmät – haasteita ja kehittämissuhteita

### *Tutkimusrahoitus kasvanut – perustutkimuksen rahoituksesta huolehdittava*

Tutkimus- ja kehittämistoimintaan käytettiin Suomessa arvion mukaan yli 22 miljardia markkaa vuonna 1999. Yritysten tutkimusrahoitus on kasvanut 1990-luvulla julkista rahoitusta nopeammin. Yritysten tutkimusrahoituksen ennustettiin edelleen kasvavan 15,5 miljardiin markkaan vuonna 1999, mikä on yli kaksi kolmasosaa koko tutkimusrahoituksesta. Yrityssektorin t&k-menojen kasvu on tapahtunut lähes yksinomaan sähköteknisen teollisuuden yrityksissä. Ennusteiden mukaan sähköteknisen teollisuuden osuus kaikista yritysten t&k-toiminnan menoista nousi jo 55 prosenttiin vuonna 1999.

Yrityssektorin, erityisesti elektroniikka- ja sähköalan voimakas panostus tutkimus- ja kehittämistoimintaan asettaa julkiselle sektorille haasteita lisätä omaa tutkimuspanostaan vastaamaan yhteiskunnan tarpeita. Tuotekehitystä ja teollisuutta palveleva soveltava tutkimus nojaa pitkäjänteisen perustutkimuksen saavutuksiin. Tässä avainasemassa on yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa tehtävä perustutkimus, jonka asema tulee turvata.

Yliopistojen perusmäärärahojen kehityksen suunta on huolestuttava. Perusrahoitus suhteessa opiskelija- ja tutkintomääriin on 1990-luvulla selvästi alentunut. Rahoituksen vähäisyys aiheuttaa ongelmia monille yliopistojen toiminnolle, opetukselle ja perustutkimukselle.

Yliopistojen tutkimusmäärärahat sen sijaan ovat nousseet ulkopuolisen rahoituksen voimakkaan kasvun johdosta. Tekniikan alalla ulkopuolisen rahoituksen osuus tutkimusrahoituksesta vuonna 1998 oli jo 59 prosenttia. Tilanteessa, jossa yhä suurempi osa tutkimuksesta yliopistoissa tehdään ulkopuolisella rahoituksella, on kilpailuun perustuvan rahoituksen merkitys kasvanut. Myös Suomen Akatemian rooli perustutkimuksen suurimpana ulkopuolisena rahoittajana on korostunut.

Suomen Akatemian ja Tekesin välinen yhteistyö on todettu hedelmälliseksi ja sitä pyritään jatkamaan ja entisestään tiivistämään. Tavoitteena on lisätä joustavuutta rahoituksessa sekä parantaa tutkimuksen hyödyntämistä ja vaikuttavuutta sekä tukea innovaatioprosessin muodostumista. Yhteistyö tutkimusohjelmissa on edistänyt tiedon vaihtoa niin ohjelmajohdon kuin tutkijoidenkin välillä. Se on myös vahvistanut tutkimusryhmiä ja tukenut teknologian kaupallista hyödyntämistä. Edelleen toivotaan yhteistyötä myös tutkijankoulutuksen kehittämisessä.

### *Koulutetun tutkimushenkilöstön saatavuus taattava*

Tulevaan tutkimustoiminnan kehittämiseen ja kasvuun vaikuttaa oleellisesti korkeasti koulutetun tutkimushenkilöstön saatavuus. Suurena vaarana on nykyisten senioritutkijoiden ylikuormittuminen ja uuden professorikunnan koulutuksen hidastuminen. Keskeinen ongelma on myös se, tuottaako koululaitos riittävästi tutkijanuralle soveltuvia ja siitä kiinnostuneita opiskelijoita.

Oleellista on vahvistaa matemaattis-luonnontieteellistä perussivistystä maassamme. Toimenpiteitä ovat muun muassa kouluikäisten mielenkiinnon herättäminen tekniikan ja kovien luonnontieteiden aloille, asianmukainen opettajakoulutus sekä opintovaatimusten muokkaaminen sellaisiksi, joilla tietoisesti voidaan kohentaa myös naisopiskelijoiden mielenkiintoa ja osaamista tekniikan eri aloilla.

Mikäli osaamiseen perustuvan tietoyhteiskunnan kehityksen ja tietoteollisuuden kasvun halutaan jatkuvan samansuuntaisena, tulee toimenpiteitä asiantuntijoiden tarpeen tyydyttämiseksi luonnontieteiden ja tekniikan alalla tehdä suunnitelmallisesti. Opiskelijoiden rekrytointipohjaa on pystyttävä laajentamaan ja houkuttelemaan alalle lahjakkaita ja motivoituneita tutkijoita.

Erityisen tärkeää on naisten aseman vahvistaminen varsinkin tekniikan alalla. Kiinnostuksen herättäminen luonnontieteitä ja tekniikkaa kohtaan tulee aloittaa jo kouluikäisistä. Tekniikan alojen opiskelupaikoille on pyrittävä saamaan enemmän naisopiskelijointa. Naisten tutkijanuraa on tuettava erityistoimenpitein.

Professoreiden ja muiden ammattitutkijoiden ura yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa tulee tehdä houkuttelevaksi. Tärkeimmät tekijät, tutkimuksen korkea taso ja älyllisesti riittävän kiehtova ongelmien asettelu, ovat yleisesti ottaen kunnossa. Lisäksi tutkimusympäristön tulee taata hyvät työskentelyolosuhteet, myös palkkauksen on oltava kilpailukykyinen yksityiseen sektoriin verrattuna. Tutkijoiden työsuhteisiin tulee luoda jatkuvuutta, lyhytaikaiset työsuhteet eivät motivoi pitkäjänteiseen tutkimustyöhön. Yliopistojen tulisi käyttää mahdollisuuksiaan kiinnittää pysyvästi tutkijanurallaan menestyksekkäästi edenneet lahjakkaimmat tutkijat.

Tutkijankoulutusta tulee kehittää edelleen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä jatko-opintojen ja väitöskirjatyön ohjaukseen. Ohjaus ei kaikkien opiskelijoiden kohdalla ole ollut riittävää ja se on vaarassa edelleen heikentyä lisääntyneiden jatko-opiskelijamäärien johdosta. Ohjauksessa tulisi tehokkaasti hyödyntää myös vanhemman tutkijan viranhaltijoita, tutkijatohtoreita ja dosentteja.

Tutkimustyöstä kiinnostuneiden opiskelijoiden tulee päästä tutustumaan tutkimustoimintaan ja tutkijanuraan jo perusopintovaiheessa. Tutkimuspohjan vahvistaminen on erityisen tärkeää aloilla, joilla elinkeinoelämä tarjoaa tutkimus- ja kehitystehtäviä enemmän, kuin alan koulutuksen saaneita henkilöitä on tarjolla.

#### *Tutkimustoiminnan edellytyksistä huolehdittava, laiterahoitusta kehitettävä*

Korkeatasoisen tutkimustoiminnan edellytyksistä on huolehdittava yliopistoissa. Infrastruktuurin ylläpito ja kehittäminen vaatii riittävää perusrahoitusta. Myös lisääntynyt, ulkopuolisella tutkimusrahoituksella tehtävä, tutkimustyö rasittaa perusrakenteita. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamalla tieteenaloilla tehdään paljon suuria laiteinvestointeja vaativaa kokeellista tutkimusta. Nykytilanteessa on vaarana, että kokeellisilla tieteillä ei ole puutteellisten laiteressurssien vuoksi riittäviä toimintaedellytyksiä kehittyä laskennallisten tieteiden rinnalla. Tilanne on koettu ongelmaksi erityisesti kemian, fysiikan ja prosessitekniikan aloilla.

Tutkimuksen eturintamassa tarvittava laitteisto edellyttää jatkuvaa suunnittelu- ja kehitystyötä sekä hankintoja ja täydentämistä. Ajanmukaisten laitteistojen tehokas käyttö vaatii myös asiantuntevaa käyttö- ja huoltohenkilökuntaa. Yliopistojen perusrahoituksella ei laitekustannuksia ole voitu useinkaan enää kattaa. Pitkäjänteisen rahoituksen puuttuminen johtaa laitekannan heikkenemiseen ja kokeellisen tutkimuksen perustan murenemiseen. Kansallisella tasolla tulee tehdä pikaisesti toimenpiteitä yliopistojen infrastruktuurin, erityisesti tutkimuslaitteistojen perusrahoituksen kuntoon saattamiseksi.

Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta pyrkii vaikuttamaan siihen, että Suomen Akatemia saisi lisäresursseja tukeakseen myös rahoittamiensa tutkimushankkeiden laiteinvestointeja. Akatemialla on hyvät edellytykset myös suurten laitehankintojen arvioimiseksi. Kilpailtu laiterahoitus takaa rahoituksen kohdentumisen kilpailukykyisimmille tutkimusryhmille ja valtakunnallinen koordinaatiokin on tällöin mahdollista.

Mittavia tutkimustyön järjestelyitä ja laitteita ei aina voi toteuttaa kansallisin voimavaroin vaan ne tulee pyrkiä organisoimaan kansainvälisenä yhteistyönä, josta esimerkkinä ovat avaruustutkimus sekä hiukkasfysiikka. Kansainvälisten järjestöjen jäsenmaksujen täysimittainen hyödyntäminen edellyttää kallista, pitkäjänteistä tutkimustoimintaa. Esimerkiksi avaruustutkimushankkeet saattavat kestää jopa 25 vuotta. Tähtitieteen kansainvälinen arviointiryhmä on todennut, että 1990-luvun loppupuolella suotuisa kehitys Suomen tähtitieteessä on vaarassa tyrehtyä, ellei nyt panosteta suuriin kansainvälisiin hankkeisiin entistä voimakkaammin.

Tämäntyyppisen toiminnan rahoituksesta ei voida huolehtia luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan normaalilla hankerahoituksella vaarantamatta muiden strategisesti merkittävien alojen rahoitusta. Kyseinen rahoitus onkin nähtävä kansalliseksi tehtäväksi ja toteutettava erillisjärjestelyin rahoittajien yhteistyönä.

#### *Vahvoille tutkimusalueille ja uusille kehittyville alueille panostettava*

Uuden tiedon ja osaamisen syntyminen edellyttää suunnitelmallista ja pitkäjänteistä panostusta tutkimuksen vahvoille alueille sekä uusille kehittyville aloille. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta on määritellyt painoalueensa, joille se on suunnannut rahoitusta.

Erityisen voimakasta panostusta tarvitaan informaatiotekniikan, elektroniikan ja sähkötekniikan tutkimuksessa. Tutkimuksen ja tutkijoiden kysyntä on lisääntynyt niin suuressa määrin, että erityisponnisteluja tarvitaan edelleen. Akatemian tutkimusohjelmat ovat jatkossakin luonteva instrumentti. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta on ottanut tavoitteekseen käynnistää yhden ohjelman vuodessa tietoteollisuutta tukevalle alueella, mikä on jatkossakin sopiva tavoite. Tällä menettelyllä halutaan taata jatkuvuus informaatiotekniikan sekä elektroniikan ja sähkötekniikan ja niiden lähialueiden tutkimuksessa.

Vastaavasti yliopistojen tulee panostaa elektroniikan ja sen lähialojen opetukseen ja tutkimukseen. Nyt saavutettu osaamisen ja kilpailukykyyn taso heikkenee nopeasti, jollei riittäviä ja jatkuvia panostuksia tehdä. Yliopistojen on oltava mukana kansallisissa



ponnistuksissa elektroniikan ja tietotekniikan opetuksen ja tutkimuksen kehityksen takaamiseksi.

Informaatioteknologian lisäksi selviä kasvupaineita ja uusia potentiaalisia kasvu-aloja on tunnistettavissa ympäristöosaamisessa, biotekniikassa, hieno- ja erikoiskemikaalien tuotannossa, kone- ja valmistustekniikassa sekä metsäteollisuuden eri sektoreilla, missä suomalaisen osaamisen näkyvyys on erittäin voimakasta. Kemianteollisuuden tuotannolle on tyypillistä, että bulk-tuotanto on laskemassa, kun taas hieno- ja erikoiskemikaalien osuus on voimakkaassa kasvussa. Erikoiskemikaalien tuotannossa sellu- ja paperikemikaalien osuus on yksi voimakkaimmin kasvaneista tuotantoaloista.

Prosessitekniikan erikoisosaamisalueita maassamme ovat prosessikemia, biotekniikka ja polymeeritekniikka, kun perustana käytetään huippuyksikköarviointia. Suomi on maailman kärkimaa molekyylibiologian tutkimuksessa, ja tietyt biotekniikan tutkimusalueet ovat poikkeuksellisen hyvin resursoituja. Bioprosessitekniikan tutkimus (mm. bioteknisten tuotteiden tuotantoprosessit) on jäänyt kuitenkin taka-alalle tutkimusrahoituksessa. Alan tutkimusrahoitusta olisikin kehitettävä. Merkittävänä kasvualana nähdään myös toimikunnan tieteenaloihin tukeutuvan ympäristötekniikan tutkimus.

Materiaalitutkimus on yksi nopeimmin kehittyvistä tutkimusaloista, jolla on merkittäviä sovelluksia sekä teollisuudessa että eri tieteen aloilla. Tutkimus on tavallisesti monitieteistä ja siinä käytetään kemian ja fysiikan menetelmiä. Materiaalitutkimus on keskeisessä asemassa johtavien teollisuusmaiden innovaatiojärjestelmissä ja siihen sijoitetaan huomattavia resursseja. Esimerkiksi useilla toiminnallisilla materiaaleilla ohutkalvomuodossa on keskeinen rooli modernin elektroniikan kehityksessä.

Bioinformatiikka on tärkeä kehitettävä tieteenala. Erilaiset genomiprojektit tuottavat sekvenssidataa yhä kiihtyvällä nopeudella; tiedon määrän kaksinkertaistumisajan arvioidaan olevan tällä hetkellä noin puolitoista vuotta. Tämän tietotulvan hallinta ja analysointi on eräs tutkimuksen etenemisen keskeinen haaste.

Tekniikan perustutkimuksen määrään ja tasoon pitää kiinnittää erityistä huomiota. Kansainvälisessä vertailussa Suomen osuus maailman julkaisuista tekniikan alalla on pienempi kuin kaikista julkaisuista. Kuitenkin alojen merkitys yhteiskunnalle on suuri. Koska soveltavan tutkimuksen ja tuotekehityksen rahoitus on lisääntynyt, tulee erityisesti kiinnittää huomiota tekniikan perusilmioiden tutkimukseen panostamalla alan tieteelliseen tutkimustoimintaan.

#### *Monitieteistä ja tieteidenvälistä lähestymistapaa tutkimuksessa kehitettävä*

Innovaatiot syntyvät usein tieteiden rajapinnoilla, yhteistyöverkostoissa vahvojen osaamiskulttuurien vuorovaikutuksessa. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimustoiminta on jo nyt varsin monitieteistä. Yhteistyö on kasvanut erityisesti luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamien tieteenalojen kesken. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen tuloksia hyödynnetään entistä laajemmin myös näiden alojen ulkopuolella. Luonnontieteet ja tekniikka tarjoavat välineitä ja menetelmiä, joilla uutta tietoa tuotetaan myös muilla tieteenaloilla.

Tieteiden välistä yhteistyötä luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan edustamilla tieteenaloilla on kehitetty esimerkiksi biotieteiden ja terveystieteiden suuntaan. Myös ihmisen ja tekniikan vuorovaikutukseen, sekä uusien teknisten järjestelmien ja tuotteiden käytettävyyteen ja terveysvaikutuksiin on kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan edustamilla tieteenaloilla toimivat tutkimuksen huippuyksiköt ovat monitieteisiä. Kaikkien Suomen Akatemian tutkimusohjelmien tavoitteena on lisätä samalla tutkimuksen ongelmalueella toimivien tutkimusryhmien yhteistyötä ja kehittää monitieteistä lähestymistapaa tutkimusongelmiin.

Monitieteisyyden kasvu on näkynyt viime aikoina esimerkiksi matematiikassa, jossa uusiksi tutkimusalueiksi ovat nousseet mm. finanssimatematiikka ja bioinformatiikkaan liittyvä matematiikka. Tietotekniikan kehitys ja sen sovellukset näkyvät kaikilla tieteenaloilla. Informaatiotekniikassa ajankohtaista tieteidenvälisessä yhteistyössä ovat ohjelmistotuotanto ja sisältötuotannon asettamat haasteet, käytettävyyden näkökohdat sekä sosioekonomisten ja kulttuurivaikutusten huomioonottaminen. Ympäristötieteiden ja -teknologian alan tutkimus on luonteeltaan monitieteistä ja tieteidenvälistä ja sen merkitys on lisääntymässä.

Monitieteistä lähestymistapaa tulee edelleen kehittää ja luoda mahdollisuudet uudella ajattelulla. Suomen Akatemian toimikuntien edustamien tieteenalojen väliin jäävien alojen rahoituksesta tulisi kantaa erityistä huolta. Näiden alojen arviointiin ja rahoitukseen tulee löytää sopivat työkalut.

*Kansainvälistä yhteistyötä edelleen lisättävä ja kansainvälisten tutkimusohjelmien hyödyntämistä tehostettava*

Kansainvälisen yhteistyön lisääntyminen asettaa uudenlaisia vaatimuksia tutkimuksen suunnittelulle ja johtamiselle. Hankkeiden koordinointi vaatii asiantuntemusta ja aktiivista rahoitusmahdollisuuksien seuranta. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta tukee alan tutkimuksen kansainvälistymistä pääasiassa tutkimushankkeiden kautta. Myös tutkimusohjelmien suunnittelussa korostetaan kansainvälistä verkottumista ja edellytetään kansainvälistä näkyvyyttä sekä yhteistyötä. Tavoitteena on tutkimusohjelmien liittyminen eurooppalaisiin tutkimusohjelmiin.

Suomalaisten tutkimusympäristöjen kehittymistä tulee tukea siten, että ne houkuttelisivat myös ulkomaalaisia tutkijoita Suomeen. Kansainvälistä yhteistyötä tulee lisätä kutsumalla Suomeen enemmän ulkomaalaisia vierailevia professoreja ja lisäämällä ulkomaalaisten tutkijoiden määrää. Kansainvälisiä yhteistyön ja verkottumisen sekä tutkijankoulutuksen tukimuotoja tulee hyödyntää tehokkaammin. Pohjoismaisten tutkijoiden liikkuvuuden tukimuotojen hyödyntämistä tulee myös lisätä osana eurooppalaista yhteistyötä.

Korkeatasoiset tutkimusyksiköt ovat tärkeä osa kansainvälistä näkyvyyttä. Niiden pitkäaikainen rahoitus tulee taata ja niiden riittävästä laiterahoituksesta on huolehdittava. Tavoitteena tulee olla, että huippuyksiköjä kehitetty kaikille Suomen kannalta strategisesti tärkeille tieteenaloille. Mahdollisuuksia omaavat yksiköt on todettava ja annettava niille tilaisuus kehittymiseen. Luonnontieteiden ja tekniikan alalla oli Suo-

men Akatemian edellisessä huippuyksikkövalinnassa useita huippuyksikkökriteerit täyttäviä yksiköitä, jotka eivät saaneet rahoitusta.

#### *Tutkimuksesta tiedottamista kehitettävä*

Luonnontieteiden ja tekniikan alan tutkimuksesta tiedottamista on kehitettävä ja lisättävä, jotta yhteiskunnassa laajasti nähtäisiin näiden alojen merkitys sivistykselle, kulttuurille ja ihmisten hyvinvoinnille. Tiedotus lisää tutkimuksen arvostusta ja edistää tutkimustulosten hyödyntämistä. Tieteen ja tutkimuksen tunnettavuudella on myös vaikutusta tiedepoliittisiin linjanvetoihin sekä koululaisten ammatinvalintaan ja opiskelijoiden alalle hakeutumiseen.

#### *Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunnan keskeiset suositukset tutkimustoiminnan kehittämiseksi*

- Informaatiotekniikan sekä elektroniikan ja sähkötekniikan tieteellistä tutkimusta on edelleen tuettava voimakkaasti. Suomen Akatemian tulee jatkossakin käynnistää vuosittain yksi tutkimusohjelma tietoteollisuutta tukeville aloille.
- Muiden strategisesti tärkeiden alojen, kemian ja prosessitekniikan sekä kone- ja valmistustekniikan rahoituksesta on huolehdittava.
- Uusia kasvualueita ja tieteenalojen väliin jääviä tutkimusalueita on etsittävä ja tuettava.
- Tutkijoiden rekrytointia luonnontieteiden ja tekniikan aloille tulee tehostaa. Naisten tutkijanuran tukeminen erityisesti tekniikan alalla edellyttää aktiivisia toimenpiteitä.
- Tutkimuslaitteiden pitkäjänteisestä perusrahoituksesta kokeellisilla aloilla on huolehdittava kansallisella tasolla. Myös kilpailtua laiterahoitusta tulee kehittää.
- Kansainvälistä yhteistyötä ja näkyvyyttä on lisättävä. Kansainvälisiä yhteistyön ja verkottumisen sekä tutkijankoulutuksen tukimuotoja tulee hyödyntää tehokkaammin.

## Kirjallisuus

Alahuhta, Matti & Tytti Varmavuo (1999). Tietoteollisuuden lisäkoulutusohjelma – Joint Venture – Teollisuuden tuki laitekannan kehittämiseen. *Yliopistotieto* 2/99, 31–33.

Jokinen, Jari (1999). Tietoteollisuusohjelma käynnistynyt hyvin. *Yliopistotieto* 2/99, 27–30.

*Katsaus 2000: tiedon ja osaamisen haasteet (2000)*. Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.

*Koulutuksen ja tutkimuksen tietostrategia* (1995). Opetusministeriö, Helsinki.

*Koulutus ja tutkimus vuosina 1999–2004. Kehittämissuunnitelma* (2000). Opetusministeriö, Helsinki.

Luonnontieteiden tutkimuslaitehankinnat. Selvitys laitehankinnoista v. 1997–99 ja hankintatarpeista v. 2000–2003 (2000), Jyväskylä.

Miettinen, Reijo, Janne Lehenkari, Mervi Hasu & Jukka Hyvönen (1999). Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkoissa. *Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran julkaisu- ja* 226.

Naisten tutkijanuran seurantatyöryhmän muistio 29.2.2000. Suomen Akatemian asettaman työryhmän muistio.

Niskanen, Pirjo, Riikka Eela, Sasu Hälikkä & Terttu Luukkonen (1998). Suomalaiset EU:n tutkimuksen neljännessä puiteohjelmassa. *Teknologian kehittämiskeskus, Kansainvälisten verkostojen raportti* 3/98.

*Visioista osaamistarpeisiin – Huippuosaamisella menestykseen (2000)*. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto ja Teknologian kehittämiskeskus, Helsinki.

Salo, Ahti, Kaveh Pahlavan & Jukka-Pekka Salmenkaita (2000). R&D Programmes in Electronics and Telecommunication, ETX, TLX, INVITE and Teletronics. *Tekes, Technology Programme Report* 5/00.

Suomalainen tutkimuksen huippuyksikköohjelma (1999). Suomen Akatemia, Helsinki.

*Suomalaisten matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuonna 2002. Kansallisten kehittämistalkoiden väliarvio* (1999). Opetusministeriö/Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto, Helsinki.

Suomen tieteen tila ja taso. Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimus 2 (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja* 10/97.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta Suomessa 1998 (1999). *Tilastokeskus/Tiede, teknologia ja tutkimus* 1999: 2.

Yliopistojen perusrahoituksen turvaaminen lainsäädännöllä vuoden 2000 jälkeen (1999). *Opetusministeriön työryhmien muistioita* 30: 1999.

TT sisällys

Sisällys

# TERVEYDEN TUTKIMUS



SUOMEN AKATEMIA

TERVEYDEN TUTKIMUKSEN TOIMIKUNTA



Sisällys

TT sisällys

# Sisällys

<b>Johdanto</b>	233
<b>1 Terveyden tutkimuksen rahoitus</b>	235
<b>2 Tieteenalakohtainen arviointi</b>	240
2.1 Biolääketiede	240
2.2 Kliininen tutkimus	242
2.3 Kansanterveystiede	244
2.4 Hammaslääketiede	246
2.5 Eläinlääketiede	247
2.6 Farmasia	248
2.7 Liikuntatiede	249
2.8 Ravitsemustiede	250
2.9 Hoitotiede	251
2.10 Ympäristöterveys	252
2.11 Logopedia	253
<b>3 Horisontaalinen tarkastelu</b>	254
3.1 Kansainvälistyminen	254
3.1.1 Julkaisutoiminta	254
3.1.2 Ulkomainen tutkijankoulutus	255
3.1.3 Osallistuminen kansainvälisten organisaatioiden toimintaan	255
3.1.4 Ulkomaiset tutkijat suomalaisessa tutkimusjärjestelmässä	256
3.1.5 Tutkimustyön kansainvälinen rahoitus	256
3.2 Luovat tutkimusympäristöt	257
3.2.1 Huippuyksiköt	257
3.2.2 Tutkimusohjelmat	258
3.3 Ammattimainen tutkijanura	260
3.3.1 Tutkijakoulut	260
3.3.2 Tutkijatohtorijärjestelmä	262
3.3.3 Tutkijanvirkojen kehitysnäkymät	262
3.3.4 Naisten tutkijanura	263
3.4 Tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän toimivuus	263
3.4.1 Tutkimusjärjestelmän toimivuus terveyden tutkimuksen toimikunnan näkökulmasta	263
3.4.2 Innovaatiojärjestelmän toimivuus terveyden tutkimuksen näkökulmasta	263
<b>4 Johtopäätökset ja suositukset</b>	266
<b>Liite 1</b>	269
<b>Liite 2</b>	270
<b>Kirjallisuus</b>	272

Sisällys

TT sisällys



## Johdanto

Viime vuosien kehitystä terveyden tutkimuksen alalla voidaan luonnehtia valtaosin positiiviseksi, käytetään mittareina sitten julkaisu- ja väitöskirjatilastoja tai yleisiä terveysmittareita. Myönteisinä seikkoina on pidettävä kansainvälistymistä sekä yhteistyön ja poikkitieteisyyden lisääntymistä terveyden tutkimuksen kolmen keskeisen alan – biolääketieteen, kliinisen tutkimuksen ja kansanterveystutkimuksen – välillä, samoin kuin myös näiden alojen ja pienempien terveyden tutkimuksen osa-alueiden välillä. Suomalainen terveysalan huippututkimus pohjautuu usein maamme korkealuokkaisen väestörekistereiden, huolella luokitellun potilasaineiston ja modernien biolääketieteen menetelmien oikea-aikaiseen ja onnistuneeseen yhdistelyyn. Yhteistyön vahvistumista ovat osaltaan auttaneet uudet organisaatiot kuten esimerkiksi biokeskukset ja tutkijakoulut sekä tutkimusohjelmat, joiden merkitystä poikkitieteisyyden lisääntymiselle ei voi olla korostamatta. Terveyden tutkimuksen rahoituksessa on jatkunut aiemmin huomioitu kolmijakoisuus: Suomen Akatemian rooli korostuu biolääketieteen perustutkimuksen tukemisessa, kun taas kliinisen tutkimuksen rahoituksessa yliopistosairaaloiden erityisvaltionosuus on ollut keskeinen tutkimuskulujen korvaaja. Vastaavasti kansanterveystutkimuksen rahoituksessa on korostunut valtion ja muiden tutkimuslaitosten rooli. Terveyden tutkimuksen toimikunnan rahoituspäätöksissä eri tieteenalat ovat saaneet varsin samanlaisen kohtelun määrärahojen jakautumisen heijastellessa melko tarkoin hakupainetta. Näin ollen kunkin tieteenalan parhaita hankkeita on tuettu toimikunnan rahoituspäätöksin. Myönteisestä kehityksestä huolimatta terveyden tutkimuksen piirissä esiintyy myös selviä ongelma-alueita, joita eritellään tarkemmin tieteenalakohtaisessa tarkastelussa.

Tieteen tila ja taso raportin toimikuntaosuutta valmisteltiin muun muassa järjestämällä kaksi aiheeseen liittyvää seminaaria. Tieteiden talolla keskusteltiin 14.9.1999 järjestetyssä tilaisuudessa arkkiatri Risto Pelkosen johtaman asiantuntijaryhmän lausunnon ”Kannanotto terveyden tutkimuksen kehittämiseksi Suomessa” (Suomen Akatemian julkaisuja 4/97) toimenpide-ehdotuksista ja niiden toteutumisesta. Lisäksi tilaisuuden tarkoituksena oli kartoittaa ne mahdolliset uudet tai täydentävät kysymykset, jotka tulisi nostaa esille tieteen tila ja taso arvioissa. Toimikunnan suunnitteluseminaarissa Sannäsissa 26.–27.1.2000 keskustelua jatkettiin muun muassa tieteenalakohtaisten osuukien sekä toimintaympäristöön liittyvien muutosten tarkastelulla. Lisäksi toimikunta nimesi 15.12.1999 kokouksessaan työryhmän valmistelemaan raportin luonnosta. Työryhmän puheenjohtaja oli toimikunnan puheenjohtaja, professori Eero Vuorio ja jäsenenä professori Heikki Joensuu, professori Marja Makarow sekä professori Hilikka Riihimäki.

Sisällys

TT sisällys

# 1 Terveyden tutkimuksen rahoitus

Arvio tutkimusmenoista toimikunnan edustamilla tieteenaloilla vuosina 1995, 1997 ja 1998

## Johdanto

Terveyden tutkimuksen toimikunnan edustamilla tieteenaloilla tutkimusmenojen arvioidaan olleen vuonna 1997 yhteensä noin 1 900 miljoonaa markkaa, kun ne vuonna 1995 olivat noin 1 600 miljoonaa markkaa. Toimikunta on arviossaan käyttänyt tietolähteenään Tilastokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoimintaa koskevia tilastoja, joissa on esitetty toteutuneet tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot (*käyttäjän näkökulma*).

Vuonna 1997 julkaistussa tieteen tila ja taso -raportissa esitettiin arvio terveyden tutkimuksen rahoituksesta Suomessa vuonna 1995. Tiedot kerättiin monelta eri rahoittajataholta (*rahoittajan näkökulma*), minkä vuoksi tarkkoihin ja yhdenmukaisiin lukuihin ei päästy eikä vertailuja eri vuosien välillä voitu tehdä. Rahoituksen arvioitiin olevan yhteensä 1 568 miljoonaa markkaa, josta julkisen rahoituksen osuudeksi arvioitiin 67 prosenttia (1 043 miljoonaa markkaa) ja yksityisen rahoituksen osuudeksi 33 prosenttia (525 miljoonaa markkaa). Terveyden tutkimuksen toimikunnan rahoitusosuuden kaikesta tutkimuksen julkisesta rahoituksesta arvioitiin olevan seitsemän prosenttia.

## Tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot terveyden tutkimuksen alalla Suomessa vuosina 1995 ja 1997

Tilastokeskuksen laatimia tilastoja tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoista on luontevinta tarkastella neljässä ryhmässä: yliopistot, yliopistosairaalat, valtion tutkimuslaitokset ja yritykset (taulukko 1). Koska Suomen Akatemian virkatutkijat ovat virkasuhteessa Akatemiaan, heidän palkkansa eivät näy näissä tilastoissa. Terveyden tutkimuksen toimikunnan tekemät virkoja koskevat rahoituspäätökset olivat vuonna 1995 yhteensä 23,7 miljoonaa markkaa ja vuonna 1997 yhteensä 18,6 miljoonaa markkaa. Tilastoissa eivät myöskään näy toimikunnan ulkomaisiin suorituspaikkoihin (tutkijankoulutus ja tutkijoiden työskentely ulkomailla, kansainväliset jäsenosuudet) osoittamat määrärahat. Vuonna 1995 tällaisten rahoituspäätösten yhteissumma oli 3,7 miljoonaa markkaa ja 9,5 miljoonaa markkaa vuonna 1997.

Valtaosa yksityisten säätiöiden tutkimustuesta myönnetään henkilökohtaisina apurahoina, jotka eivät myöskään kirjaudu yliopistojen tai tutkimuslaitosten menoiksi. Tilastokeskuksen tilaston mukaan yliopistosektorin tutkimustoiminnan menoista 10 miljoonaa markkaa vuonna 1995 ja 15 miljoonaa markkaa vuonna 1997 oli peräisin kotimaisilta rahastoilta. Yksityisten säätiöiden lääke- ja hoitotieteen rahoitusvolyymin on kuitenkin arvioitu olleen vuonna 1995 yhteensä noin 80 miljoonaa markkaa ja vuonna 1998 yhteensä noin 100 miljoonaa markkaa.

■ Taulukko 1. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot terveyden tutkimuksen alalla Suomessa vuosina 1995 ja 1997.

Sektori	1995		1997	
	Ulkopuolinen rahoitus, milj. mk	Tutkimustoiminnan menot yhteensä, milj. mk	Ulkopuolinen rahoitus, milj. mk	Tutkimustoiminnan menot yhteensä, milj. mk
Yliopistot	148	469	172	507
Yliopistosairaalat	1	1	371	382
Valtion tutkimuslaitokset <sup>3</sup>	71	316	114	380
Yritykset	2	416	2	404
Yhteensä		1 201		1 673

<sup>1</sup> Tietoa ei saatavilla Tilastokeskuksen vuoden 1995 tutkimusmenoja koskevasta tilastosta. Vuonna 1995 tutkimukseen osoitettu erityisvaltio-osuus (EVO) oli 358 miljoonaa markkaa.

<sup>2</sup> Tietoa yritysten ulkopuolisesta rahoituksesta ei ole saatavilla Tilastokeskuksen tilastoista.

<sup>3</sup> Kansanterveyslaitos, Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus, Säteilyturvakeskus, Työterveyslaitos, Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos.

Lähde: Tilastokeskus.

## Yliopistosektori

Vuoden 1998 tutkimustoiminnan menoja koskevissa tilastoissa (taulukko 2) Tilastokeskus luokittelee lääke- ja hoitotieteisiin seuraavat tieteenalat: biolääketieteet, kliiniset lääketieteet, kansanterveystiede, hammaslääketiede, eläinlääketiede, farmasia, hoitotiede, liikuntatiede ja ravitsemustiede. Biologia- ja ympäristötieteet luokitellaan tilastoissa luonnontieteisiin. Vuotta 1995 koskevissa tilastoissa eläinlääketiede sekä elintarvike-, kotitalous- ja ravitsemustieteet on luokiteltu maatalous- ja metsätieteisiin; näistä eläinlääketiede on kuitenkin laskettu lääke- ja hoitotieteisiin taulukossa 2.

Tilastokeskuksen luokitteluun liittyy terveyden tutkimuksen osalta merkittävä harha, sillä useita keskeisiä alan perustutkimusta suorittavia laitoksia ja yksiköitä luokitellaan luonnontieteisiin (biologia ja ympäristötieteet) tai tekniikkaan (biotekniikka). Esimerkiksi Helsingin yliopiston Biotekniikan instituutti ja Suomen Genomikeskus, Oulun yliopiston Biocenter Oulu ja WHO Collaborating Center, Tampereen yliopiston Lääketieteellisen teknologian instituutti sekä Turun yliopiston ja Åbo Akademin yhteinen Biotekniikan keskus luetaan luonnontieteisiin. Vastaavasti valtaosa Kuopion yliopiston A.I. Virtanen -instituutin tutkimuksesta luetaan tekniikkaan.

Ulkopuoliseen tutkimusrahoitukseen luetaan yliopistojen tilinpidon kautta kulkevat muut kuin yliopistomäärärahat, Suomen Akatemian virkatutkijoiden tutkimusmenot sekä yliopistojen omista budjettirahoituksen ulkopuolisista varoista maksetut tutkimustoimintaan kuuluvat varat (yliopistojen rahastojen ja säätiöiden tutkimusrahoitus ja liiketoiminnan tuotto). Taulukosta 1 eivät siis näy Suomen Akatemian virkatutkijoiden palkkamenot eivätkä säätiöiden maksamat henkilökohtaiset apurahat. Rahoitustiedot on kysytty arvonlisäverottomina.

■ Taulukko 2. Yliopistosektorin tutkimus- ja kehittämistoiminta vuosina 1995, 1997 ja 1998.\*

Rahoituslähde	Lääke- ja hoitotieteet, milj. mk			Biologia ja ympäristötieteet, milj. mk		
	1995 <sup>1</sup>	1997	1998	1995	1997	1998
Budjettirahoitus (oma rahoitus)	321	346	350	101	153	163
Suomen Akatemia	59	67	60	56	78	91
Muu opetusministeriö	2	4	6	0,5	5	12
Sosiaali- ja terveysministeriö <sup>2</sup>	4	338	371			
Tekes	12	22	37	4	14	27
Muut ministeriöt <sup>3</sup>	11	8	10	14 <sup>4</sup>	11 <sup>4</sup>	11 <sup>4</sup>
Kunnat	2	2	4	3	4	6
Muu julkinen rahoitus	3	6	8	1	1	2
Kotimaiset rahastot	10	15	15	2	3	4
Kotimaiset yritykset	11	18	25	10	10	8
Ulkomaiset rahastot	4	3	3	0,5	1	3
Ulkomaiset yritykset	13	26	30		3	1
EU-rahoitus	2	16	18	1	16	16
Muu ulkomainen rahoitus	10	8	8	1	4	2
Yliopiston omat varat	5	9	6	3	4	3
Yliopistot yhteensä	469	507	524	197	307	349
Yliopistosairaalat yhteensä		382	427			
Yliopistosektorin tutkimustoiminnan menot yhteensä	469	889	951	197	307	349

\* Lääke- ja hoitotieteiden sekä biologian ja ympäristötieteiden tutkimustoiminnan menot rahoituslähteen mukaan.

<sup>1</sup> Ei sisällä rakennusinvestointeja.

<sup>2</sup> Erityisvaltionosuus (EVO) tuli v. 1994 laskennalliseksi. Laskennalliseksi perusteeksi määrättiin asianomaisessa yliopistossa suoritettua lääkärintutkimusta ja sairaalan yhteydessä julkaistut väitöskirjat ja tieteelliset artikkelit. Sittemmin tämä korvaus laajennettiin 1997 koskemaan yliopistosairaaloitten lisäksi myös muita terveydenhuollon yksiköitä. EVO-korvauksen suuruus oli alun perin 12 % yliopistosairaaloitten käyttökustannuksista, mutta nykyisellään sen osuus on enää noin 9 %. EVO-rahoituksesta 45 % korvaa opetuksen ja 55 % tutkimuksen aiheuttamia kuluja, mukaan lukien tutkimustoiminnan edellyttämät laitteet.

<sup>3</sup> Mukaan lukien muu kauppa- ja teollisuusministeriö.

<sup>4</sup> Mukaan lukien sosiaali- ja terveysministeriö.

Lähde: Tilastokeskus, *Tutkimus- ja kehittämistoiminta Suomessa 1995, 1997 ja 1998*.

## Valtion tutkimuslaitokset

Terveyden tutkimuksen alalla toimii viisi valtion tutkimuslaitosta. Valtion tutkimuslaitoksilla tarkoitetaan tässä raportissa sosiaali- ja terveysministeriön sekä maa- ja metsätalousministeriön hallinnonaloihin kuuluvia sektoritutkimuslaitoksia. Kansanterveyslaitos, Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus (Stakes), Säteilyselvityskeskus ja Työterveyslaitos toimivat sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalalla ja Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos (EELA) maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Näiden laitosten tutkimusmenot on esitetty taulukossa 3.

■ Taulukko 3. Terveyden tutkimuksen alan valtion tutkimuslaitosten tutkimustoiminnan menot vuosina 1995 ja 1997 sekä ulkopuolisen rahoituksen osuus kokonais-tutkimusmenoista.

Tutkimuslaitos	1995		1997	
	Ulkopuolinen rahoitus, milj. mk (%)	Tutkimustoiminnan menot yhteensä, milj. mk	Ulkopuolinen rahoitus, milj. mk (%)	Tutkimustoiminnan menot yhteensä, milj. mk
Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos	2,2 (44)	5,0	2,1 (24)	8,9
Kansanterveyslaitos	38,0 (25)	150,3	66,0 (38)	172,9
Stakes	5,6 (11)	49,8	14,5 (19)	77,6
Säteilyturvakeskus	2,6 (9)	28,4	4,8 (16)	29,3
Työterveyslaitos	22,2 (27)	82,0	26,4 (28)	91,7

Lähteet: Tilastokeskus ja Suomen Akatemia.

## Yritykset

Yritysten tiedot Tilastokeskuksen vuotta 1997 koskevassa aineistossa koskevat kaikkea yrityksen tutkimus- ja tuotantoyksiköissä tehtyä tai ulkopuolisilta tilattua tutkimusta sekä tuote- ja prosessikehitystyötä. Tilastoyksikkö on pääsääntöisesti yritys. Perusjoukkoon sisältyivät kaikki ne yritykset, jotka ilmoittivat tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoja vuosille 1995 tai 1996. Myös vuoden 1996 innovaatiotutkimuksessa tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoja ilmoittaneet yritykset sisällytettiin perusjoukkoon. Lisäksi perusjoukkoa täydennettiin VTT:n, Tekesin ja Keran asiakasrekisterien perusteella tutkimus- ja tuotekehitystukea saaneilla yrityksillä sekä patentoinneilla ja teknologia-kylissä toimivilla yrityksillä.

Tilastokeskuksen yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoja koskevien tilastojen mukaan tuoteryhmän *lääkkeet* menot olivat vuonna 1995 yhteensä 416 miljoonaa markkaa ja vuonna 1997 yhteensä 404 miljoonaa markkaa. Tilastokeskus ei ole kerännyt vastaavia tietoja vuodelta 1998. Tuoteryhmän *instrumentit ja hienomekaaniset tuotteet* tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot olivat vuonna 1995 yhteensä 321 miljoonaa markkaa ja vuonna 1997 yhteensä 415 miljoonaa markkaa. Käytettävissä ei ole tilastotietoa siitä, mikä on lääketieteellisen tekniikan osuus näissä luvuissa.

## Terveyden tutkimuksen toimikunta rahoittajana 1995–1999

Muihin toimikuntiin verrattuna terveyden tutkimuksen toimikunnan osuus Suomen Akatemian budjetissa on pienin, noin 18 prosenttia. Vaikka toimikunnan rahoituspäätökset perustuvat ulkopuolisten asiantuntijoiden arvioihin hankkeiden ja hakijoiden tasosta, heijastelee eri tutkimusaloille suunnattu rahoitus melko tarkkaan hakemusten määrää. Toimikunnan omien päätösten lisäksi (102,2 miljoonaa markkaa vuonna 1999) terveyden tutkimukselle myönnetään rahoitusta myös muilla päätöksillä. Tutkimusohjelmia, huippuyksiköjä ja laiterahoja koskevat päätökset tehdään erillisissä jastoissa. Valtaosa toimikunnan ulkopuolisista päätöksistä on ohjannut tutkimusmäärärahoja biolääketieteelliseen tutkimukseen (taulukko 4), johon myös kansainväliset jäsenosuudet on laskettu.

■ Taulukko 4. Suomen Akatemian terveyden tutkimukselle osoittama kokonaisrahoitus (milj. mk) vuosina 1995–1999.\*

	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Biolääketiede</b>	<b>51,2</b>	<b>49,8</b>	<b>92,2</b>	<b>94,0</b>	<b>124,2</b>
Tutkimusohjelmat	1,6	6,6	15,0	24,8	48,5
Kansainväliset jäsenosuudet			3,6	5,0	3,7
Laiterahat					20,0
<b>Kliininen lääketiede</b>	<b>20,7</b>	<b>21,9</b>	<b>21,7</b>	<b>27,2</b>	<b>31,8</b>
Tutkimusohjelmat		5,2	2,0		2,5
Laiterahat					2,3
<b>Kansanterveystiede</b>	<b>5,6</b>	<b>11,6</b>	<b>14,3</b>	<b>19,0</b>	<b>16,0</b>
Tutkimusohjelmat		4,0	6,8	5,9	5,1
Laiterahat					0,5
<b>Hammaslääketiede</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>3,9</b>	<b>2,1</b>	<b>1,2</b>
Tutkimusohjelmat				0,1	
<b>Eläinlääketiede</b>	<b>0,003</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>
<b>Farmasia</b>	<b>2,0</b>	<b>0,1</b>	<b>2,5</b>	<b>4,3</b>	<b>5,7</b>
Laiterahat					0,5
<b>Holtotiede</b>	<b>0,3</b>	<b>1,4</b>	<b>3,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>
<b>Liikuntatiede</b>	<b>0,5</b>	<b>0,04</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,6</b>
<b>Ravitsemustiede</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>2,4</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>81,7</b>	<b>86,6</b>	<b>139,7</b>	<b>150,0</b>	<b>185,3</b>

\* Lihavoidut luvut kuvaavat kokonaisrahoitusta, johon sisältyvät tutkimusohjelmat, huippuyksiköt, kansainväliset jäsenosuudet ja laiterahat. Taulukossa on myös eritelty tärkeimmät toimikunnan ulkopuolella tehdyt päätökset tutkimusohjelmista, huippuyksiköistä, kansainvälisistä jäsenosuuksista ja laiterahoista.

Lähde: Focus-tietokanta (23.3.2000).

Erityisesti vuosina 1997–1999 tutkimusohjelmien vaikutus näkyy biolääketieteen tutkimusalan rahoituksen vahvistumisena. Vuonna 1997 biolääketieteen alalle suunnattiin Geenitutkimuksen ohjelman ja Materiaali- ja rakennetutkimuksen ohjelman kautta yhteensä 15 miljoonaa markkaa. Vuonna 1998 alalle suunnattiin Solubiologian sekä Ympäristöterveyden tutkimusohjelman kautta yhteensä 24,8 miljoonaa markkaa. Ikääntymisen tutkimusohjelmassa, Rakennebiologian tutkimusohjelmassa, Huippuyksikköohjelmassa sekä määrärahaossa muuntogeenisten eläinten tutkimuskäytön kehittämiseen vuonna 1999 tehdyt rahoituspäätökset olivat biolääketieteen alalla yhteensä 48,5 miljoonaa markkaa. Lisäksi laitejaoston päätösten kautta kanavoitui terveyden tutkimuksen toimikunnalle vuonna 1999 laiterahoitusta yhteensä 23,3 miljoonaa markkaa.

Biolääketieteellisen tutkimuksen ja kliinisen tutkimuksen integroituminen on nähtävissä myös tutkimusrahoituspäätöksissä. Esimerkiksi vuonna 1998 osa rahoituspäätöksistä (10,7 miljoonaa markkaa) ohjautui tutkimuslaitoksiin, jotka Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen tietojärjestelmässä luokitellaan kliinisen lääketieteen alalle, vaikka tutkijat itse olivat määritelleet hankkeensa biolääketieteelliseksi perustutkimukseksi (biokemia, molekyylibiologia, solubiologia ja kehitysbiologia).

## 2 Tieteenalakohtainen arviointi

Raportin tieteenalakohtaisissa arvioissa keskitytään kolmeen pääteemaan: (1) kuvailemaan niitä muutoksia, joita tutkimusedellytyksissä ja toimintaympäristössä on tapahtunut edellisen raportin laatimisen jälkeen, (2) arvioimaan Suomen Akatemian roolia tieteenalan kehittämisessä ja (3) tunnistamaan tieteenalan tärkeimpiä kehittämis-kohteita.

### 2.1 Biolääketiede

#### *Muutokset toimintaympäristössä*

Tutkimusrahoituksen lisääntyminen on viime vuosina selvästi kohentanut tutkimusympäristöjä ja rahoitusta biolääketieteen perustutkimuksen alalla. Kaikkien lääketieteellisten tiedekuntien ympäristöön kohonneet biokeskukset ovat lisänneet sekä poikkitieteisyyttä tutkimuksessa ja tutkijankoulutuksessa että vuorovaikutusta innovaatiojärjestelmän muiden osien kanssa. Biokeskukset ovat pystyneet investoimaan laitteistoihin ja perustamaan keskuspalveluyksiköjä opetusministeriön biotekniikan erityisrahoituksen tuella. Myös Suomen Akatemia on tukenut tätä kehitystä, mikä on monilla alueilla nostanut tutkimusedellytykset erinomaiselle tasolle. Valtaosa biolääketieteellisestä perustutkimuksesta suoritetaan lääketieteellisten tiedekuntien laitoksissa, biokeskuksissa ja eräissä tutkimuslaitoksissa, mutta rajat muissa tiedekunnissa tehtävän biotieteen perustutkimuksen suuntaan ovat merkittävästi hälventyneet. Biotieteelliselle tutkimukselle on ollut ominaista raja-aitojen häviäminen myös kliinisen ja epidemiologisen tutkimuksen suuntaan, mikä johtuu eri aloja yhdistävien menetelmien ja lähestymistapojen kuten molekyylibiologian, geenitekniikan, kehitysbiologian ja rakennetutkimuksen käytön lisääntymisestä. Biotieteellinen tutkimus on voimakkaassa kehitysvaiheessa ja alan tutkimuksella on myös nähtävissä huomattava määrä käytännön sovelluksia. Biolääketieteen alalle suunnattu panostus on selkeästi tuottanut tulosta. Tutkimus on kansainvälistynyt yhä enemmän ja läpäisevyys on voimakkaasti parantunut, tutkimusympäristöt ovat kohentuneet ja yliopistosairaaloiden yhteyteen on kehittynyt poikkitieteisiä tutkimuskeskuksia. Nämä johtopäätökset on tehty useissa biokeskuksiin ja yliopistoihin kohdistuneissa arvioinneissa.

#### *Suomen Akatemian rooli biolääketieteen kehittämisessä*

Suomen Akatemia on toteuttanut biolääketieteen alalla johdonmukaista tutkimusohjelmapolitiikkaa, jonka painotukset identifioitiin vuonna 1996 toteutetussa molekyylibiologian ja biotekniikan kansainvälisessä arvioinnissa. Tutkimusohjelmista niin Geenitutkimuksen ohjelman jatko, Molekyyli-epidemiologian ja molekyyli-epidemiologian tutkimusohjelma kuin Solubiologian tutkimusohjelma ovat suuntautuneet valtaosin biolääketieteen kehittämiseen. Ohjelmat on toteutettu yhteistyössä Tekesin kanssa, samoin kuin uudet Rakennebiologian ja Biologisten funktioiden Life 2000 tutkimusohjelmat. Alan tutkimusta on myös vahvistettu rekrytoimalla huippututkijoita ulkomailta. Samalla kun Akatemia on tutkimusohjelmien avulla suunnannut tutkimusta uusille tutkimusalueille, on ohjelmien jaksotus tarjonnut tutkijoille mah-



dollisuuden pitkäaikaiseen tutkimusrahoitukseen. Yliopistoille on ohjattu Suomen Akatemian kautta myös kilpailutettua laiterahoitusta, josta suurin osa on ohjautunut biolääketieteen tutkimusyksiköille. Muuntogeenisten eläinten tutkimusta on vahvistettu suunnatun rahoitusohjelman avulla. Akatemia on myös osallistunut Suomen Genomikeskuksen perustamisen, suunnittelun ja toiminnan rahoitukseen. Bioinformatiikkaa on ryhdytty vahvistamaan siten, että perustetuista tutkijakouluista kaksi antaa alaan liittyvää tutkijankoulutusta. Lisäksi on käynnistetty biokeskusten välinen yhteistyö, jonka tavoitteena on biotieteellisen tutkimustoiminnan kehittäminen ja toiminnan koordinointi. Kaudelle 2000–2005 valituista 26:sta huippuyksiköstä kuusi toimii biokeskusympäristössä.

#### *Kehittämiskohteet*

Biokeskukset keskuspalveluyksikköineen ovat nostaneet biolääketieteen tutkimusedellytykset kansainväliselle tasolle. Koska tutkimuslaitteistojen kehitys jatkuu nopeana, on tämän kehityksen jatkuminen turvattava. Samalla on turvattava niiden ryhmien toimintaedellytykset, jotka toimivat biokeskusten, huippuyksikköjen ja tutkimusohjelmien ulkopuolella. Erityisen tärkeää on kehittää tutkimusrahoituksen osoittamista myös uusille, nouseville tutkimusryhmille. Uudet tutkimusaiheet tulevat maahan yleensä tutkijatohtoreiden mukana heidän kotiutuessaan ulkomailta. Tutkijatohtoreiden rahoituksessa tulisi suosia entistä enemmän sellaisia hakijoita, jotka vaihtavat tutkimusryhmää ja -alaa väitöskirjansa jälkeen, jotta tutkimusaiheet eivät Suomessa kapenisi.

Kansallinen innovaatiostrategia vaatii vielä selkiyttämistä biolääketieteen alalla. Terveystutkimuksen toimikunnan ja Tekesin välinen yhteistyö on laajentumassa ja saamassa yhä moninaisempia muotoja. Tämä yhteistyö on välttämätöntä, sillä se on osa innovaatiojärjestelmää. Yliopistoihin on perustettu tekniikkansiirtoyriyksiä, joten keksintöjen suojaaminen ei liene enää pullonkaula. Sen sijaan innovaatioiden kaupallistaminen vaatii vielä paljon työtä. Suomessa on ainakin toistaiseksi puutetta sellaisista biotekniikkayrityksistä, jotka hyödyntäisivät innovaatioita. Tutkijat itse asiassa joutuvat itse luomaan yrityksiä innovaatioitaan hyödyntämään.

Lähivuosien suuri haaste on genomiprojektien tuottama valtava tietomäärä. Sen talentamisesta ja tietokoneavusteisesta analysoinnista, bioinformatiikasta, on tullut yksi biotieteen nopeimmin kasvavista osa-alueista. Erilaiset tietokannat, joihin nukleiinihappojen emäsjärjestyksen lisäksi on tallennettu huomattava määrä muuta tietoa, esimerkiksi kudosten kehittymistä ja tautigeenejä koskevia tietoja, ovat yhä tärkeämpi lähdeaineisto biotieteilijän omassa tutkimuksessa. Tauteja aiheuttavien geenien kartoittaminen suku- ja väestöanalyysillä vaatii myös raskasta tietokonelaskentaa. Biotieteellisen ja biolääketieteellisen tutkimuksen kehittyminen kansainvälisesti kilpailukykyisellä tavalla vaatii bioinformatiikan vahvistamista ja uusien tekniikoiden, kuten DNA-mikrosirutekniikan ja proteomiikan, sekä uusien tutkimuslinjojen, erityisesti kantatasolututkimuksen sekä ajastettujen ja kudoksohjeisesti säädeltävien muuntogeenitekniikoiden, nykyistä tehokkaampaa käyttöönottoa. Suomen Akatemian ja Tekesin yhteinen, vuonna 2000 käynnistynyt Biologisten funktioiden tutkimusohjelma Life 2000 pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin.

## 2.2 Kliininen tutkimus

### *Muutokset toimintaympäristössä*

Suomalainen lääkärikunta tekee kansainvälisesti katsottuna poikkeuksellisen paljon tutkimustyötä: lääkärikunnasta on väitellyt 19 prosenttia ja peräti 60 prosenttia lääkäreistä osallistuu jollakin tavalla tutkimustyöhön. Kliinistä tutkimusta vaikeuttaa toimintojen jakautuminen kahdelle eri hallinnonalalle: toimintaympäristö on kuntien ja sosiaali- ja terveysministeriön hallinnoimaa, mutta tutkimusvirat, peruskoulutus ja tieteellinen jatkokoulutus ovat lääketieteellisten tiedekuntien vastuulla ja opetusministeriön hallinnonalaan kuuluvia. Kliinisen tutkimuksen kehittyminen ja resursointi on siis ollut riippuvaista niin yliopistojen, Suomen Akatemian, sosiaali- ja terveysministeriön kuin kuntatyönantajan voimavaroista ja suhtautumisesta.

Kliinisen tutkimuksen keskeisin rahoituslähde on yliopistosairaaloille myönnetty erityisvaltionosuus (EVO). EVO on sosiaali- ja terveysministeriön maksamaa korvausta yliopistosairaaloita ylläpitäville kuntayhtymille lääkärin perus- ja erikoistumiskoulutuksen ja terveystieteellisen tutkimustoiminnan aiheuttamista ylimääräisistä kuluista. EVO korvaa terveystieteellisestä tutkimuksesta 353 miljoonaa markkaa vuonna 2000 ja opetuksesta 425 miljoonaa markkaa vuonna 2000 aiheutuvia ylimääräisiä menoja. Vajaa puolet tutkimusmenoja korvaavasta EVO-osuudesta on yliopistosairaaloissa ollut tutkimushankkeiden kilpailutettua rahoitusta ja tutkijoiden palkkakuluja. Rahoituksen piirissä ovat olleet myös useat perustutkimusta tekevät ryhmät, joilla on yhteistyötä kliinisen tutkimuksen kanssa. EVO-rahoitus myönnetään valtaosin vuodeksi kerrallaan, pisimmillään kolmeksi vuodeksi. Tämä on koettu haittana suunniteltaessa ja toteutettaessa pitkäkestoisia tutkimushankkeita.

Kliinisen tutkimuksen keskeinen ongelma on tutkijan monen roolin yhdistäminen: usein hän joutuu toimimaan samanaikaisesti opettajana, tutkijankouluttajana, käytännön lääkärinä ja hallinnollisissa tehtävissä. Viime vuosina terveydenhuollon niukentunut resursointi on johtanut kliinisen työmäärän lisääntymiseen, ja tämä on vastaavasti heikentänyt tutkimustyön mahdollisuuksia. Kliinisen tutkijan ura ja koulutus nivoutuvat läheisesti myös lääkärin erikoistumiskoulutukseen. Kliinisen tutkijan toimenkuva eroaa siis selvästi tavanomaisen ammattitutkijan roolista.

Suomen terveydenhuoltojärjestelmä on luonut hyvän ja luotettavan perustan kliinisen lääketieteen tutkimukselle. Tämä on näkynyt erityisesti molekyylogeneettisen, epidemiologisen ja kliinisen lääketutkimuksen kehittämisessä arvostetulle kansainväliselle tasolle. Myös joidenkin ns. kansantautien, kuten sydän- ja verisuonitautien ja diabeteksen, tutkimuksessa maahamme on luotu laajapohjainen ja korkeatasoinen tutkimusperinne. Nykyaikainen kliininen tutkimus edellyttää usein myös perustutkimuksen kuten solu- ja molekyylibiologisten tai geeniteknologisten menetelmien soveltamista. Koko kliinisen tutkimuksen osalta voidaan todeta kliinisen lääketieteen tutkijoiden julkaisuaktiiviteetin korkeatasoisissa kansainvälisissä julkaisusarjoissa selkeästi lisääntyneen. Valtakunnallista kliinisen tutkimuksen tason arviointia ei ole suoritettu, mutta Helsingin yliopiston arvioinnin yhteydessä vuonna 1999 arvioitiin myös sen lääketieteellisen tiedekunnan kliininen tutkimus. Arvioinnin mukaan vähintään kolmasosa alan tieteellisestä tuotannosta oli korkeata kansainvälistä tasoa ja valtaosa tutkimuksesta hyvää kansainvälistä tasoa.

*Suomen Akatemian rooli kliinisen tutkimuksen kehittämisessä*

Suomen Akatemian kaksi keskeistä kehittämiskohdetta, luovien tutkimusympäristöjen ja ammattimaisen tutkijanuran kehittäminen, eivät kumpikaan ole suoranaisesti olleet omiaan tukemaan kliinisen tutkimuksen kehittymistä. Vaikka osa uusista huippuyksiköistä sisältää kliinistä tutkimusta, ei joukossa ole yhtään puhtaasti kliinisen tutkimuksen huippuyksikköä. Suomen Akatemian tutkimusohjelmat eivät ole myöskään olennaisesti vahvistaneet kliiniseen tutkimukseen asemaa. Terveystieteiden tutkimuksen toimikunnan rahoituspäätöksistä noin 26 prosenttia kohdistuu kliinisen lääketieteen hankkeille. Kun määrärahoissa huomioidaan myös tutkimusohjelmat, huippuyksiköt ja muu Akatemian tutkimustuki, laskee kliinisen tutkimuksen osuus 17 prosenttiin. EVO-rahoituksesta on muodostunut kliinisen tutkimuksen tärkein rahoittaja. Kiristynyt rahoitustilanne on johtanut siihen, että suuri osa kliinistä tutkimusta tehdään yksivuotisten määrärahojen ja apurahojen turvin.

Kliinisellä tutkimuksella ei ole omaa tutkijakoulua. Eräissä biolääketieteen tutkijakouluissa on tutkijoita, joiden tutkimushankkeissa on myös selvä kliininen osuus. Kliinisestä tutkijankoulutuksesta huolehtivat pääosin tiedekunnat ja erikoissalat sisällään. Usean tiedekunnan ja erikoissalan piiriin on viime vuosina perustettu opetusministeriön ja Suomen Akatemian rahoittamien tutkijakoulujen mallin mukaisesti organisoituja tutkijankoulutusohjelmia. Terveystieteiden tutkimuksen toimikunta on osaltaan pyrkinyt kehittämään kliinistä tutkimusta tietyillä osa-alueilla. Ensimmäisenä on toteutunut psykiatrian alan tutkimuksen kehittäminen, jossa pääpaino on tutkijankoulutuksessa.

*Kliinisen tutkimuksen keskeiset kehittämiskohteet*

Tutkijakoulujärjestelmän myötä nuorten tutkijoiden rekrytoinnin ongelma on korostunut erityisesti niillä kliinisillä aloilla, jotka ajoittuvat lääkärikoulutuksen loppuvaiheeseen. Kliiniseltä tutkijalta vaaditaan yhä useammin paitsi hyviä kyseisen erikoissalan kliinisiä tietoja ja taitoja, myös laboratoriotutkimuksen, epidemiologian ja biostatistiikan menetelmien hallintaa. Näiden edellytysten tyydyttämiseksi tulisi luoda perustutkimuksen tutkijakoulujärjestelmän rinnalle myös kliinisen tutkimuksen tutkijakoulujärjestelmä, ja tukea kliinisten ja biolääketieteen tutkijaryhmien välistä yhteistyötä.

Kliinisen alan tutkijanuran tukemisen malli ei vielä ole löytänyt tarkoituksenmukaista muotoaan. Tutkijantyö painottuu kliinisellä tutkijalla eri tavoin kuin perustutkijalla. Potilaat ja heidän hoitonsa muodostavat oleellisen osan kliinikkotutkijan tutkimusta. Kliinisen ammattitaitonsa ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi kliinikkotutkijan on tehtävä muutakin kuin tutkimukseensa liittyvää potilastyötä. Tämä taas ei noudata opetusministeriön periaatetta, jossa tutkijakoulutettava omistautuu täyspäiväisesti tutkimustyöhön. Nykyiset erikoislääkärikoulutukseen liittyvät määräykset eivät salli yli kuuden kuukauden tutkimusjaksojen sisällyttämistä erikoistumisaikaan. Lisäksi erikoistumiskoulutuksen palvelu vanhenee nykyisten määräysten mukaan kymmenessä vuodessa, joten esimerkiksi neljän vuoden täysipäiväisen tutkimustyön soveltaminen tähän jaksoon voi tuottaa vaikeuksia. Terveystieteiden tutkimuksen toimikunta on asettanut työryhmän kartoittamaan kliinisen tutkijanuran esteitä ja laatimaan ehdotuksen ammattimaisen tutkijanuran edistämiseksi kliinisillä aloilla. Tavoitteena on koulutusohjelma, josta valmistuu kliininen erikoislääkäri, joka on

suorittanut tohtorin tutkinnon, ja joka on siten saanut hyvät perusvalmiudet kliinisen tutkimuksen tekemiseen.

Kliinisen lääketieteen kehityksen ja tutkimuksen tason turvaamiseksi on huolehdittava siitä, että kliinisille aloille luodaan akateemisesti ja ammatillisesti houkutteleva virkarakenne. Virkarakenteen suunnittelu tulee toteuttaa sekä opetusministeriön että sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön hallinnonalojen myötävaikutuksella.

Kliininen tutkimus käyttää hyväkseen lähdeaineistoja, jotka kuuluvat tietosuojan piiriin. Nykyiset tietosuojasäädökset ovat varsin tiukat – jopa siinä määrin, että kliinisen tutkimuksen tekeminen on niiden takia voinut vaikeutua. Suomessa on myös kansainvälisesti katsottuna hyviä väestö- ja terveydenhuollon rekistereitä, joiden käyttöä teolliseen tutkimustyöhön tulisi voida tehostaa ja laajentaa.

## 2.3 Kansanterveystiede

### *Muutokset toimintaympäristössä*

Kansanterveystieteen tutkimusedellytykset ovat perinteisesti olleet Suomessa erittäin hyvät. Terveydenhuollon informaatiojärjestelmät ovat korkealaatuiset ja niillä on ajallista syvyyttä. Väestö on suhtautunut myönteisesti ja osallistunut kiitettävästi väestötutkimuksiin. Alalla toimii valtion tutkimuslaitoksia, jotka vuosikymmenien ajan ovat toimineet kriittisen massan omaavina luovina tutkimusympäristöinä. Kansanterveystutkimuksen ja kliinisen tutkimuksen yhteistyö on ollut erityisen hyvää ja tuloksellista. Kansanterveystieteen tutkimus on jatkunut kansainvälisesti arvioiden korkeatasoisena. Tämä on tullut esille alan kaikissa arvioinneissa, valtion tutkimuslaitosten arviointien lisäksi Helsingin yliopiston laitosten arvioinnissa, jossa kansanterveystieteen laitos sai 7/7 pistettä.

Myönteistä viime vuosien kehityksessä on ollut erityisesti yhteistyön parantuminen eri terveystieteiden välillä ja muiden lähitieteiden suuntaan, mistä johtuen monitieteisyys on lisääntynyt. Kansanterveysalalla on erityisesti vahvistunut talous-, sosiaali- ja käytäytymistieteiden panos. Tutkimuksen intensiteetti on kasvanut ja ulkoisena osoituksena ovat monet uudet yliopistoprofessorit erityisesti jaettuna valtion tutkimuslaitosten kanssa. Monitieteisyydestä sosiaalitieteiden suuntaan on seurannut aito monimenetelmällisyys. Monitieteisyys on ulottunut myös perustieteisiin, mistä ovat osoituksena uudet alat kuten molekyyliepidemiologia ja niihin liittyvät professorit. Yksityisyyden suojasta lähtenyt tietosuojalainsäädäntö ja sen tulkinta on ollut tutkimusmyönteisempi kuin monessa muussa maassa. Suomessa se ei ole estänyt kansanterveystutkimusta ja on joissakin tapauksissa jopa turvannut tutkimusedellytykset.

### *Suomen Akatemian rooli kansanterveystieteen tutkimuksen kehittämisessä*

Useat Suomen Akatemian viime vuosien tutkimusohjelmat ovat liittyneet kansanterveystieteeseen. Vaikka tutkimusohjelmat ovat merkittävästi vahvistaneet eri tutkimusaloja, ei kansanterveystutkimus kuitenkaan ole kokonaisuutena pystynyt säilyttämään suhteellista osuuttaan terveyden tutkimuksen rahoituksessa. Suomen Akatemian rooli on kuitenkin edelleen keskeinen yliopistoissa tapahtuvan kansanterveys-

tutkimuksen tukemisessa. Samalla kun biolääketieteen alueella on luotu biokeskukset, ei vastaavaa kehitystä ole tapahtunut kansanterveystutkimuksen alueella. Alasta on tavallaan tullut väliinputoaja, kun sillä ei myöskään ole kliiniseen tutkimukseen painottuvaa EVO-rahoituksen kaltaista erityistukijärjestelmää. Tästä johtuen terveystutkimusta hyödyttävien uusien tutkimusotteiden – esimerkiksi laadullisen tutkimuksen – ja pienien kansanterveystutkimuksen osa-alueiden – esimerkiksi ravitsemustutkimuksen – kehitys on vaarassa. Ravitsemustiedettä käsitellään erikseen jäljempänä.

Kansanterveystieteen tutkimuksen alueella ei ole yhtään huippuyksikköä alan korkeasta tasosta huolimatta. Huippututkimus tällä alalla perustuu usein laajaan verkottumiseen ja yhteistyöhön, jolloin huippuyksikkö on yhteisö, joka muodostuu useasta ryhmästä, joilla on yhteiset tieteelliset tavoitteet. Huippuyksikköstrategiaa tulee kehittää monipuolisemmaksi siten, että se tukee kaikkia terveystieteen aloja riippumatta niille tyypillisistä rakenteista ja tieteellisestä suuntautumisesta.

Kansanterveystutkimuksen piirissä toimii aktiivisesti opetusministeriön tukema tutkijakoulu, jossa ovat osallisina Helsingin ja Tampereen yliopistot sekä valtion tutkimuslaitoksia. Kansanterveyden tutkijakoulu sai keväällä 2000 opetusministeriön palkinnon laadukkaasta ja tuloksellisesta toiminnastaan. Tutkijakoulu on koettu selväksi vahvuudeksi alan tutkijankoulutuksessa ja tutkijoiden verkottumisessa. Valitettavasti muissa koulutusyksiköissä toimivat kansanterveyden tutkijakoulutettavat ovat joutumassa huonompaan asemaan. Tarpeeseen ja muihin aloihin verrattuna kansanterveyden alalla on vähän tutkijakoulupaikkoja.

#### *Kehittämiskohteet*

Uusien ja kehittyvien kansanterveystutkimuksen alueiden mahdollisuudet saada julkista kilpailtua rahoitusta ovat huonoja. Tällaisia aloja ovat esimerkiksi toimintakykyyn, mielenterveyteen ja sosiaaliseen terveyteen kohdistuva tutkimus sekä perinteisestä poikkeavat menetelmälliset lähestymistavat kuten laadullinen tutkimus. Näiden alojen heikko menestyminen kilpaillun rahoituksen saamisessa johtuu osittain siitä, että arviointikriteereinä käytetään enemmän tieteen sisäistä toimintaa korostavia mittareita, esimerkiksi julkaisutoimintaa. Koska kansanterveystutkimuksella on selviä terveyteen kohdistuvia vaikutuksia, ei ala voi edes periaatteessa olla kilpailukykyinen, ellei painoteta myös tutkimuksen terveyttä tuottavia ominaisuuksia tieteen sisäisten kriteerien rinnalla.

Kansanterveystutkimus on pitkäjänteistä ja edellyttää vuosikausien, joskus koko elinkaaren mittaista, tarkastelu-aikaa. Tutkimustuen tulisi kohdistua myös pitempikestoisiin tutkimusohjelmiin, jotka nykyisellään ovat usein liian lyhyitä kansanterveystieteen tavoitteiden saavuttamisen kannalta. Pohjois-Karjala-projekti ja Kansanterveyslaitoksen syövänehkäisy tutkimus (SETTI) ovat saavuttaneet johtavan aseman maailmassa, mutta vastaavan kertaluokan suoraa seuraajaa ei ole näköpiirissä. Kansanterveystutkimus on monimuotoista, jonka yksittäisiä tutkimusaloja on edustettuina sosi- ja terveysministeriön hallinnonalaan kuuluvissa tutkimuslaitoksissa, mutta ne saattavat puuttua yliopistoista. Valtion tutkimuslaitoksissa on siten tieteellistä asiantuntemusta ja usein väestötason tutkimuksen edellyttämiä rekisteri- ja muita aineisto-

ja. Yliopistolaitoksella on akateeminen koulutusvastuu, joka päättyy tutkijankoulutukseen ja joka siten muodostaa tutkijoiden rekrytointikanavan. Suhde tutkimuslaitoksiin on kuin sairaalaklinikan ja kliinisen yliopistolaitoksen välillä. Tutkijakoulut, jaetut professuurit ja tieteelliset yhteisprojektit muodostavat verkostoja tutkimuslaitosten ja yliopistojen välille. Kansanterveystutkimuksen alalla vastaavat hallinnolliset ratkaisut kuitenkin puuttuvat, ja niitä tulisi kehittää.

Kansanterveystutkimuksen alalla suuret yhteiskunnalliset ja ympäristön muutokset, kuten eriarvoistuminen ja saastuminen, ovat hiipiviä. Tutkimuksen ongelmia ennakkoivaa luonnetta tulisi entisestään korostaa, jotta se tukisi ongelmien ehkäisyä. Suomen Akatemian Terveiden edistämisen tutkimusohjelma vuonna 2001 pyrkii osaltaan vastaamaan näihin haasteisiin.

## 2.4 Hammaslääketiede

### *Muutokset toimintaympäristössä*

Hammaslääketieteeseen on 1990-luvun loppupuolella kohdistunut muutoksia, jotka ovat olennaisesti heikentäneet alan tutkimusedellytyksiä. Valtioneuvoston vuonna 1993 tekemän päätöksen mukaan Kuopion hammaslääketieteellinen tiedekunta lakkautettiin ja Turun hammaslääketieteen laitokselta lopetettiin peruskoulutus vuonna 1998. Lisäksi Helsingissä vähennettiin lääketieteellisen tiedekunnan supistusten seurauksena runsaasti hammaslääketieteen virkoja. Nämä supistukset, joiden taustalla oli hammaslääkärin vähentynyt tarve, vähensivät yli 50 prosenttia alan opettaja- ja tutkijapaikkoja. Peruskoulutuksen loppumisen jälkeen Turun yksikön tuli olla jatko-, täydennys- ja tutkimuslaitos. Sen ongelmaksi on koitunut yliopiston budjettirahoituksen muuttuminen tutkintopohjaiseksi; perustutkintojen poisjäämisen aiheuttama rahoitusongelma on edelleen ratkaisematta ja häiritsee opetus- ja tutkimusvirkojen täyttöä.

Lisäksi hammaslääketieteen tutkimusedellytykset ovat vähentyneet huomattavasti, kun kliininen potilastyö hammaslääketieteen laitoksilla organisoitiin osaksi terveydenhoitojärjestelmää terveyskeskus- tai keskussairaalasolle vuoden 2000 alusta lähtien. Peruskoulutettavia ohjaavat kliiniset opettajat ovat nyt terveyskeskuksen hammaslääkäreitä. Aikaisemmin tästä työstä vastasivat assistentit, jotka tekivät opetustyönsä ohella myös tutkimustyötä. Yhteydet perus- ja erikoistumiskoulutuksen välillä ovat siis vaarassa katketa. Edellä kuvattujen muutosten yhteisvaikutuksena nuorten hammaslääkäritutkijoiden rekrytointi alalle on vaikeutumassa; uusia hammaslääkäreitä valmistuu vuosittain varsin vähän ja tutkijanuran mahdollisuudet ovat epäselvät.

Supistuksista huolimatta hammaslääketieteen tutkimus selviää vielä oman alansa kansainvälisessä vertailussa hyvin ja on eräillä osa-alueilla jopa maailman kärkeä. Helsingin yliopiston kaikkien laitosten arvioinnissa hammaslääketieteen laitos sai 6/7 pistettä. Teollinen yhteistyö on johtanut useisiin tuotteisiin. Kansanterveydelle hampaiden sairauksien nopealla vähenemisellä on ollut suuri merkitys. Nyt hampaiden terveyden suotuisa kehitys on kuitenkin pysähtynyt.

*Suomen Akatemian rooli hammaslääketieteen kehittämisessä*

Kiristyneessä kilpailutilanteessa hammaslääketieteen tutkimukselle osoitettujen määrärahojen taso on viime vuosina ollut melko alhainen. Alalla toimii yksi terveyden tutkimuksen alan kahdeksasta akatemiaprofessorista. Hammaslääketieteellä ei ole omaa tutkijakoulua. Alkuperäinen ajatus hammaslääketieteen tutkijakoulutettavien kuulumisesta paikallisiin lääketieteen tutkijakouluihin ei kuitenkaan ole toiminut kovin hyvin; opetusministeriön tutkijankoulutuspaikoilla on ollut vain muutama hammaslääketieteen jatko-opiskelija. Myöskään tutkimusohjelmat eivät ole tukeneet hammaslääketieteen tutkimusta kuin yksittäisissä tapauksissa.

*Kehittämiskohteet*

Hammaslääketieteen tutkimuksen kehittyminen ja säilyminen saavutetulla kansainvälisellä tasolla edellyttää ilmeisesti erityistoimenpiteitä. Integraatio sairaala- ja terveyskeskusjärjestelmään on tuonut hammaslääketieteen tutkimuksen kilpailutettavan EVO-rahoituksen piiriin. Alaa kohdanneen voimakkaan muutosprosessin onnistumisen edellytyksenä on yhteistyön tiivistäminen kaikkien kolmen laitoksen välillä ja niiden profiloituminen omille vahvuusalueilleen. Toinen vaihtoehto on yksiköiden entistä kiinteämpi integroituminen oman yliopistonsa muihin yksiköihin kriittisen massan saavuttamiseksi niin biotieteiden kuin kansanterveystutkimuksen alalla. Tutkijankoulutuksen organisointi ja hammaslääketieteen tutkijanuran kehitysmahdollisuuksien selvittäminen odottavat niin ikään edelleen ratkaisuaan. Samassa yhteydessä tulisi tulevaisuuden hammaslääkäritarvetta harkita uudelleen, jottei maattamme uhkaa hammaslääkäripula vuosikymmenen lopulla. Suomen Akatemian tulisi koordinoida kartoitus hammaslääketieteellisen tutkijankoulutuksen ja tutkimusedellytysten tilasta. Vastaavanlainen kartoitus toteutettiin hiljattain Ruotsissa, jossa hammaslääketieteellinen tutkimus on samankaltaisessa kriisissä resurssileikkausten vuoksi.

## 2.5 Eläinlääketiede

*Muutokset toimintaympäristössä*

Eläinlääketieteellisen korkeakoulun liittäminen Helsingin yliopiston tiedekunnaksi vuonna 1995 on selvästi parantanut alan tutkimusedellytyksiä. Tähän on muun muassa vaikuttanut yliopiston yleiset tutkimuksen tukijärjestelmät ja tutkimuspainotteisuus sekä entisestään kasvava yhteistyö yli tiedekuntarajojen. Liittäminen on myös aktivoinut tiedekunnan tutkijoita, ja myötävaikuttanut tutkimusstrategioiden terävöittämiseen ja tutkimusryhmien optimaalisempaan järjestäytymiseen. Yliopistossa on ryhdytty valmistelemaan tiedekunnan siirtymistä Viikin kampusalueelle, mikä parantaa edelleen huomattavasti alan tutkimusedellytyksiä.

*Suomen Akatemian rooli eläinlääketieteen kehittämisessä*

Suomen Akatemian terveyden tutkimuksen toimikunnan ja tiedekunnan välinen eläinlääketieteellisen tutkimuksen kehittämissuunnitelma vuosille 1998–2003 laadittiin syksyllä 1997. Suunnitelmaan sitoutui myös Helsingin yliopisto emo-organisaationa sekä Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos (EELA). Terveyden tutkimuksen toimikunta



on suunnitelman mukaisesti tukenut eläinlääketieteen tutkijankoulutusta osoittamalla alalle tutkijankoulutuspaikkoja, tukemalla ulkomaista tutkijankoulutusta väitöksen jälkeen sekä rahoittamalla tutkijankoulutuskursseja eläinlääketieteen tutkijankoulutusohjelman puitteissa. Kehittämissuunnitelmassa painotetaan erityisesti kanssakäymisen ja yhteistyön tiivistämistä Helsingin yliopiston lääketieteellisen, matemaattisluonnontieteellisen ja maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan sekä Biotekniikan instituutin kanssa.

#### *Keskeiset kehittämiskohteet*

Eläinlääketieteellisen tutkimuksen keskeiset kehittämiskohteet ovat tutkijankoulutuksen tehostaminen edelleen, tutkimuksen strategisten tavoitteiden määrittely, raja- ja priorisointi sekä tutkimusryhmien ja -hankkeiden koon kasvattaminen ja niiden koordinaation parantaminen. Näitä kehitetään tiivistämällä yhteistyötä ensisijaisesti kehittämissuunnitelmassa mainittujen laitosten ja niiden tutkijakoulujen kanssa. Tiedekunta pyrkii myös kehittämään yhteistä virkajärjestelmää sekä yhteistyötä laiteinvestoinneissa EELA:n kanssa. Tiedekunnassa valmistellaan perusopetuksen muuttamista vuonna 2001 ottamalla käyttöön opetusmenetelmiä, joiden toivotaan myös edesauttavan perusopiskelijoiden kiinnostusta tutkimustyöhön.

## 2.6 Farmasia

#### *Muutokset toimintaympäristössä*

Farmasia on lääkkeenvalmistustaidosta ja sen jatkuvasta kehittämisestä vastuussa oleva tieteenala, jolla historiallisesti on kiinteä yhteys apteekkialaan. Uusille lääkkeille asetettavien tehoa, turvallisuutta, laatua ja taloudellisuutta koskevien vaatimusten kasvaessa, farmasian tutkimuskenttä on selvästi laajentunut, ja tulee entisestään laajenemaan genomitutkimuksen tuoman uuden tiedon myötä. Alan tutkijoita tarvitaan läpi koko uuden lääkkeen kehittämisketjun, joka lähtee uuden lääkeainemolekyylin keksimisestä jatkuen sen tehon ja turvallisuuden osoittamiseen siirtyen sitten tarkoituksenmukaisen lääkemuodon kehittämiseen ja sen teollisessa mittakaavassa tapahtuvaan tuotantoon unohtamatta lääkehoitoon liittyviä kansantaloudellisiakaan kysymyksiä.

Kehitys koko lääketutkimuksen alueella, myös sen traditionaalisilla farmaseuttisilla alueilla, on koko 1990-luvun lopun ollut voimakasta. Tutkimuksen edellytykset kummassakin farmasian yliopistoyksikössä, Helsingin ja Kuopion yliopistoissa, ovat parantuneet. Helsingissä tähän on vaikuttanut farmasian laitoksen siirtyminen uusiin tiloihin Viikin biokeskukseen. Uusien tilojen lisäksi on saatu myös uusia tutkimuslaitteita ja päästy yhteistyöhön biokeskuksen muiden yksikköjen kanssa. Uusimpana panostuksena on ollut päätös käyttää Yliopiston Apteekin tuottoa farmasian tutkimuksen tukemiseen. Kuopion yliopisto on jatkanut tutkimukseen saamaansa lisärahoituksen suuntaamista farmasiaan. Tekesin kautta tullut rahoitus lääketutkimushankkeisiin on säilynyt vakaalla tasolla. Kumpikin yliopisto on menestynyt myös kilpailussa EU:n tutkimusrahoituksesta farmasian alalla.



*Suomen Akatemian rooli farmasian tutkimuksen kehittämisessä*

Suomen Akatemian farmasian tutkimukseen myöntämä rahoitus on perinteisesti ollut – osin alan soveltavan luonteen vuoksi – melko vähäinen. Viime vuosina farmasian perustutkimuksen hankkeiden taso on kuitenkin ollut nousussa ja terveyden tutkimuksen toimikunnan farmasian alalle myöntämä rahoitus on noussut huomattavasti. Merkittävä lisäresurssi lääketutkimukselle on ollut valtakunnallinen farmasian tutkijakoulu, jonka toimintaa terveyden tutkimuksen toimikunta on tukenut tutkijankoulutuspaikoin ja kurssimäärärahoihin.

*Keskeiset kehittämiskohteet*

Ongelmana farmasian koulutusyksiköissä on ollut se, ettei työvoimatarpeen tyydyttämiseksi toteutettua opiskelijamäärien merkitsevää lisäämistä ole huomioitu alan perusrahoituksessa. Tämän vuoksi yksiköiden infrastruktuuri ei pysty tukemaan uusien tutkimushankkeiden suunnittelua ja käynnistämistä. Positiivista kehitystä alalla on se, että lääketutkimusta tehdään Suomessa tällä hetkellä paljon myös pienissä lääkealan tutkimus- ja kehitysyrityksissä, joita on syntynyt erityisesti Turussa, mutta myös Kuopiossa ja pääkaupunkiseudulla. Yritysten toimesta on syntynyt yhteistyöelimeksi lääkeklusteri, johon ovat tulleet mukaan myös suuret kotimaiset lääketehaat ja yliopistojen lääketutkimusyksiköt. Koska lääkealan tutkimus- ja kehitysyritykset tällä hetkellä keskittyvät ennen kaikkea uusien lääke- ja kohdemolekyylien etsimiseen sekä lääkeainemetabolian selvittämiseen, näyttää itse lääkevalmisteen tutkiminen ja kehittäminen, joka on tyypillisin farmasian osaamisalue, muodostuvan heikoimmaksi lenkiksi uuden lääkkeen kehitysketjussa. Farmasian yliopistoyksikköjen tulisi ottaa tämä erityisesti huomioon tutkimuksen painopistealoista päätettäessä. Huomiota tulisi myös kiinnittää uudentyyppisten lääkeaineiden tuomiin erityishaasteisiin sekä sosiaalifarmasiaan liittyviin kysymyksiin. Valmisteluvaiheessa oleva Tekesin Lääke 2000 -teknologiaohjelma, johon Suomen Akatemiakin osallistuu, tuonee alalle toivottua lisäpanostusta.

## 2.7 Liikuntatiede

*Muutokset toimintaympäristössä*

Opetusministeriön suora tuki liikuntatieteelliselle tutkimukselle on 1990-luvun loppupuoliskolla jatkunut vuositasolla 18–20 miljoonassa markassa. Tästä hankemäärärahojen osuus on ollut noin kolmasosa ja toiminta-avustukset liikuntatieteen tutkimuskeskuksille 46 prosenttia. Hankemäärärahoista biolääketieteellisen tutkimuksen osuus on ollut noin 60 prosenttia ja yhteiskunta- ja käyttäytymistieteellisen tutkimuksen osuus noin 40 prosenttia. 1990-luvun kuluessa biolääketieteellisen tutkimuksen rahoitusosuus on supistunut noin kymmenellä prosenttiyksiköllä. Liikuntatieteen rahoitus ei ole kasvanut samassa suhteessa kuin tutkimusmäärärahat yleensä. Yhteiskunta- ja käyttäytymistieteellinen tutkimus sekä Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU on arvioitu viime vuosina. Arviointien mukaan monitieteisiä tutkimusyksiköitä on riittävästi (Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES, KIHU, UKK-instituutti) ja ne tarjoavat hyvän työskentelyympäristön. Kuitenkin monitieteinen tutkijakunta toimii paljolti hajallaan ja yksiköiden keskinäiset yhteydet samoin kuin yhteydet perustieteisiin ovat osin kehittymättömiä. Kansainväliset yhteydet ja kansainvälinen julkaisutoiminta ovat lisääntyneet.

*Suomen Akatemian rooli liikuntatieteen tutkimuksen kehittämisessä*

Valtion liikuntaneuvoston liikuntatieteellisen jaoston rooli alan tutkimuksen tukemisessa on selvästi keskeisempi kuin Suomen Akatemian. Jaoston kannanoton mukaan liikuntatieteellisen perustutkimuksen tukemisen päävastuun tulisi olla Suomen Akatemialla ja yliopistoilla, kun taas opetusministeriön erityisrahoitus tulisi suunnata soveltavaan ja sektoritutkimukseen. Selvää muutosta tähän suuntaan ei kuitenkaan ole tapahtunut. Liikuntatieteen biologisen perustutkimuksen siirtäminen terveyden tutkimuksen toimikunnan rahoituksen piiriin ei pystyne takaamaan nykyistä rahoitustasoa. Valtakunnallisen tuki- ja liikuntaelimistön sairauksien tutkijakoulun (TULES) opetusministeriöltä ja Akatemialta saama tuki on edesauttanut liikuntatieteen tutkijoiden verkottumista ja liittymistä muuhun tuki- ja liikuntaelimistön tutkimuskenttään.

*Keskeiset kehittämiskohteet*

Liikuntatieteen perustutkimuksen rahoituksen painopisteen siirtyminen Akatemialle ja yliopistoille olisi omiaan nostamaan tutkimuksen tasoa, sillä kilpailu terveyden tutkimuksen toimikunnan määrärahoista on kovaa. Suunnitteluvaiheessa oleva Terveyden edistämisen tutkimusohjelma voi osaltaan tukea tätä kehitystä.

Tutkimusyksiköiden keskinäistä yhteistyötä samoin kuin niiden yhteistyötä yliopistojen kanssa tulee kehittää. Kiinnostusta liikuntatieteen ongelmiin pitäisi syntyä myös perustieteiden piiristä. Monitieteisten tutkimusyksiköiden tiedeperustaa ja tutkimusstrategioita tulee kehittää tasapainoiseksi. Liikuntatieteellisen tutkimuksen biolääketiedettä edustavan alan arviointi toteutetaan vuosina 2000–2001, mistä on odotettavissa tulevaisuutta varten kehittämissideoita.

Opetusministeriön tutkimusmäärärahoissa tulee pyrkiä pois apurahakäytännöstä, joka johtaa pirstaleiseen tutkimusrahoitukseen ja heikentää tutkijoiden sosiaaliturvaa.

## 2.8 Ravitsemustiede

*Muutokset toimintaympäristössä*

Ravitsemustieteellinen tutkimus kohdistuu ravinnon ja terveyden välisten yhteyksien selvittämiseen ja käsittää niin ravitsemusepidemiologista, kliinistä kuin kokeellistakin tutkimusta. Suomessa erityinen vahvuusalue on ravitsemusepidemiologia. Ravitsemustutkimus painottuu keskeisiin kansanterveydellisiin ongelmiin kuten lihavuuteen, diabetekseen, sydän- ja verisuonitauteihin ja syöpään. Panostus sydän- ja verisuonitautien ravitsemustieteelliseen tutkimiseen on johtanut myös teollisiin innovaatioihin kuten kasvisterolilla rikastettuun margariiniin.

Ravitsemustieteen pääaineopetusta annetaan Helsingin ja Kuopion yliopistoissa. Muut alan merkittävimmät tutkimustahot ovat Kansanterveyslaitos, Turun ja Tampereen yliopistot sekä Työterveyslaitos. Myös uudet koulutusohjelmat ovat merkinä alan muuttuvista koulutus- ja tutkimustarpeista. Kuopion ja Turun yliopistoissa on

vuosina 1999–2000 käynnistynyt uusia monitieteisiä koulutusohjelmia, joissa ravitsemustiede tai siihen läheisesti liittyvä tutkimus tulee edustetuksi. Alalla ei ole omaa tutkijakoulua, vaan tutkijankoulutus tapahtuu monialaisten tutkijakoulujen puitteissa.

#### *Suomen Akatemian rooli ravitsemustieteellisen tutkimuksen kehittämisessä*

Suomen Akatemian rahoitus ravitsemustieteelliseen tutkimukseen on määrällisesti vähäistä, mutta tärkeää. Ravitsemustutkimukseen läheisesti liittyvä elintarviketieteellinen tutkimus kuuluu Suomen Akatemian ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunnan vastuualueeseen. Ravitsemustieteellisen tutkimuksen erottaminen elintarviketieteellisestä tutkimuksesta voi kuitenkin aiheuttaa sen, että rahoitus eri toimikuntien välillä ei välttämättä kohdistu parhaalla mahdollisella tavalla. Tekesin ja EU:n tutkimustulosten hyödyntämiseen panostava rahoitus elintarviketieteelle on lisännyt alan tutkimusedellytyksiä ja kansainvälistä yhteistyötä. Tekes panostaa tuotekehitystä lähellä oleviin hankkeisiin Uudistuva elintarvike -ohjelmallaan, joka on täydentänyt elintarviketeollisuuden vähentynyttä tutkimuspanostusta.

#### *Keskeiset kehittämiskohteet*

Ravinnon terveysvaikutusten tutkiminen edellyttää ravitsemustieteen ja elintarviketieteiden ohella yhä enemmän monitieteistä lähestymistä. Elintarvikkeiden terveysvaikutusten tutkiminen on luonut uutta yhteistyötä myös muiden tieteenalojen kuten lääketieteen ja farmasian kanssa. Elintarvikkeiden turvallisuus on nousemassa tärkeäksi tutkimuskentäksi elintarvike- ja ravitsemustieteissä. Lainsäädäntö vaatii uusilta terveysvaikutteisilta elintarvikkeilta muun muassa klinisiä ravitsemustutkimuksia, mikä asettaa haasteen elintarviketeollisuuden ja muiden tutkimusta tekevien tahojen yhteistyölle. Ravitsemustieteen kehittämisvisiona voidaan nähdä kansanterveydellisesti merkittävien terveysongelmien ratkaiseminen monitieteisen tutkimuksen avulla. Käynnissä olevat Akatemian tutkimusohjelmat eivät kohdistu ravitsemustieteeseen. Tarve suunnattuun rahoitukseen terveyden tutkimuksen toimikunnan sekä ympäristön ja luonnonvarojen toimikunnan yhteistoimin on ilmeinen.

## 2.9 Hoitotiede

#### *Muutokset toimintaympäristössä*

Hoitotiede on vakiinnuttanut asemansa itsenäisenä tieteenalana Kuopion, Oulun, Tampereen ja Turun yliopistoissa sekä Åbo Akademiassa, joissa kaikissa on sekä alan maisterin- että tohtorinkoulutusta. Hoitotieteen koulutusyksiköissä on ollut ongelmana maisterinkoulutuksen opiskelijamäärien lisääminen kysynnän vuoksi ilman, että perusrahoitus on seurannut mukana tässä kehityksessä. Hoitotiede on yksi niukimmin resursoituista tieteenaloista yliopistobudjeteissa. Tutkimuksen kehittämistä hidastavat osaltaan laitosten opetuspainotteinen virkarakenne, maisterinkoulutuksen uudistamispaineeet ja myöhään alkava tutkijanura. Valtaosa koulutusta antavista yliopistoista edellyttää terveystieteiden maisterin koulutusohjelmaan hakevilta terveydenhuollon opistoasteen erikoistutkintoa, terveydenhuollon peruslinjan opistoasteen tutkintoa tai soveltuvaa sosiaali- ja terveysalan ammattikorkeakoulututkintoa. Alan keskeisenä ta-

voitteena 1990-luvulla on ollut systemaattinen tutkimusohjelmien ja tohtorinkoulutuksen kehittäminen. Yksiköt ovat profiloituneet tutkimuksen sisältöjen osalta, minkä vuoksi suomalainen hoitotieteen tutkimus on varsin laaja-alaista. Kaikilla laitoksilla on aktiivista kansainvälistä yhteistyötä painoalueillaan.

#### *Suomen Akatemian rooli hoitotieteen tutkimuksen kehittämisessä*

Hoitotieteen koulutusyksikköjen järjestelmällinen yhteistyö tohtorinkoulutuksessa alkoi vuonna 1988. Vuonna 1995 perustettu hoitotieteen valtakunnallinen tutkijakoulu on toiminut tärkeänä yhteistyöelimenä hoitotieteen tutkijankoulutuksessa. Tutkijakoulussa on sekä opetusministeriön että Suomen Akatemian rahoittamia koulutuspaikkoja. Terveystieteiden tutkimuksen toimikunta on tukenut tutkijakoulun kurssitoimintaa. Kehitys hoitotieteen tutkimuksessa onkin ollut voimakasta: vuosina 1997–1999 alalta valmistui 42 väitöskirjaa. Tutkimuksissa on nähtävissä aiempaa teoreettisempi ja metodisesti vahvempi ote. Lisäksi kansainvälinen julkaisutoiminta on lisääntynyt.

#### *Keskeiset kehittämiskohteet*

Hoitotieteen tutkimuksen kehittämisen pääpaino on tutkimuksen ja tutkijankoulutuksen lisäresurssoinnin suunnalla. Tohtorikoulutuksen kehittäminen edelleen ja vahvistaminen ei voi tapahtua nykyisin opettajavoimin. Senioritutkijoiden tutkimusmahdollisuuksien edistäminen olisi yksi ratkaisu tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Lähtitulevaisuudessa tulee ajankohtaiseksi myös hoitotieteen tutkimuksen arvioinnin toteuttaminen.

## 2.10 Ympäristöterveys

Ympäristöterveys on tunnustettu merkittäväksi tekijäksi, joka tulee ottaa huomioon edistettäessä tuotantoelämää ja taloutta kestävästi kehityksen periaatteiden mukaisesti. Tästä on esimerkkinä EU:n viidennen puiteohjelman 'Elämänlaatu ja luonnonvarojen hallinta' -ohjelman avaintoiminto 'ympäristö ja terveys'. Myös Maailman terveysjärjestö (WHO) on kiinnittänyt ympäristöterveyteen lisääntyvää huomiota. Keskeisiä tutkimuksen haasteita ovat yhdyskuntailman pienhiukkasten, otsonin, typpioksidin, sisäilmaongelmien ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat terveyshaitat ja niiden ehkäisy, sekä mikrobiologisesti ja kemiallisesti turvallisen ruoan ja juomaveden varmistaminen. Suomalaisen ympäristöterveyden tutkimuksen hyvää kansainvälistä tasoa kuvaava menestys kilpailussa EU:n tutkimusrahoituksesta.

#### *Suomen Akatemian rooli ympäristöterveyden tutkimuksen kehittämisessä*

Suomen Akatemian Ympäristöterveyden tutkimusohjelman, SYTTY:n, käynnistäminen vuosiksi 1998–2001 oli tärkeä ympäristöterveyden tutkimusta edistävä toimenpide. Ohjelma toteutui eri rahoittajatahojen yhteistyönä: 48 miljoonan markan kokonaisrahoituksesta kaksi kolmasosaa on Akatemiasta ja yksi kolmasosa Tekesistä, Työsuojelurahastosta sekä eri ministeriöistä. Ohjelma on koostunut yhteen yli 200 monia tieteenaloja edustavaa tutkijaa kaikkiaan 14 yliopistosta tai tutkimuslaitoksesta. Projekteissa on mukana 60 tutkijakoulutettavaa.

SYTTY-ohjelman tavoitteena on kehittää menetelmiä ympäristöterveyden edistämiseksi, edistää monitieteisyyttä ja tutkijaryhmien välistä yhteistyötä alan tutkimuksessa, edistää tutkijankoulutusta ja kohottaa tutkimuksen tasoa. Hankkeet tarjoavat vastauksia keskeisiin tutkimushaasteisiin, kuten sisäilmaston, ympäristökemikaalien, juomaveden ja ruuan sekä yhdyskuntailman ja pienhiukkasten terveysvaikutuksiin. Ohjelman tavoitteiden toteutuminen arvioidaan sen päätyttyä vuonna 2001. Jo ohjelman käynnissä ollessa voidaan todeta, että monet ohjelman tavoitteista on saavutettu, mutta ohjelman vaikuttavuutta ympäristöterveyden edistämisen kannalta on mahdollista arvioida vasta pidemmän ajan kuluttua.

#### *Keskeiset kehittämiskohteet*

Ympäristöterveyden tutkimus on edelleen yksi kansanterveystutkimuksen painoaloista, jolla on lisääntyvässä määrin merkitystä myös kansainvälisessä kilpailussa. SYTTY-tutkimusohjelman luoman uuden tutkimuspotentiaalin kehittymisedellytykset tulee turvata riittävällä rahoituksella. Ympäristöterveyden tutkimus on keskittynyt melko voimakkaasti valtion tutkimuslaitoksiin. Pohjaa tulisi laajentaa siten, että ainakin jollain yliopistoilla olisi vahva ympäristöterveyden tutkimus- ja opetusohjelma. Ne painottuisivat enemmän emotieteiden perustutkimukseen, jolloin tutkimuslaitokset voisivat keskittyä sektoritutkimukseen. Tutkimuslaitosten ja yliopistojen yhteistyötä voitaisiin tehostaa mm. perustamalla yhteisprofessuureja. Tutkijankoulutuksen tulisi olla yliopistojen päävastuulla; nykyisin huomattava osa koulutuksesta tapahtuu valtion tutkimuslaitoksissa. Perusteiltaan monitieteisellä tutkimusalalla yhteistyöedellytysten edistäminen ja tehokas verkottuminen ovat jatkuva haaste.

### 2.11 Logopedia

Logopedia on pieni ja melko niukasti resursoitu tieteenala, jolla on yhtymäkohtia sekä terveyden tutkimukseen että kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimukseen. Terveyden tutkimuksen toimikunta ei ole tukenut logopedian tutkimusta, koska alan hakemukset on suunnattu ja rahoitettu kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnan kautta. Näin ollen alan tutkijoiden toive logopedian siirtämisestä viimeksimainitun toimikunnan alaisuuteen tulisi ottaa harkittavaksi.

## 3 Horisontaalinen tarkastelu

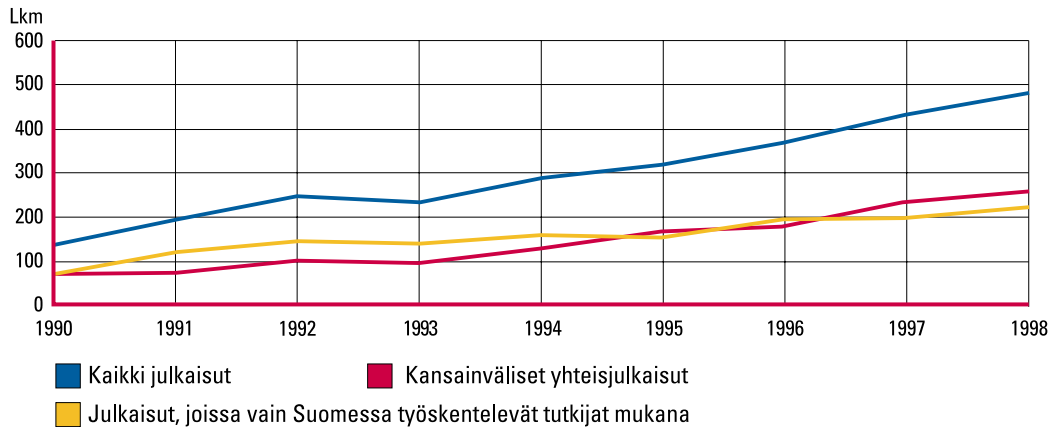
### 3.1 Kansainvälistyminen

#### 3.1.1 Julkaisutoiminta

Terveyden tutkimusta luonnehtii suuri tohtorien määrä, väitöksen jälkeen usein seuraava ulkomainen tutkijatohtorivaihe, vilkas julkaisutoiminta ja aktiivinen osallistuminen kansainvälisiin kokouksiin. Vaikka kansainvälistymisellä on alalla jo pitkät perinteet, on kehitys edelleen jatkunut voimakkaan nousujohteisesti. Koska valtaenemistö terveyden tutkimuksen alan tutkimuksista raportoidaan kansainvälisissä julkaisusarjoissa, on ala yliedustettuna julkaisuaktiivisuutta kuvaavissa tilastoissa.

Varsin käyttökelpoinen kansainvälistymisen mittari terveyden tutkimuksen alalla on kansainvälisessä yhteistyössä julkaistujen tutkimusraporttien määrän kehitys. Kuviossa 1 esitetään, miten suomalaistutkijoiden julkaisuaktiiviteetti lääketieteen eri tutkimusalojen huippusarjoissa on kehittynyt 1990-luvulla. Tarkasteluun valitut julkaisusarjat on lueteltu liitteessä 1.

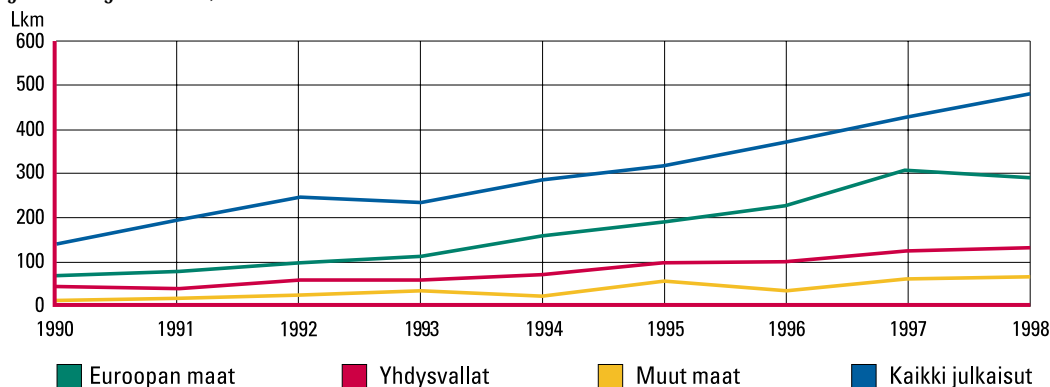
■ Kuvio 1. Suomalaisten kansainvälisissä huippusarjoissa ilmestyneet yhteisjulkaisut vuosina 1990–1998 (julkaisujen lkm).



Lähde: Institute for Scientific Information, SciSearch-tietokanta.

Kuviosta 2 näkyy, että suomalaisten lääketieteen tutkijoiden eri alojen huippusarjoissa julkaisemien artikkeleiden määrä oli vuonna 1998 yli 3,5 kertaa suurempi kuin vuonna 1990. Samalla tarkasteluvälillä suomalaistutkijoiden eurooppalaisten tutkimusryhmien kanssa tehtyjen yhteisjulkaisujen määrä on lähes viisinkertaistunut ja yhdysvaltalaisien ryhmien kanssa tehtyjen yhteisjulkaisujen määrä yli kolminkertaistunut. Liitteessä 2 on esitetty tärkeimmät yhteistyömaat ja yhteisjulkaisujen määrä vuosina 1990–1998.

■ Kuvio 2. Suomalaisten kansainvälinen julkaisuyhteistyö vuosina 1990–1998 (julkaisujen lkm).



Lähde: Institute for Scientific Information, SciSearch-tietokanta.

### 3.1.2 Ulkomainen tutkijankoulutus

Terveyden tutkimuksen alalla ulkomaisella tutkijatohtorikoulutuksella on pitkät perinteet. Tämä käytäntö on kiitettävästi jatkunut, kuten toimikunnan rahoittaman ulkomaisen tutkijatohtorikoulutuksen ja muun tutkijanvaihdon kehittyminen osoittaa. Myös lukuisat säätiöt ja ulkomaiset rahoittajat tukevat ulkomaista tutkijankoulutusta erityisesti tutkijatohtorivaiheessa. Vuonna 1999 terveyden tutkimuksen toimikunta tuki 60 väitelleen tutkijan ulkomaista koulutusta osarahoitusperiaatteella. Lähes puolet eli 28 rahoitustaista oli naisia. Valtaosa ulkomaiseen tutkijankoulutukseen hakeutuneista tohtoreista edusti biolääketiedettä (65 %) ja kliinistä tutkimusta (26 %). Tärkein Akatemian tukemien tutkijatohtoreiden kohdemaana oli edelleen Yhdysvallat (62 %), jota seurasivat Iso-Britannia (11 %), Kanada (6 %), Ranska (5 %) ja Australia (5 %). Suomen Akatemia on myös tukenut ulkomaisessa tutkijankoulutuksessa olleiden tutkijoiden paluuta kotimaahan.

### 3.1.3 Osallistuminen kansainvälisten organisaatioiden toimintaan

European Molecular Biology Laboratory (EMBL) on yhteiseurooppalainen molekyylibiologian ja siihen liittyvien muiden biotieteiden alan tutkimuslaitos, jonka rahoitukseen Suomi osallistuu terveyden tutkimuksen toimikunnan kautta. EMBL:llä on suuri merkitys eurooppalaiselle solu- ja molekyylibiologian alan tutkimukselle niin uusien teknologioiden kehittämisessä, tietotaidon levittämisessä kuin erikoispalveluiden tarjoamisessa tutkimusasemiensa kautta. Suomi osallistuu näkyvästi EMBL:n ja European Molecular Biology Conference'n (EMBC) toimintojen kehittämiseen ja laajentamiseen.

Euroopan tiedesäätiön (ESF) ja sen lääketieteellisen pysyvän komitean (EMRC) tehtävänä on perustutkimuksen kehityspiirteiden tunnistaminen, tutkimuslinjausten kehittäminen, uusien tutkimussuuntien synnyttäminen, tutkimusedellytysten edistäminen ja tiedepoliittisten päätöksentekijöiden neuvonta. EMRC toimii tieteidenvälisyyden edistämiseksi biolääketieteen ja kliinisen lääketieteen tutkijoiden välillä eurooppalaisen tiedestrategian kehittämiseksi ja yhteistyön aikaansaamiseksi. Toimintamuotoja ovat tieteelliset tutkimusohjelmat, strategiset ja tutkivat työpajat, verkostot ja tieteelliset konferenssit. Toimikunta on osallistunut kolmeen ESF/EMRC:n tieteelli-

seen ohjelmaan: Environment and Health, Immunogenetics of Allergy ja Social Variations in Health Expectancy in Europe.

Terveyden tutkimuksen toimikunta osallistuu NOS-M:n eli pohjoismaisten lääketieteellisten toimikuntien yhteistyöelimen (Nordiska samarbetsnämnden för medicinsk forskning) työskentelyyn. (Nordisk Forskerutdanningsakademi / NorFA) käyttää NOS-M:n asiantuntemusta lääketieteen alueen pohjoismaisten tutkijankoulutuskurssien arvioinnissa.

Terveyden tutkimuksen toimikunta on syksystä 1998 lähtien osallistunut puheenjohtajansa kautta EU:n tieteellistä ja teknistä yhteistyötä tukevien COST-hankkeiden organisointiin ja valintaan terveystieteiden alueella.

Suomen Akatemia on toiminut EU:n neljänteen puiteohjelmaan kuuluneen BIOMED2-ohjelman ja EU:n viidennen puiteohjelman Elämänlaatu ja luonnonvarojen hallinta-ohjelman kansallisena vastuutahona.

### 3.1.4 Ulkomaiset tutkijat suomalaisessa tutkimusjärjestelmässä

Suomi on 1990-luvulla muuttunut entistä houkuttelevammaksi maaksi paitsi ulkomaisille tutkijankoulutettaville myös senioritutkijoille. Terveyden tutkimuksen alan tutkijakouluissa ulkomaalaisten osuus on tällä hetkellä noin 10 prosenttia. Jatkokoulutus annetaan pääsääntöisesti englannin kielellä. Biokeskuksiin ja yliopistoihin on onnistuttu rekrytoimaan ryhmänjohtajia ja professoreita myös Länsi-Euroopasta ja Yhdysvalloista. Akatemian määrärahan saajissa ja tutkijanvirkoihin nimitetyissä on yhä enemmän ulkomaalaisia tutkijoita.

### 3.1.5 Tutkimustyön kansainvälinen rahoitus

EU:n neljännessä puiteohjelmassa BIOMED2-ohjelmassa (1996–1998) oli yhteensä kolme hakukierrosta. Kolmen hakukierroksen yhteistuloksena rahoitettiin yhteensä 591 hanketta (17 %) kaikista komissioon jätetyistä hanke-ehdotuksista. Kaikista hanke-ehdotuksista suomalaisia oli hakijoina 16 prosentissa, koordinaattorina neljässä prosentissa. Kaikista rahoitetuista hankkeista suomalaisia oli mukana 24 prosentissa, koordinaattorina neljässä prosentissa.

EU:n viidennessä puiteohjelmassa Elämänlaatu ja luonnonvarojen hallinta -ohjelmassa (1999–2002) oli vuonna 1999 kaksi hakukierrosta. Ohjelmassa rahoitetaan terveyteen, biotekniikkaan ja maa-, kala- ja metsätalouteen liittyvää tutkimusta. Ensimmäisellä hakukierroksella rahoitettiin yhteensä 307 hanketta (17 %) ja toisella hakukierroksella rahoitettavaksi on ehdotettu yhteensä 238 hanketta (14 %), yhteensä 545 hanketta (15 %) kaikista komissioon jätetyistä hanke-ehdotuksista. Kaikista hanke-ehdotuksista suomalaisia oli hakijoina 16 prosentissa ja koordinaattorina kolmessa prosentissa. Vuoden 1999 haun kaikista rahoitetuista/rahoitettavaksi ehdotetuista hankkeista suomalaisia oli mukana 21 prosentissa, koordinaattorina neljässä prosentissa.



## 3.2 Luovat tutkimusympäristöt

Terveyden tutkimuksen alalla luovien tutkimusympäristöjen kehittyminen on selvimmän nähtävissä biokeskusten piirissä. Taustalla on tietoinen valinta suomalaisen innovaatiojärjestelmän kehittämiseksi. Määrärahojen kohdentaminen biolääketieteelliseen perustutkimukseen on olennaisesti parantanut näiden poikkitieteisten tutkimus- ja jatkokoulutusyksiköiden kehittymistä lääketieteellisten tiedekuntien toimintaympäristöön. Kehitystä vauhditti merkittävästi vuonna 1996 toteutettu molekyylibiologian ja biotekniikan kansainvälinen arviointi, opetusministeriön asettaman arvioinnin seurantaryhmän suositukset ja yliopistoille suunnatun biotekniikan erityisrahoituksen jatkuminen. Monet Suomen Akatemian tutkimusohjelmat ja biokeskuksille osoitettu erityistuki – kuten esimerkiksi laiterahoitus ja muuntogeenisten eläinten tutkimuskäytön tukeminen – ovat myös parantaneet tutkimusedellytyksiä. Biokeskukset ja niiden keskuspalveluyksiköt ovat saaneet myös paikallista rahoitusta. Biokeskusten syntymisen myötä raja-aidat kliinisen tutkimuksen ja sektori-tutkimuslaitosten suuntaan ovat entisestään madaltuneet. Yhteistyö lääketieteellisen ja luonnontieteellisen perustutkimuksen välillä on muuttunut entistä saumattommaksi.

Biokeskusympäristöön on luontevasti liittynyt myös monet terveyden tutkimuksen ja luonnontieteen alan tutkijakoulut, joiden välinen tehokas kommunikaatiojärjestelmä on verkottanut lähes kaikki alan tutkijat Suomessa.

Terveyden tutkimuksen toimikunta on tukenut biokeskusten verkottumista, joka osaltaan on edesauttanut niin tutkijankoulutusta kuin keskusten profiloitumista omille erityisosaamisalueilleen sekä niiden yhteistyön vahvistumista erityisesti uusien vaativien teknologioiden perustamisvaiheessa.

Luovina tutkimusympäristöinä voidaan niin ikään pitää terveyden tutkimuksen alalla toimivia valtion tutkimuslaitoksia, joiden tutkimus usein kohdistuu kansanterveyden eri osa-alueille ja edustaa systemaattista ja pitkäjänteistä panostusta alan tutkimukseen. Eräillä terveyden tutkimuksen aloilla luovat tutkijaympäristöt muistuttavat enemmänkin luovia tutkimusyhteisöjä kuin fyysisiä ympäristöjä. Näillä aloilla tutkijakoulut ja tutkimusohjelmat ovat lisänneet verkottumista ja edesauttaneet yhteisöjen muodostumista.

### 3.2.1 Huippuyksiköt

Terveyden tutkimuksen alaan kuuluvat uudet tutkimuksen huippuyksiköt on lueteltu taulukossa 5. Vuosiksi 2000–2005 huippuyksikkötehtävän saaneista 26 yksiköstä kahdeksalla on yhteys terveyden tutkimukseen. Näistä kuusi toimii biokeskusympäristössä. Uuden huippuyksikköohjelman mukainen huippuyksikön määritelmä muutti biokeskusten asemaa merkittävästi. Uusien yksiköiden nimittämisen yhteydessä kaikki entiset laajat sateenvarjotyypiset biokeskukset menettivät huippuyksikköstatuksensa, jonka perivät kovan kilpailun jälkeen yksittäiset tutkimusryhmät tai -konsortiot. Biokeskustasolla muutosta ei koettu yksinomaan parannuksena, sillä se merkitsi pudotusta keskusten määrärahoissa.

■ **Taulukko 5. Terveyden tutkimuksen alaan kokonaan tai osittain liittyvät tutkimuksen huippuyksiköt vuosina 2000–2005.\***

Tutkimuksen huippuyksikkö, huippuyksikön johtaja ja suorituspaikka
Helsingin bioenergetiikan tutkimusryhmä Akatemiaprofessori Märten Wikström Helsingin yliopisto
Kollageenitutkimusyksikkö Akatemiaprofessori Kari Kivirikko Oulun yliopisto
Kylmälaboratorio Professori Mikko Paalanen Teknillinen korkeakoulu
Molekulaarisen neurobiologian ohjelma Professori Heikki Rauvala Helsingin yliopisto
Ohjatun kudosten uusiutumisen sekä lääke-, hammaslääke- ja eläinlääketieteellisten biomateriaalien tutkimusryhmä Akatemiaprofessori Pertti Törmälä Tampereen teknillinen korkeakoulu, Helsingin yliopisto
Soluliikenne Akatemiaprofessori Sirpa Jalkanen BioCity Turku
Syöväen biologian tutkimusohjelma Akatemiaprofessori Kari Alitalo Helsingin yliopisto
Tautigeenien tutkimusyksikkö Professori Leena Peltonen-Palotie Kansanterveyslaitos, Helsingin yliopisto, Folkhälsan

\* Vuonna 1998 tehdyt päätökset uusista tutkimuksen huippuyksiköistä.

Vaikkei vuonna 1999 toimintansa lopettaneita huippuyksiköitä ole systemaattisesti arvioitu, on niiden muissa arvioinneissa saamat kiittävät lausunnot vahva osoitus menestyksestä. Huippuyksiköiden vahvuuksina on lueteltu mm. poikkitieteisyys, kriittisen massan saavuttaminen laajemmalla alueella sekä hyvin organisoitu tutkijankoulutus. Uusista tutkimusalaltaan suppeammista huippuyksiköistä toivotaan muodostuvan koko ympäröivän tiedeyhteisön vetureita. Uusien 1.1.2000 aloittaneiden huippuyksiköiden toiminnasta ei vielä voi tehdä johtopäätöksiä.

### 3.2.2 Tutkimusohjelmat

Terveyden tutkimuksen alan tutkimusohjelmat painottuvat kahdelle päälinjalle. Toisen osan muodostavat biolääketieteen alan ohjelmat, joista monien juuret juontavat vuonna 1996 toteutettuun molekyylibiologian ja biotekniikan kansainväliseen arviointiin ja sen seurantaryhmän suosituksiin. Tältä pohjalta syntyneet Geenitutkimuksen ohjelman

jatko 1997–2000, Molekyyliepidemiologian ja molekyyli evoluution tutkimusohjelma 1997–1999, Solubiologian tutkimusohjelma 1998–2001, Rakennebiologian tutkimusohjelma 2000–2002 ja alkamassa oleva Biologisten funktioiden tutkimusohjelma Life 2000 vuosille 2001–2003 muodostavat jatkumon, jossa Akatemia on johdonmukaisella tutkimusohjelmapolitiikalla suunnannut tutkimusta uusille alueille ja tarjonnut tutkijoille mahdollisuuden pitkäaikaiseen tutkimusrahoitukseen. Ohjelmat on toteutettu yhdessä Tekesin kanssa yhteistyön saadessa aiempaa moninaisempia muotoja. Edellä mainittujen tutkimusohjelmien ohella on Materiaali- ja rakennetutkimuksen ohjelmaan (MATRA) kuulunut hankkeita, jotka edustavat terveyden tutkimuksen alaa.

Toisen osan terveyden tutkimuksen alan tutkimusohjelmista muodostavat kansanterveystutkimukseen painottuvat ohjelmat: Väestöryhmien väliset terveys ja muut hyvinvointierot 1998–2000, Ympäristöterveys 1998–2001 ja Ikääntymisen tutkimusohjelma 2000–2003. Ohjelmat on suunniteltu ja toteutettu yhteistyössä lukuisten ulkopuolisten rahoittajatahojen kanssa. Lisäksi terveyden tutkimuksen alan hankkeita on rahoitettu Tiedon tutkimusohjelmasta (TIETO) vuosina 1996–1998. Kansanterveystutkimuksen alalla ei tutkimusohjelmista ole muodostunut yhtä luontevaa jatkumoa kuin biolääketieteen alueella. Kolmivuotisia tutkimusohjelmia pidetään tutkimusalan luonteen vuoksi liian lyhyinä, tutkimusohjelmien päättyminen jo aineistojen keräämisvaiheessa ennen niiden lopullista analysointia ja tulosten sekä opinnäytetöiden valmistumista uhkaa muodostua merkittäväksi ongelmaksi. Ohjelmien myötä on koulutettu lisää tutkijakuntaa, mutta sen sijoittuminen alalle on jäänyt ulkopuolisen rahoituksen varaan. Viime aikoina nämä seikat on pyritty huomioimaan uusien tutkimusohjelmien suunniteltaessa. Toimikunnan mahdollisuudet tutkimusohjelmissa käynnistettyjen hankkeiden jatkorahoituksesta ovat melko rajalliset, koska tutkimusohjelmien laajuuteen suhteutettuna toimikunnan käytettävissä oleva määräraha on riittämätön. Pitkäaikaisseurantaan perustuva kansanterveystutkimuksen tukeminen edellyttää tavallista pidempää sitoutumista myös rahoittajatahoilta. Osin tämän vuoksi ala on vahvasti sidoksissa valtion tutkimuslaitosten toimintaan.

Tutkimusohjelmien arviointi on vielä vakiintumatta ja etsii muotoaan. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että tutkimusohjelmat ovat toimineet merkittävinä tutkimuksen lisäresursseina ja edesauttaneet sekä kohdealueen verkottumista ja yhteistyötä että ammattitutkijoiden kouluttamista. Tutkimusohjelmien vaikutusten erottaminen muiden tutkimusympäristössä tapahtuneiden muutosten vaikutuksista on kuitenkin ilmeisen ongelmallista. Vaikuttaa siltä, että tutkimusohjelmilla tulee olla riittävä laajuus, monitieteisyys ja ajallinen jatkuvuus, jotta ne tuottavat lisäarvoa tavanomaiseen, tutkimusmäärärahoilla toteutettavaan tutkimukseen verrattuna. Tähän tähtää Suomen Akatemian uudistettu ohjelmastrategia, jonka mukaan suppeammat, merkittävät ohjelmaesitykset rahoitetaan suunnattuina hakuina.

Uusien tutkimusohjelmien suunnittelussa terveyden tutkimuksen toimikunta on käynyt aktiivista vuoropuhelua tutkijakunnan kanssa järjestämällä tutkijatapaamisia ja erityisiin aiheisiin paneutuvia tutkivia työpajoja. Lisäksi toimikunta on seurannut kansainvälistä kehitystä ja pitänyt yhteyttä muihin rahoittajatahoihin, erityisesti Tekesiin, uusien tutkimusohjelmien oikea-aikaiseksi aloittamiseksi. Viime aikoina yhteistyö tutkimusrahoituksessa on laajentanut tätä vuoropuhelua myös säätiöihin niin kotimaassa kuin ulkomailla.

### 3.3 Ammattimainen tutkijanura

#### 3.3.1 Tutkijakoulut

Viimeaikaiset tutkimuspoliittiset ratkaisut ovat huomattavasti selkeyttäneet ammattimaista tutkijanuraa erityisesti niillä aloilla, joille on perustettu tutkijakoulu (taulukko 6). Yhteensä terveyden tutkimuksen alalla on 12 koulua, joissa on yhteensä 213 opetusministeriön koulutuspaikkaa ja kaikkiaan noin 1000 opiskelijaa. Näiden lisäksi eräiden muidenkin tutkijakoulujen tutkimusalue liittyy läheisesti terveyden tutkimukseen. Esimerkkejä tällaisista kouluista ovat: Helsinki Graduate School in Neurobiology, Helsingin yliopisto; Applied Bioscience – Bioengineering, Food & Nutrition, Environment, Helsingin yliopisto; Helsinki Graduate School in Biotechnology and Molecular Biology, Helsingin yliopisto; Viikin biotieteiden tutkijakoulu, Helsingin yliopisto; Funktionaaliset tutkimukset lääketieteessä, Helsingin teknillinen korkeakoulu sekä Bioinformaatiikka ja biorakenteet, Åbo Akademi.

Tutkijakoulut nähdään kaikilla tahoilla paitsi lisäresurssina, myös aiempaa jäsentyneempänä, tieteenalan verkottumista ja tutkimuksen ammattimaistumista tukevana järjestelmänä. Tutkijakoulujärjestelmän onnistumista kuvaa sekin, että myös niille aloille, joilla ei ole opetusministeriön nimeämää tutkijakoulua, on perustettu tutkijakouluja tai tutkijankoulutusohjelmia, joiden toiminta noudattelee varsin tarkoin opetusministeriön tutkijakouluissa omaksuttuja malleja. Terveyden tutkimuksen toimikunnan omat kehittämissuunnitelmat kuten eläinlääketieteessä ja psykiatriassa ovat myös kohdentuneet uuden tutkijapolven kouluttamiseen näille aloille. Erityisen ongelmallisenä koetaan lääkäreiden erikoistumiskoulutuksen ja tutkijankoulutuksen yhdistäminen. Tämä edellyttää ammattitutkijan määritelmän uutta tulkintaa ja ennakkoluulottomuutta ministeriöiden välisissä rahoitusratkaisuisissa, kuuluvathan erikoislääkäriskoulutuksessa olevat lääkäritutkijat EVO-rahoituksen piiriin. Nykyisten tutkijakoulupaikkojen huono palkkataso ja sairaalalääkäreiden tiukka työtahti eivät myöskään ole omiaan lisäämään tutkijanuran houkuttelevuutta nuorten kliinistä työtä tekevien lääkäreiden keskuudessa.

Eräillä aloilla, erityisesti kliinisessä farmakologiassa, tutkijankoulutuksen ja erikoislääkäriskoulutuksen yhdistelmä tuottaa erikoisosajia, joista on selvä pula työmarkkinoilla. Myös suomalainen innovaatiojärjestelmä edellyttää kliinisen (ammatti)tutkijan uralla olevien esteiden pikaista poistamista.

Biolääketieteen alan tutkijakoulujen erityispiirre on se, että huomattavan monet tohtorintutkintoa suorittavat ovat saaneet luonnontieteellisen peruskoulutuksen. Tällaiset tutkijakoulutettavat on todettu hyvin tarpeelliseksi voimavaraksi biolääketieteellisessä perustutkimuksessa. Kuitenkin heidän mahdollisuutensa urakehitykseen lääketieteellisessä ympäristössä ovat heikot. Heidän tarpeellisuutensa pitäisi tunnustaa ja heidän tutkijanuraansa pitäisi kehittää avaamalla virkoja ja toimia luonnontieteellisen koulutuksen saaneille lääketieteellisissä laboratorioissa ja myös tutkimuksen johtajina eikä pelkästään suorittavana portaana. Toisaalta lääkäreitä pitäisi kannustaa jatko-opintoihin, mikä ei ole helppoa nykyisellä tutkintorakenteella. Opetusministeriön tutkijaopiskelijajapaikat soveltuvat kokopäiväisyytensä vuoksi huonosti opiskeluaikanaan tutkimustyönsä aloittaville tai kliinisessä koulutuksessa oleville lääkäreille.

■ Taulukko 6. Terveyden tutkimuksen toimikunnan alalla toimivat tutkijakoulut 1.1.1999 alkaen.

Tutkijakoulu	Tutkijankouluissa opiskelevat (lkm)	
	Kaikki opiskelijat	OPM:n paikoilla
<b>Biolääketiede</b>		
A.I. Virtanen -instituutin tutkijakoulu Kuopion yliopisto	56	15
Biocenter Oulun tutkijakoulu Oulun yliopisto	152	26
Biotieteiden tutkijakoulu Tampereen yliopisto	75	17
Helsingin biolääketieteellinen tutkijakoulu Helsingin yliopisto	102	35
Turun biolääketieteellinen tutkijakoulu Turun yliopisto	88	33
<b>Lääketutkimus ja -kehitys</b>		
* Kliininen lääketutkimus, suunnittelu, suorittaminen ja kriittinen arviointi Helsingin yliopisto	30	7
* Lääkekehityksen tutkijakoulu Turun yliopisto	24	7
* Farmasian tutkijakoulu Helsingin yliopisto	71	8
<b>Muu lääketieteen tutkimus</b>		
Lääketieteellinen tutkijakoulu Kuopion yliopisto	55	22
* Tuki- ja liikuntaelimestön sairauksien tutkijakoulu (TULES) Turun yliopisto	63	20
<b>Kansanterveystutkimus</b>		
* Kansanterveyden tutkijakoulu Helsingin yliopisto	229	18
<b>Hoitotiede</b>		
* Hoitotieteen valtakunnallinen tutkijakoulu Kuopion yliopisto	28	5
<b>Yhteensä</b>	<b>973</b>	<b>213</b>

Taulukosta ilmenevät myös koulujen sijaintiyliopistot tai verkostotyyppisten (\*) tutkijakoulujen osalta koordinaatiovastuussa oleva yliopisto sekä opiskelijoiden ja koulutuspaikkojen määrät vuoden 2000 alussa (A.I.Virtanen -instituutin osalta vuoden 1998 alussa).

Lähde: Opetusministeriön päätös nelivuotisten tutkijakoulujen rahoituksesta vuonna 1999 (1.9.1998; 1/528/98); Terveyden tutkimuksen toimikunnalle osoitetut tutkijakouluhakemukset vuonna 1998.

Sukupuolten tasa-arvo on toteutunut terveyden tutkimuksen alan tutkijakouluissa hyvin. Keskimääräinen väittelyikä, joka biolääketieteen alalla on perinteisesti ollut melko alhainen, on edelleen alentunut tutkijakouluissa. Valmistuneista työelämään siirtyneistä tohtoreista noin 30 prosenttia on suorittanut tohtorintutkinnon alle 30-vuotiaana. Keskimääräinen väittelyikä tutkijakouluissa on 32 vuotta.

Tutkijakoulujen ilmeisen vaihteleva asema yliopistoissa pitäisi vakiinnuttaa. Pahimassa tapauksessa tiedekunnilla ei ole juuri minkäänlaista kosketusta eikä intressiä tutkijakouluihin, jotka kuitenkin saattavat kantaa koko opetus- ja rahoitusvastuun tohtorintutkinnoista. Toiset yliopistot tukevat tutkijakouluja konkreettisesti, jotkut eivät lainkaan. Tutkijakoulujen statuksen määrittely on erityisen vaikeata verkostokoulujen osalta.

### 3.3.2 Tutkijatohtorijärjestelmä

Taloudellisesti kireässä tilanteessa yliopistoilla ei juurikaan ole ollut mahdollisuutta perustaa uusia tutkijanvirkoja, vaikka lisääntyvä tohtorituotanto sitä edellyttäisi. Tätä väitöksen jälkeistä tutkijanuran pullonkaulaa on merkittäväällä tavalla helpottanut Suomen Akatemian tutkijatohtorijärjestelmän perustaminen sekä panostus ulkomaisen tutkijankoulutuksen tukemiseen. Samalla Akatemian tutkijatohtorit ovat toimineet esimerkkinä myös muille rahoittajatahoille ja suomalainen tutkimusjärjestelmä on yhdenmukaistettu kansainvälisen käytännön kanssa.

Terveyden tutkimuksen alalla toteutetaan nykyisin kasvavassa määrin kaksi noin kahden vuoden mittaista tutkijatohtorikautta, joista toinen yleisimmin ulkomailla. Tämä järjestelmä voidaan toteuttaa nykyisten säännösten puitteissa, sillä pian väittelyn jälkeen ulkomaiseen koulutukseen Akatemian tuella siirtynyt tutkija voi vielä kotimaahan palatessaan hakea kaksivuotista tutkijatohtorin määrärahaa ja pätevyitä sinä aikana korkeampiin tutkijanvirkoihin.

### 3.3.3 Tutkijanvirkojen kehitysnäkymät

Tohtorikoulutuksen nopea kasvu ei ole heijastunut yliopistojen opetusvirkojen määrissä. Koulutettavien ja kouluttajien suhde on kasvanut 1990-luvulta ja on eräin paikoin saavuttanut tason, jolla koulutus ei enää toteudu optimaalisesti. Tutkimustyön ohjaajan ajanpuutetta ei voi kokonaisuudessaan korvata edes tutkijakoulujen toimintaa tehostamalla. Tutkijatohtorit ovat osaltaan ratkaisemassa tätä ongelmaa, mutta heidän määränsä ei ole riittävä. Ryhmien rakenneongelman lisäksi tutkijanuran kehityksen pulmana ovat pienten, itsenäistymässä olevien ryhmien heikot mahdollisuudet tutkimusrahoituksen saamiseen kovassa kilpailussa. Aiempien suositusten mukaisesti Akatemian rahoituksen pääpaino on ollut suurissa tutkimusryhmissä, joissa on useampia senioritutkijoita ja tohtoritutkijoita. Akatemian vanhemman tutkijan virka on ollut luontevin tapa hankkia melko pienellekin ryhmälle pitkäaikainen tutkimusrahoitus.

Yliopistojen perusrahoituksen matala taso ja kilpaillun tutkimusrahoituksen kasvu ovat johtaneet siihen, että perusopetus kärsii useissa yksiköissä, vaikka tutkimus kukoistaa. Suomen Akatemian päätös virkatutkijoiden opetusvelvollisuudesta tukee ai-

nakin osittain yliopistojen perusopetusta. Erityisesti akatemiaprofessorit ja huippuyksiköiden tutkijat olisi tärkeä rekrytoida osallistumaan perusopetukseen siinä vaiheessa, kun he esimerkillään voisivat innostaa opiskelijoita.

Yliopistot täyttävät nyt suuren osan aukeavista professuureistaan määrääjäksi. On aika pohtia, mitä tapahtuu määrääjän umpeuduttua. Mikäli viran hoitaja on ollut menestyksellinen, pitäisi hänelle tarjota mahdollisuus - kansainvälisen tavan mukaisesti - viran vakinaistamiseen tietyn ajan kuluttua.

### 3.3.4 Naisten tutkijanura

Sukupuolten tasa-arvon saavuttaminen terveyden tutkimuksen alueella on edennyt suotuisasti 1990-luvun loppupuolella. Vuonna 1998 sosiaali- ja terveysalalta valmistuneiden naistohtoreiden määrä ylitti miestohtoreiden määrän. Tutkijatohtorin viran tai määrärahan saajista naisten osuus on ollut noin puolet. Vanhemman tutkijoiden hakijoista naisia on viime vuosina ollut noin kolmasosa; myös virkapäätöksistä kolmasosa on kohdistunut naistutkijoille. Terveyden tutkimuksen alan akatemiaprofessoreista noin 60 prosenttia on naisia. Toimikunnan hakemuserviointia tekevien asiantuntijapaneelien kokoonpanoissa on pääsääntöisesti toteutunut sukupuolten määrällinen tasa-arvo.

## 3.4 Tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän toimivuus

### 3.4.1 Tutkimusjärjestelmän toimivuus terveyden tutkimuksen toimikunnan näkökulmasta

Terveyden tutkimuksen toimikunta on pyrkinyt kehittämään omaa toimintaansa edellisen Tieteen tila ja taso -raportin suositusten mukaisesti. Toimikunta on panostanut arvioinnin laadun kohottamiseen ja siirtynyt asiantuntijapaneelien käyttöön hakemusten arvioinnissa. Samalla päätöksiin kohdistuneiden valitusten ja oikaisupyyntöjen määrä on merkittävästi vähentynyt ja toimikunnan yhteydenpito sidosryhmiinsä on muuttunut negatiivisen palautteen käsittelystä rakentavaan vuoropuheluun, jossa suunta on vahvasti tulevaisuudessa.

Toimikunta on myös kehittänyt yhteistyötään Tekesin, muiden ministeriöiden, kotimaisten ja ulkomaisten säätiöiden sekä kansainvälisten rahoittajaorganisaatioiden kanssa. Menestyksekkäimpiä yhteistyömuotoja on saavutettu tutkimusohjelmien alueella.

### 3.4.2 Innovaatiojärjestelmän toimivuus terveyden tutkimuksen näkökulmasta

Terveyden tutkimuksen alueen innovaatioiden tärkein reitti kulkee biolääketieteestä, kansanterveystieteestä ja kliinisestä lääketieteestä terveyden- ja sairaanhoidon tietoon pohjautuviksi käytännöiksi. Tämän jatkuvan innovaatioprosessin lopputuloksia on vasta viime aikoina alettu systemaattisemmin arvioida niin lääketieteellisen kuin taloudellisen vaikuttavuuden osalta. Terveydenhuoltojärjestelmässä innovaatioiden vaikutukset näkyvät lähinnä parantuneena väestön terveydentilana ja pidentyneenä elinikänä sekä terveydenhuollon tehostuneena panos-tuotossuhteena.

Lähinnä biotieteiden ja lääketieteen keksintöihin pohjautuvien teollisten innovaatioiden syntyprosessia ja sen yhteiskunnallisia vaikutuksia voidaan tarkastella yksityiskohtaisestikin. Jo EU:n vihreässä kirjassa 1990-luvun puolivälissä herätettiin keskustelua siitä, että Euroopassa perustutkimuksen korkea osaaminen siirtyy huonosti teolliseksi tuotteiksi Yhdysvaltoihin ja Japaniin verrattuna. Erityisesti Suomen hyvinvointiklusteri on siihen liittyvään tutkimuksen ja palveluiden volyyymiin nähden menestynyt huonosti myös eurooppalaisessa vientilukujen vertailussa. Suurin teollinen ala hyvinvointiklusterissa on lääketeollisuus, joka vastaa valtaosasta myös Suomen terveyden tutkimuksen alaan liittyvistä tutkimus- ja kehityspanoksista. Määrätietoinen perustutkimuspanostus moderniin geenitekniikkaan ja Tekesin kasvanut panostus tutkimuksen soveltavaan vaiheeseen synnytti 1990-luvun puolivälissä keksintöjen suman, jota vastaanottavaa bioalan yrityskantaa ei löytynyt Suomesta. Osa keksinnöistä siirtyikin ulkomaisille yrityksille.

Seuraavassa käsitellään lääketeollisuuden tilannetta esimerkkinä teollisesta innovaatioprosessista. On huomattava kuitenkin, että esimerkiksi diagnostiikkatuotteiden, elintarvikkeiden ja lääketieteellisten laitteiden innovaatioprosesseissa on tähän verrattuna huomattavia eroja ja että valmista teollista tuotettakin on tarkasteltava välivaiheena laajemmasta parantuneeseen terveyteen pyrkivästä näkökulmasta katsoen.

Lääketeollisuus Suomessa saavutti noin vuonna 1995 käännekohdan, joka Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa oli tapahtunut muutamia vuosia aiemmin. Kemian teknologia-aallossa kasvaneet suomalaiset lääkeyritykset olivat sulautuneet kahteen yhtiöön, joista vain toinen oli kotimaisessa omistuksessa. Tutkimus- ja kehityspanokset olivat laskussa. Geeniteknologia-aalto siirsi lääkealan uusien tuotteiden kriittisen keksintövaiheen biotieteen perustutkimuksen piiriin, uusien lääkemekanismien kuvaamiseen. Näin syntyi kilpailukykyinen mahdollisuus keksintöihin yliopistojen läheisessä yhteydessä toimiville uusille lääkekeksintö- ja lääkekehitysyrityksille. Kun integroituneiden lääkeyritysten tuotekehitysresurssit syntyivät yksinomaan omasta tulorahoituksesta, alettiin kehitystyötä tehdä merkittävältä osin ulkopuolisten pääomasijoittajien resursseilla. Kun vanhojen suomalaisten lääkeyritysten verraten pienet tulorahoitusresurssit aiemmin rajoittivat keksintöjen etenemistä innovaatioprosessissa, tulivat uusissa yrityksissä rajoittaviksi tekijöiksi ideat ja osaaminen – osittain myös talouden hyvien suhdanteiden ansiosta. Osittain virtuaalisesti toimivat kehitysyritykset synnyttivät palvelujen ja teknologisten keksintöjen markkinat, jotka stimuloivat myös palveluyritysten kehitystä. Koko lääketeollisuus alkoi pilkkoutua erikoisosajien maailmanlaajuisiksi verkostoksi, kuten monella muulla alalla on tapahtunut jo aiemmin.

Suomessa onkin syntynyt 1990-luvun loppupuoliskolla kymmenkunta lääkekehitysyri-tystä ja kolmisenkymmentä lääkealan palvelu- ja teknologiayritystä sekä yritysmäistä yliopistollista palveluyksikköä. Näiden yhteinen työntekijämäärä tällä hetkellä on noin 500; lisäksi niiden yliopistoprojekteissa on mukana yli 700 henkeä. Laajuudeltaan tämä uusi verkosto ylittää pian vanhan lääketeollisuuden tutkimus- ja kehitysvolyymiin. Edelleen tarvitaan lisää kapean osaamisen keksintöyrityksiä. Pääomia näiden yritysten käynnistämiseen ja kasvuun löytyykin tällä hetkellä varsin hyvin. Osaamisen tuotteistaminen palveluiksi ja niiden kansainvälinen markkinointi näyttää edelleen olevan suomalaisille vaikeaa. Lääkekehityspalveluiden globaalisten markkinoiden vuotuinen noin 25 prosentin kasvu helpottaa kuitenkin oleellisesti tätä kansainvälistymistä.



Kansallinen lääkeklusteri-hanke yhtenä osaamiskeskusohjelman hankkeena pyrkii edistämään lääkealan osaamisen ja keksintöjen siirtymistä liiketoiminnaksi. Keskeisiä kohteita ovat koulutuksen kehittäminen, teknologian ennakointi ja kotimainen ja kansainvälinen verkottuminen. Tässä klusteritoiminnassa yliopistotutkijat ovat aktiivisesti mukana. Merkit viittaavat siihen, että lähivuosina tullaan näkemään pörssissä tietotekniikkayritysten kaltainen bioyritysten esiinmarssi, mikä tulee dramaattisesti stimuloimaan yritysten kasvua ja kehitystä. Ensi kertaa on Suomikin nyt lähdeässä lääkealan kehityskisaan samalta viivalta vanhojen lääkemaiden kanssa.

## Suomen Akatemian rooli

Kansainvälisesti kilpailukykyisiä tuotekeksintöjä voidaan synnyttää vain kansainvälisesti kilpailukykyisessä tutkimuksessa. Huippuyksikköstrategia ja korkean laatutason vaatimus luovat tähän hyvän lähtökohdan. Yhdessä Tekesin ja yritysklusterien kanssa Akatemian odotetaan ennakoivan tutkimuksen kehitystä ja kantavan vastuuta viidenkymmenen vuoden päästä kriittisiksi menestystekijöiksi muodostuvien teknologioiden ja osaamisen synnyttämisestä maahamme kansainvälisesti kilpailukykyiselle tasolle. Tämä tulee tulevaisuuden osaamisperustaisessa yritystoiminnassa olemaan kriittinen infrastruktuuritekiä.

Lääkekehityksen-, kliinisen lääketutkimuksen- ja farmasian tutkijakoulut ovat muodostumassa hyvin merkittäviksi lääkealan huippuosajien lähteeksi yrityksille. Erityisesti kliinisen lääketutkimuksen alueella välitön tarve on huomattavasti kapasiteettia suurempi ja tarvitaan myös muita koulutusmekanismeja. Liiketoimintaosaamisen ohuus näkyy erityisesti lääkealalla, jossa toimintamallit muuttuvat nopeasti ja yrityksiltä edellytetään määrätietoista ja tehokasta kansainvälistymistä.

Suomessa on puhuttu viime vuosina paljon keksintöjen patentoinnista ja kaupallistamisesta. Asiaa on valmisteltu lähinnä yliopistojen näkökulmasta. Keksintöjen siirtäminen bioalan pieniin uusiin yrityksiin tapahtuu parhaiten tutkijoiden ja yritysten yhteistyöhankkeina. Nopeita tuottoja painottava teknologiansiirron yritys ei ole muuallakaan toiminut tässä välissä. Sillä mekanismilla siirretään keksintöjä lähinnä ulkomaille suurille yrityksille. Tähän viittaa selvästi myös suomalainen kokemus. Tärkeää olisi sen sijaan selkiyttää pelisääntöjä yliopistotutkijoiden osallistumisesta avoimella tavalla uusien yritysten omistukseen. Tutkijoiden yritysytkenät lisääntyvät nopeasti.

## 4 Johtopäätökset ja suositukset

### *Terveyden tutkimuksen vahvuudet*

1. Hyvin koulutettu kansainvälisesti toimiva ja näkyvä tutkijakunta, jolla on runsaasti kokemusta myös tutkimustyöstä ulkomailla.
2. Luovat poikkitieteiset tutkimusympäristöt (biokeskukset ja valtion tutkimuslaitokset), joiden puitteissa yhteistyö biolääketieteen perustutkijoiden, kliinisten tutkijoiden ja kansanterveystutkijoiden kesken on entisestään vahvistunut.
3. Terveydenhuollon korkea laatu, väestö- ja terveydenhuollon rekisterit ja väestön myönteinen suhtautuminen ovat edesauttaneet suomalaisen tutkimuksen nousua korkealle kansainväliselle tasolle ja sen läpäisevyyden kasvua.
4. Suomella on monilla tutkimusalueilla kansainvälistä vetovoimaa, millä pystytään saamaan tutkimusjärjestelmämme vahvistukseksi sekä ulkomaisia tutkijoita että tutkimusrahoitusta.

### *Terveyden tutkimuksen mahdollisuudet*

1. Suomalaisen tutkimusjärjestelmän vahvistuminen ja yhteistyön lisääntyminen, yhdistettynä väestön erityispiirteisiin ja terveydenhuoltojärjestelmien korkeaan tasoon, luovat edellytykset kansainvälisiin läpimurtoihin useiden keskeisten sairauksien tutkimuksessa esimerkiksi epidemiologian ja geenitutkimuksen keinoin.
2. Uusien rahoituskanavien ja rahoittajayhteistyön myötä tutkimustukea on saatavilla kotimaasta, kansainvälisiltä organisaatioilta, kuten Euroopan unionilta, ja yrityssectorilta.
3. Tutkimusjärjestelmän kehittymisen myötä mahdollisuudet tutkimustulosten ja -innovaatioiden hyödyntämiseksi ovat parantuneet ja selkiytyneet.

### *Terveyden tutkimuksen heikkoudet*

1. Yliopistojen perusrahoituksen vähäisyys on johtanut sekä perusopetuksessa että tutkijankoulutuksessa resurssipulaan, samalla kun itse tutkimustoimintaan saatavilla oleva kilpailtu rahoitus on kasvanut. Tutkimustyön ohjaajien määrän riittämättömyys monilla aloilla aiheuttaa sen, ettei koulutus- ja tutkimusjärjestelmä toimi optimaalisesti. Epäsuorasti tämä on omiaan myös vähentämään tutkijanuran arvostusta ja houkuttelevuutta, kun koulutettavat eivät saa toivomaansa ohjausta.
2. Erityisesti kliinisen tutkimuksen alueella tutkijan rooli on edelleen hahmottumatta. Tutkimusta tehdään sairaaloissa, joissa kiristyvä työpaine ja lyhytkestoinen EVO-rahoitus haittaavat pitkäjänteistä tutkimustyötä. Erikoislääkäriskoulutuksen ja tutkijankoulutuksen oikea-aikainen yhteensovittaminen etsii vielä muotoaan.
3. Rahoituksen keskittyminen ja terveyden tutkimuksen aloilla tapahtuneet muutokset ovat aiheuttaneet taantumista pienillä aloilla. Selvimmin tämä on nähtävissä hammaslääketieteessä, jossa tutkijaresurssit ovat noin viiden vuoden aikana vähentyneet alle puoleen.
4. Vaikka tutkijanurajärjestelmää on kehitetty, on nuoren tutkijan itsenäistyminen kiireässä rahoitustilanteessa edelleen ongelmallista.

*Terveyden tutkimuksen uhat*

1. Kasvaneeseen tutkijakuntaan nähden kilpailtu tutkimusrahoitus on riittämätöntä ja yliopistojen perusrahoitus tutkimukselle puuttuu lähes täysin. Nämä johtavat sellaisen tutkija- ja opettajakunnan muodostumiseen, jolla ei ole riittäviä tutkimus- ja tutkijankoulutusmahdollisuuksia.
2. Yliopistojen perusresurssoinnin vähyys johtaa yhä useammilla aloilla tutkijapulaan, josta kärsii erityisesti tutkijoita rekrytoiva teollisuus.
3. Merkittävästä panostuksesta huolimatta Suomi ei pysy mukana kansainvälisessä kehityksessä, ellei yhä vaativimpiin teknologioihin pohjautuvaa tutkimusta tueta jatkuvin investoinnein.
4. Ulkopuolinen tutkimusrahoitus voi johtaa tutkimuksen liialliseen ohjailuun.
5. Biotekniseen kehitykseen, kuten uusien geenipohjaisten lääkkeiden ja geenimuunneltujen elintarvikkeiden kehittämiseen, geenitutkimukseen ja koe-eläinten käyttöön, pohjautuva tutkimus ja teollisuus menettävät suuren yleisön piirissä hyväksyttävyytensä ja julkisen tukensa.

*Edellisen raportin suositusten toteutuminen*

Edellisen raportin konkreettiset suositukset ovat pääosin toteutuneet varsin hyvin. Selvän poikkeuksen muodostaa terveyden tutkimuksen rahoituksen kokonaisstrategian toteuttaminen. Eri rahoittajatahojen kanssa käydyissä keskusteluissa yhteistä strategia-asiakirjaa ei ole nähty tällä hetkellä ajankohtaiseksi. Sen sijaan rahoittajayhteistyötä on menestyksellisesti kehitetty erityisesti tutkimusohjelmien tasolla.

Uusien tieteenala-arviointien tekemistä on siirretty myöhempään ajankohtaan. Tutkijayhteisön selvänä viestinä on ollut arviointiväsymys. Hammaslääketieteen alalla suoritettavaksi esitettyä arviointia on lykätty alalla tapahtuneiden suurten muutosten ollessa juuri toteutumassa. Hammaslääketieteen arviointi tulee ajankohtaiseksi lähiaikoina, kun on nähtävissä millaiseksi supistunut kokonaisuus muodostuu.

Useat edellisen tieteen tila ja taso -raportin suosituksista on huomioitu nykyisessä Suomen Akatemian strategiassa.

*Uudet suositukset*

1. Tutkimus- ja koulutusjärjestelmän alkuvaihetta tulee vahvistaa yliopistojen perusrahoitusta lisäämällä.
2. Yliopistojen laaja-alaisen tutkimuksen turvaamiseksi on varmistettava, että Akatemian tutkimuspolitiikan toteuttamisen rinnalla kehitetään yhteistyötä myös muiden terveyden tutkimuksen rahoittajatahojen kanssa. Näin voimavarat saadaan kohdennettua mahdollisimman hyvin. Koti- ja ulkomaisten rahoittajatahojen yhteistyön on osoitettu tuovan kaivattua lisärahoitusta terveyden tutkimuksen alalle. Tällaista toimintaa on syytä jatkaa ja laajentaa.
3. Kliinisen tutkijan kuva tulee selkiyttää ja alan tutkimusrahoitus saattaa kestäväälle pohjalle. Suomalainen terveydenhuoltojärjestelmä pohjaa lääkärin hyvään ammattitaitoon ja heidän valmiuksiinsa seurata nopeaa kansainvälistä kehitystä ter-

- veyden tutkimuksen alalla. Tämän järjestelmän jatkon turvaaminen edellyttää kliinisten tutkijoiden koulutusjärjestelmän tehokkaampaa järjestämistä.
4. Pieniä terveyden tutkimuksen aloja uhkaava taantuminen edellyttää alakohtaisia kehittämistoimia, joissa otetaan huomioon kokemukset nykyisistä ratkaisumalleista. Tämän lisäksi uusien kehittyvien alojen seuranta vaatii nopeaa reagointia, jotta suomalainen tutkimusjärjestelmä säilyttää kansainvälisen asemansa.
  5. Uusien teknologioiden, erityisesti geenitekniikan eri sovellusten, hyväksyttävyys edellyttää laaja-alaista tutkimusta, joka ei rajoitu pelkästään teknologioiden keksimiseen vaan myös niiden käytön biologisten, psyykkisten ja sosiaalisten vaikutusten tutkimiseen. Tutkijakunnalta edellytetään aktiivista ja laaja-alaista tiedottamista tutkimustyön tuloksista, niihin liittyvistä mahdollisuuksista ja vaaroista sekä tulosten eettisistä, yhteiskunnallisista ja taloudellisista vaikutuksista.
  6. Tietosuojalainsäädäntö nykyisellään ja myös valmisteilla olevien säädösten osalta turvaa terveyden tutkimuksen maassamme. Säädösten edellyttämien hyvien toimintatapojen omaksuminen tutkijoiden keskuudessa vaatii koulutusta.

## Liite 1.

### Yhteistyöselvityksessä analysoidut lehdet

Advances in Cancer Research  
American Journal of Epidemiology  
American Journal of Human Genetics  
American Journal of Pathology  
American Journal of Psychiatry  
American Journal of Surgery  
Annals of Neurology  
Annals of Internal Medicine  
Archives of General Psychiatry  
Arthritis and Rheumatism  
Blood  
British Medical Journal  
Cancer Causes & Control  
Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention  
Cancer Research  
Cell  
Circulation  
Circulation Research  
Development  
Diabetes  
EMBO Journal  
Epidemiology  
Faseb Journal  
Gastroenterology  
JAMA- Journal of the American Medical Association  
Journal of Biological Chemistry  
Journal of Cell Biology  
Journal of Clinical Epidemiology  
Journal of Clinical Investigation  
Journal of Clinical Oncology  
Journal of Experimental Medicine  
Journal of Immunology  
Journal of Infectious Diseases  
Journal of Neuroscience  
Journal of the National Cancer Institute  
Journal of Virology  
Lancet  
Molecular and Cellular Biology  
Nature  
Nature Genetics  
Nature Medicine  
Neuron  
New England Journal of Medicine  
Oncogene  
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States  
Scandinavian Journal of Work and Environmental Health  
Science  
Spine

## Liite 2.

Terveyden tutkimuksen alan julkaisuyhteistyö Euroopan maiden ja Yhdysvaltojen kanssa vuosina 1990–1998 (julkaisujen lkm) (lähde: Institute for Scientific Information, SciSearch-tietokanta).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1990–1998
Alankomaat	4	6	8	7	7	17	11	19	26	105
Belgia	0	1	3	5	6	8	4	5	8	40
Bulgaria	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4
Englanti	9	11	13	11	14	22	27	30	35	172
Espanja	0	5	2	4	5	7	7	13	13	56
Irlanti	0	0	1	1	3	1	2	4	0	12
Islanti	1	0	2	0	1	1	1	2	4	12
Italia	3	3	6	8	10	10	18	18	17	93
Itävalta	1	2	3	1	0	5	6	6	5	29
Jugoslavia	2	0	0	0	0	1	1	0	0	4
Kreikka	0	0	1	4	3	3	2	5	1	19
Kroatia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Latvia	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3
Liettua	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
Luxemburg	0	0	0	2	3	0	2	1	0	8
Norja	4	1	5	0	10	12	9	17	15	73
Pohjois-Irlanti	0	0	0	0	0	0	2	2	1	5
Portugali	0	0	0	0	2	3	1	0	1	7
Puola	0	0	2	0	1	1	4	7	2	17
Ranska	5	7	8	11	15	18	20	19	24	127
Romania	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Ruotsi	14	14	14	18	27	25	36	48	53	249
Saksa	4	8	6	12	13	17	23	42	26	151
Skotlanti	3	3	1	5	4	5	5	8	6	40
Slovakia	0	0	0	0	1	0	0	5	2	8
Sveitsi	2	9	6	7	12	9	12	19	13	89
Tanska	9	2	7	8	12	11	15	14	24	102
Tsekki	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
Turkki	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
Unkari	0	1	1	2	3	5	2	4	3	21
Wales	0	0	0	0	2	1	3	1	2	9
Vatikaani	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Venäjä	0	0	0	1	1	4	4	8	2	20
Viro	0	1	3	2	0	0	2	4	3	15
Euroopan maat yhteensä	61	74	94	109	156	188	224	306	291	1503
Yhdysvallat	39	36	56	54	66	95	96	122	130	694

Julkaisuyhteistyö muiden kuin eurooppalaisten maiden tai Yhdysvaltojen kanssa vuosina 1990–1998 (julkaisujen lkm) (lähde: Institute for Scientific Information, Sci-Search-tietokanta).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1990–1998
Argentina	1	0	0	1	0	2	1	1	1	7
Australia	2	4	3	3	5	4	4	9	12	46
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Brasilia	0	0	0	1	0	2	0	0	1	4
Chile	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Costa Rica	0	0	0	1	0	0	0	2	0	3
Egypti	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
Etelä-Afrikka	0	0	0	2	0	2	2	1	1	8
Etelä-Korea	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
Filippiinit	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hongkong	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Indonesia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Intia	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Israel	1	0	0	4	4	4	3	5	5	26
Japani	0	1	4	2	3	9	9	13	11	52
Kanada	3	4	7	8	1	15	4	16	19	77
Kiina	0	0	2	1	0	0	1	0	0	4
Kolombia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Kuwait	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Malesia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Maltaan tasavalta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Marokko	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Mauritius	0	0	1	0	0	1	1	1	2	6
Meksiko	0	0	0	0	0	2	1	1	0	4
Peru	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Saudi-Arabia	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
Singapore	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Sri Lanka	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Taiwan	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Trinidad & Tobago	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Tunisia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Uruguay	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Uusi-Seelanti	0	2	3	2	1	3	3	0	1	15
Venezuela	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Zimbabwe	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>58</b>	<b>61</b>	<b>290</b>

**Kaikki julkaisut, joissa on Suomi mukana.**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1990–1998
	136	193	245	232	284	316	370	427	479	2682

# Kirjallisuus

Huttunen, Jussi (1999). Tutkimusrahoitus. *Teoksessa* Voipio-Pulkki Marja-Liisa, Reidar Grénman, Markku Haapamäki, Marianne Lenander-Lumikari, Juha Mäkinen, Päivi Rautava, Mika Scheinin & Tuula Vainikainen (toim): *Kliinisen tutkijan opas*, 111–118. Duodecim, Helsinki.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1995. Taulukot (1997). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1997: 1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997. Taulukot (1998). *Tilastokeskus, Tiede ja teknologia* 1998: 1.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta Suomessa 1998 (1999). *Tilastokeskus, Tiede, teknologia ja tutkimus* 1999: 2.

## **Muuta aineistoa:**

Suomen Akatemian tutkimusrahoituksen Focus-tietokanta (23.3.2000).

Palotie, Eeva-Liisa/Suomen kulttuurirahasto, Säätiöpalvelu (1999). Yksityiset säätiöt. Kirjallinen tiedonanto 5.2.1997.



YL sisällys

Sisällys

# YMPÄRISTÖN JA LUONNONVAROJEN TUTKIMUS



SUOMEN AKATEMIA

YMPÄRISTÖN JA LUONNONVAROJEN  
TUTKIMUKSEN TOIMIKUNTA



Sisällys

YL sisällys

# Sisällys

<b>Johdanto</b> .....	277
<b>1 Tutkimus maailmankuvamme muokkaajana</b> .....	279
<b>2 Tutkimusedellytykset</b> .....	282
2.1 Tutkimusrahoitus .....	282
2.2 Tutkimus- ja koulutusympäristöt .....	284
2.3 Tutkijanura .....	284
<b>3 Kokonaiskuvien luomiseen yhteistyöllä</b> .....	287
3.1 Yhteistyön kansainvälistyminen .....	287
3.2 Tieteenalojen välinen yhteistyö .....	289
3.3 Perus- ja soveltava tutkimus .....	291
<b>4 Tutkimustoiminnalla monimuotoisia vaikutuksia</b> .....	293
4.1 Tutkimuksen tuloksellisuus .....	293
4.2 Kansalaisten tietoisuus ja yhteiskunnallinen mielipiteenmuodostus .....	299
4.3 Ympäristöpolitiikan ohjauskeinot .....	300
4.4 Tutkimuksen vaikutukset kaupallisiin innovaatioihin .....	302
<b>5 Haasteet ja kehittämisehdotukset</b> .....	306
<b>Kirjallisuus</b> .....	308

Sisällys

YL sisällys

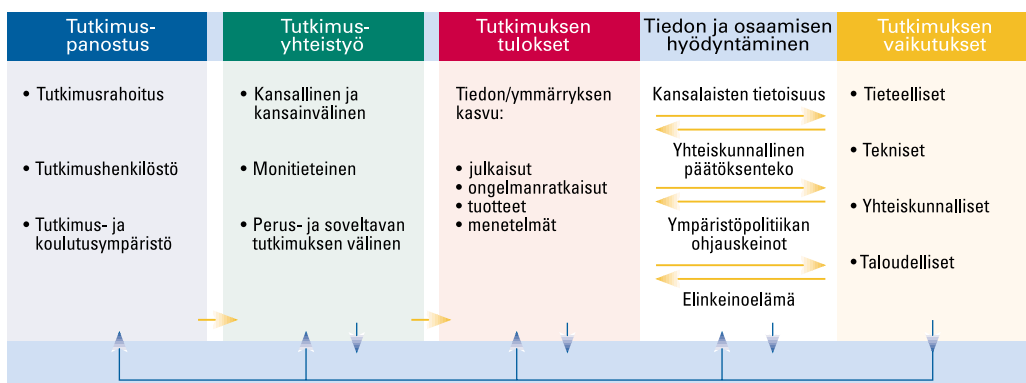
## Johdanto

Suomen Akatemian ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunnan laatima raportti on osa Akatemian ja opetusministeriön tulossopimuksen pohjalta säännöllisesti laadittavaa arviota maamme tutkimuksen tilasta ja tasosta. Arviointityötä koordinoivan johtoryhmän asettamien periaatteiden mukaisesti tarkastelutapa on yleinen ja pääasiassa laadullinen. Painopiste on toimikunnan toimialaan vaikuttavissa toimintaympäristön muutoksissa ja kehityskuluissa. Tehtyjen havaintojen ja analyysien pohjalta laaditaan eri teemoihin liittyviä kehittämisehdotuksia.

Raportin rakenne perustuu ajatukseen tutkimuksen yhteiskunnallisista vaikutuksista jatkuvana prosessina, jossa korkeatasoisten tutkimustulosten syntymisen edellytyksenä ovat yhteiskunnan tutkimukseen suuntaamat panokset (kuvio 1). Panoksia ovat rahoitus, tutkimus- ja koulutusympäristö ja osaava henkilöstö yhdessä kansallisen ja kansainvälisen, eri tieteenalojen sekä perus- ja soveltavan tutkimuksen välisen yhteistyön kanssa. Tuloksia, kuten lisääntyvää tietoa, uusia menetelmiä ja tuotteita sekä uudenlaisia ongelmanratkaisutapoja hyödynnetään tutkimuksen ja muun yhteiskunnan vuorovaikutuksen kautta. Tutkimuksen vaikutukset haaroittuvat yhteiskuntaan lukemattomilla eri tavoilla mm. elinkeinoelämän hyödyntäminä innovaatioina ja ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen kehittämisessä tarvittavana tietona. Tutkimus vaikuttaa myös voimakkaasti kansalaisten tietoisuuteen ja yhteiskunnalliseen päätöksentekoon.

Raportin laatimista tuki toimikunnan 8.3.2000 Suomen Akatemiassa järjestämä seminaari ”Tutkimuksen vaikuttavuus”, jossa noin 70 tutkijaa ja tutkimustulosten käyttäjää pohti esimerkkien valossa tutkimuksen vaikutuksia yhteiskuntaan.

■ Kuvio 1. Tutkimuksen vaikutusten rakentuminen tutkimuksen edellytysten, tulosten ja tuloksia hyödyntävän yhteiskunnallisen vuorovaikutuksen tuloksena.



Sisällys

YL sisällys

# 1 Tutkimus maailmankuvamme muokkaajana

Toimikunnan toimialan tutkimus kattaa laajasti yhteiskuntamme hyvinvoinnin ja tulevaisuuden kannalta keskeistä tutkimusta: maamme luonnonvarat ja ympäristön, biotieteet sekä näihin liittyvän yhteiskunnallisen tutkimuksen. Näiden alojen tutkimus on varsinkin viimeksi kuluneen vuosisadan aikana vaikuttanut merkittävästi länsimaisen maailmankuvan muotoutumiseen ja muuttumiseen. Yksi merkittävä 1900-luvun ajattelua leimaava piirre on se, että luontoa alettiin tarkastella muuttuvana ja kehittyvänä kokonaisuutena. Samalla on alettu nähdä ihminen osana luontoa ja oivallettu erilaisten vuorovaikutussuhteiden merkitys muutoksen suunnan määräytymisessä.

Yksi 1900-luvun alkupuolen merkittävimmistä saavutuksista on evoluutioteorian läpimurto, jonka myötä käsitys lajien synnystä muuttui. Evoluutioteorian mukaan koko elökunnan monimuotoisuus on syntynyt pitkän evoluutiokehityksen tuloksena. Tieteellisessä piireissä kehitysoppi hyväksyttiin melko laajasti heti ilmestyttyään 1800-luvun lopulla, mutta varsinainen läpimurto saavutettiin 1900-luvun puolella. Yhtenä merkittävänä tekijänä oli perinnöllisyyden mekanismin selvittäminen, jolloin varsinainen evoluutiomekanismi voitiin kuvata: lajit sopeutuvat erilaisiin ympäristöoloihin luonnonvalinnan muokatessa populaatioissa olevaa perinnöllistä muuntelua. Lisäksi populaatiogeneettisillä malleilla voitiin osoittaa, että luonnonvalinta on oletettua tehokkaampi evoluutiotehtäjä. Evoluutioteoria nousi uudelleen julkiseen keskusteluun 1960-luvulla sukulaivalintateorian myötä. Tämä teoria selittää, kuinka sosiaalinen ja uhrautuva käyttäytyminen voivat kehittyä luonnonvalinnan kautta sukulaisryhmissä. Sosiobiologinen keskustelu virisi tältä pohjalta. Käyttäytymis- ja evoluutioekologia kehittyivät voimakkaasti 1970-luvulta lähtien, minkä tuloksena optimointiperiaatteista ja peliteoreettisista käsitteistä tuli keskeisiä teoreettisia työvälineitä evoluutiobiologiassa.

Perinnöllisyyden mekanismin selvittämistä voidaan pitää lähtölaukauksena modernille molekyylibiologiselle tutkimukselle. Alkuvaiheissaan perinnöllisyystieteen innokas kehittäminen johti yhdessä totalitaaristen liikkeiden kanssa myös epätoivottavien ”tieteenalojen”, kuten rotuhygienian eli eugeniikan kehittymiseen ja käyttöön ottoon valitettavin seurauksin. Nämä kysymykset nousivat uudelleen ajankohtaisiksi sosiobiologisessa keskustelussa ja koskivat biologisen evoluution ja kulttuurirevoluution välistä rajanvetoa. Nykyisin tutkijat ovat varsin yksimielisiä siitä, että kulttuurirevoluutio ohjaavat pääasiassa sosiaaliset ja yhteiskunnalliset tekijät, vaikka ihmisen taipumuksella kehittää ja ylläpitää kulttuureja olisikin biologinen tausta.

Perinnöllisen aineksen, DNA:n, rakenne selvitettiin 1950-luvulla. Vuosisadan loppupuolella DNA:ta on opittu tehokkaasti muuntamaan, kun restriktioentsyymit löydettiin 1970-luvulla ja monistamaan, kun PCR-reaktio keksittiin 1980-luvulla. Nämä menetelmät ovat modernien biotieteiden keskeisiä työkaluja, jotka ovat mahdollistaneet mm. teollisuusentsyymien tuotannon, uusia jätteenkäsittelymenetelmiä ja bioteknisten lääkeaineiden kehityksen. Samalla ovat tulleet mahdollisiksi myös uudet tekniikat kuten siirtogeenisten tuotantoeläinten ja ravintokasvien tuottaminen sekä nisäkkäiden kloonaminen. DNA:n sekvensointimenetelmien kehitys on mahdollistanut kokonaisten genomien rakenteen selvittämisen. Tämä avaa aivan uudenlaiset mahdolli-

suudet geenien ja solujen toiminnan ymmärtämiseen. Näihin edistysaskeliin liittyvä biotieteiden tutkimuksen voimakas lisääntyminen on leimannut toimikunnan rahoitusta viime vuosina.

Moderni ympäristötietoisuus nousi esiin 1960-luvulla. Edeltävinä vuosikymmeninä nopeasti kehittyneen ekologian keskeiset käsitteet muodostivat yleisen ympäristökeskustelun tieteellisen perustan. 1920-luvulla esitetty ekosysteemin käsite, eliöiden ja elottoman ympäristön väliset vuorovaikutussuhteet, aineen kiertokulku ja energian virta luonnossa sekä energiaa eri trofiatasoille välittävät ravintoketjut loivat perustan uudelle käsitykselle luonnon asettamista rajoituksista väestönkasvulle ja teollisen kasvun ympäristövaikutuksista. Erityisesti Rachel Carsonin kirja “Äänetön kevät” toi ekologista ajattelutapaa ympäristökeskusteluun.

Ihmisen toiminnan vaikutukset ympäristöön tiedostettiin ensimmäisenä vesistöjen suhteen. Jo 1900-luvun alkupuolella sekä meillä että muualla Euroopassa oli julkaistu tutkimuksia jätevesien aiheuttamasta järvien rehevöitymisestä, mutta laajemmasta mitassa vesistötutkimukseen alettiin panostaa vasta 1960-luvulla. Vuosisadan loppupuolta leimaa ympäristöongelmien globaalin luonteen tiedostaminen sekä eliöyhteisöille globaalista ilmastomuutoksesta aiheutuvien ongelmien tutkimus. Ympäristöekologinen tutkimus ja kasvava tietoisuus ympäristöongelmista ovat johtaneet merkittäviin parannuksiin ympäristön tilan seurannassa ja ympäristönsuojelussa. Luonnonvarojen ekologisesti ja yhteiskunnallisesti kestävä käyttö on laajasti hyväksytty yhteiskunnan kehityksen johtavaksi periaatteeksi.

Suomessa metsänhoito, maanviljelystekniikan muuttuminen, rakentaminen, niittyjen umpeenkasvu, kemialliset haitat, maaston kuluminen, vesirakentaminen sekä ojitus ja turpeennosto ovat suurimmat uhanalaisten lajien uhkatekijöistä. Erityisesti luonnontilassa olevien metsien väheneminen ja metsien pirstoutuminen ovat keskeisiä boreaalisten metsien biodiversiteettiä vaikuttavia tekijöitä. Nämä kysymykset korostavat eliöiden esiintymisen alueellisen vaihtelun eli spatiaalisen dynamiikan huomioonottamista sekä populaatio- että yhteisöekologisissa tutkimuksissa. Spatiaalista dynamiikkaa tutkiva metapopulaatioekologia kehittyi viime vuosisadan viimeisenä vuosikymmenenä yhdeksi keskeisimmistä ekologian aloista ja sillä on keskeinen sija biodiversiteettitutkimuksessa ja modernissa luonnonsuojelubiologiassa.

Ympäristötietoisuuden voimakas kasvu johti 1960-luvulta alkaen myös ympäristökysymysten yhteiskunnallistumiseen. Tämä näkyi ensin kansalaistoiminnan ja ympäristöliikkeiden vilkastumisena, myöhemmin myös puoluepolitiikassa. Ns. yhteiskunnallisen ympäristötutkimuksen ensimmäisiä tutkimuskohteita Suomessa olivatkin ympäristöliikkeet. Ympäristökysymysten tutkimus oli suomalaisen humanistisen ja yhteiskuntatutkimuksen piirissä kuitenkin melko vähäistä 1980-luvun lopulle asti. Kiinnostusta lisäsivät mm. saksalaisen sosiologi Ulrich Beckin vuosikymmenen lopulla esittämä riskiyhteiskunnan käsite ja Brundtlandin komission esittämä kestävä kehityksen periaate, joka korostaa yhteyttä toisaalta ympäristöongelmien lieventämisen, toisaalta yhteiskunnan tasa-arvoisen ja oikeudenmukaisen kehittämisen välillä.

Yhteiskunnallisen ympäristötutkimuksen kohteena ovat ihmisten tavat kokea ja arvottaa ympäristön muutoksia ja se moniulotteinen prosessi, jossa yhteiskunnan reaktiot



ympäristökysymyksiin muodostuvat. Huomattava osa alan tutkimuksesta kohdistuu myös ympäristöongelmien lieventämiseen tähtäävään yhteiskunnalliseen toimintaan. Sen juuret ovat laajassa ja tutkimuserinteiltään hyvin kirjavassa yhteiskunta- ja ihmistieteiden joukossa, kuten filosofiassa, sosiaalitieteissä, historian, politiikan ja kulttuurin tutkimuksessa, taloustieteissä, oikeustieteissä ja maantieteen eri oppisuunnissa.

Toimikunnan toimialan tutkimuksen merkitys kasvaa entisestään uudella vuosituhanella. Ekologinen ja biotieteellinen perustutkimus on voimakkaasti kansainvälistynyt viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Kansainvälisen vaikuttavuuden vahvistamisen ohella tutkimuksen tulisi pystyä vastaamaan sellaisiin koko ihmiskuntaa koskeviin ongelmiin kuten kasvavan väestön ravinnontarpeen tyydyttäminen, kaupungistuminen sekä ympäristön pilaantuminen ja luonnonvarojen ehtyminen. Lisäksi on entistä tärkeämpää pohtia myös tutkimuksen etiikkaa ja oikeutusta sekä kehittää niihin liittyvää säätelyä. Suurena haasteena on varmistaa, että maamme korkeatasoisen biotieteellisen ja ympäristöntutkimuksen tuloksia pystytään hyödyntämään yhteiskunnallisessa päätöksenteossa ja yhteiskunnallisten ohjauskeinojen kehittämisessä. Haaste kohdistuu sekä erityyppisten tutkimuserinteiden että tiedeyhteisön ja muun yhteiskunnan välisen vuoropuhelun ja ymmärryksen parantamiseen.

## 2 Tutkimusedellytykset

### 2.1 Tutkimusrahoitus

Toimikunnan monimuotoisen toimialan osuutta kansallisen tutkimus- ja kehittämis-toiminnan menoista on vaikea arvioida. Suomen Akatemian edellisen tieteen tilan ja tason selvityksen yhteydessä arvioitiin, että toimikunnan toimialan tutkimukseen käytetään vuodessa noin miljardi markkaa. Julkisen tutkimusrahoituksen huomattavan kasvun myötä myös toimikunnan toimialan osuus lienee kasvanut tästä. Julkisen rahoituksen osuus, johon sisältyy yliopistojen ja tutkimuslaitosten oma budjettirahoitus sekä Akatemian, Tekesin ja ministeriöiden sitomattomat tutkimusmäärärahat, on noin 80 prosenttia ja yritysten 20 prosenttia. Vuonna 1999 Akatemia rahoitti tutkimusta 988 miljoonalla markalla, joka oli noin 12 prosenttia valtion tutkimusrahoituksesta. Tästä toimikunnan osuus oli 230 miljoonaa markkaa. Toimikunnan myöntämä rahoitus jakautui useille hyvin erilaisille tutkimusaloille (taulukko 1).

*Biotieteiden* (taulukon 1 tutkimusalat 1, 2, 3) nopea kehitys on näkynyt toimikunnalle osoitettujen hakemusten määrän kasvuna. Myös alan rahoitusosuus on kasvanut 1990-luvulla, erityisesti sen alkupuolella. Biotieteiden rahoitusosuus toimikunnan kokonaisrahoituksesta oli 62 prosenttia vuonna 1995 ja 76 prosenttia vuonna 1999. Ekologia, evoluutiotutkimus ja systematiikka -tutkimuslaluokan vuoden 1999 rahoituksen kasvusta osa (13,8 milj. mk) selittyy Biodiversiteettitutkimusohjelman rahoituspäätöksillä. Akatemia on käynnistänyt Biologisten funktioiden tutkimusohjelman (Life 2000), jonka rahoituspäätökset tehdään kesäkuussa 2000, mikä nostanee edelleen biotieteiden osuutta.

*Metsätieteiden* (taulukon 1 tutkimusala 4) rahoitusosuus on vähentynyt 1990-luvulla (vuonna 1995 8 % ja 1999 alle 5 %). Metsätieteen alalla on vuosina 1998–2001 meneillään useiden rahoittajien yhteistyönä Metsäalan tutkimusohjelma, jossa kokonaisrahoitus on noin 200 miljoonaa markkaa. Tästä julkinen osuus on noin puolet ja Akatemian osuus noin 28 miljoonaa markkaa. Akatemia osallistuu ohjelmakokonaisuuteen Metsäntuotteiden materiaalitiede -tutkimusohjelmalla ja Metsäpuiden molekyyli- ja geenitiikan suunnatulla haulla. Vuonna 2001 käynnistyy Luonnonvarojen tutkimusohjelma, jossa Akatemian rahoitusosuus on 45 miljoonaa markkaa.

■ Taulukko 1. Toimikunnan myöntämä kokonaisrahoitus vuosina 1997, 1998 ja 1999.\*

Tutkimusalat (osa yhdistelty)	Rahoituspäätökset milj. mk			%		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999
1. Biokemia, molekyylibiologia, mikrobiologia, perinnöllisyystiede ja biotekniikka	48,2	64,2	83,1	28,8	33,6	36,1
2. Solu- ja kehitysbiologia, fysiologia ja ekofysiologia	16,5	18,0	22,3	9,9	9,4	9,7
3. Ekologia, evoluutiotutkimus ja systematiikka	42,3	38,0	69,4	25,3	19,9	30,1
4. Metsätieteet	19,7	16,9	10,7	11,8	8,8	4,6
5. Maatalous- ja elintarviketieteet	6,1	5,5	4,4	3,6	2,9	1,9
6. Ympäristötekniikka, prosessi- ja materiaalitekniikka	2,6	4,0	1,8	1,5	2,1	0,8
7. Arkkitehtuuri ja teollinen muotoilu, fysiikka, geotieteet, kemia	1,5	6,1	6,8	0,9	3,2	3,0
8. Maantiede	4,6	5,7	3,0	2,7	3,0	1,3
9. Ympäristöpolitiikka, -talous ja -oikeus, sosiaalitieteet, historia ja arkeologia	6,7	7,0	8,7	4,0	3,7	3,8
10. Ekotoksikologia, ympäristön tila ja ympäristövaikutukset	11,2	15,1	11,2	6,7	7,9	4,9
11. Muu ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus	8,0	10,7	9,1	4,8	5,6	3,9
Yhteensä	167,4	191,2	230,5	100	100	100

\* Kokonaisrahoitus sisältää myös toimikunnan rahoitusosuudet tutkimusohjelmista.

Myös *Maatalous- ja elintarviketieteiden* (taulukon 1 tutkimusala 5) rahoitusosuus on vähentynyt 1990-luvulla (vuonna 1995 9 % ja 1999 2 %). Tutkimuksen kansainvälistämiseksi maatalous- ja elintarviketieteistä järjestettiin suunnattu haku vuonna 1999 tutkijankoulutukseen ulkomailla.

*Ympäristötekniikan* sekä *prosessi- ja materiaalitekniikan* (taulukon 1 tutkimusala 6) rahoitus on pysynyt pienenä (noin 1 % vuosina 1995 ja 1999). Lisäksi toimikunta on rahoittanut *luonnontieteiden ja tekniikan* tutkimuksen toimikunnan toimialoihin (taulukon 1 tutkimusala 7) kuuluvaa tutkimusta, jossa on ympäristönäkökulma.

*Maantieteen* (taulukon 1 tutkimusala 8) rahoitus näyttäisi vähentyneen (vuonna 1995 5 % ja 1999 runsas 1 %). Maantieteen laitoksille suuntautunut rahoitus on kuitenkin kasvanut (vuonna 1999 7,2 miljoonaa markkaa). Kyseisenä vuonna tutkijat ovat sijoittaneet hakemuksensa ensisijaisesti johonkin toiseen, esimerkiksi ekologian tai sosiaalitieteiden tutkimusalaluokkaan.

*Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen* (taulukon 1 tutkimusala 9) rahoitusosuus on pysynyt ennallaan (vuonna 1995 5 % ja 1999 4 %). Alan tukemiseksi toimikunta valmisti yhdessä kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunnan kanssa suunnatun haun ”Luonnon ja kulttuurin tilat”, jonka rahoituskausi on 2001–2004 ja rahoitus 10 miljoonaa markkaa.

*Ekotoksikologian, ympäristön tilan ja ympäristövaikutusten* (taulukon 1 tutkimusala 10) tutkimukseen myönnettiin vuonna 1995 seitsemän prosenttia toimikunnan kokonaisrahoituksesta ja vuonna 1999 viisi prosenttia, joten rahoitusosuus on vähentynyt. Rahoituksen lievä nousu vuonna 1998 selittyy Ympäristöterveyden tutkimusohjelman päätöksillä (9 miljoonaa markkaa). Toimikunnan toimialan monipuolisuudesta kertoo luokka *muu ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus* (taulukon 1 tutkimusala 11), johon sisältyvät ne hankkeet, jotka eivät luonteeltaan sovi edellisiin luokkiin.

## 2.2 Tutkimus- ja koulutusympäristöt

Toimikunnan toimialan tutkimusta tehdään ja siihen liittyvää koulutusta annetaan ainakin 15 yliopistossa ja korkeakoulussa. Tutkimusta tehdään myös 12 tutkimuslaitoksessa ja useissa alueellisissa yksiköissä sekä yrityksissä. Toimikunnan toimialalla tutkijat työskentelevät hyvin erilaisissa tutkimusympäristöissä aina yksittäisen tutkijan ympärille kertyneestä pienestä tutkimusryhmästä sateenvarjo-organisaatiomaisiin biokeskuksiin, joissa on irrottauduttu perinteisestä tiedekuntajaosta. Luova tutkimusympäristö syntyy useimmiten yhden huippututkijan ympärille. Alkuperäiseen ryhmään voi liittyä uusia ryhmiä, tai ryhmä voi säilyä pienenä uudistamalla tarpeen mukaan. Laboratoriotyöskentelyyn perustuvilla aloilla kehitys näyttää kulkevan kohti yhä suurempia tutkijakeskittymiä, joissa tutkimusryhmät laitteistojen yhteiskäytön lisäksi voivat oppia toisiltaan vaikkapa uusia menetelmiä ja ratkaisumalleja myös epämuodollisen kommunikaation kautta.

Huippuyksiköt voivat muodostua useiden eri laitosten ja/tai eri organisaatioiden parhaimpien tutkijoiden yhteenliittyminä. Toimikunnan toimialalla on seitsemän huippuyksikköä (2000–2005), joille sopimus pohjainen rahoitus mahdollistaa pitkäjänteisen työskentelyn. Yksiköissä toimii yhteensä noin 260 tutkijaa, keskimäärin 37 tutkijaa yksikköä kohti (vaihteluväli 13–57). Noin 70 prosenttia tutkijoista on senioritutkijoita ja tutkijatohjoreita, eli potentiaalisia väitöskirjantyon ohjaajia. Väitöskirjaa valmistelevia on keskimäärin 30 prosenttia. Tutkijanuran kehittämistä pohtineen työryhmän mukaan tämä on sopiva suhde useilla aloilla.

## 2.3 Tutkijanura

Toimikunnan toimialalla *tutkijankoulutusta* annetaan yliopistoissa. Väitöskirjoja tehdään yliopistojen lisäksi mm. tutkimuslaitoksissa ja pienessä määrin yrityksissä. Toimikunnan toimialalla toimii tällä hetkellä 12 opetusministeriön *tutkijakoulua*, joissa on yhteensä 174 opiskelijaa. Nämä muodostavat ytimen, johon liittyy muulla rahoituksella työskenteleviä väitöskirjantekijöitä. Toimikunnan rahoittamissa yleisen tutkimusmääräraha-haun hankkeissa on palkattuina paljon jatko-opiskelijoita. Myös Akatemian huippuyksiköiden ja tutkimusohjelmien merkitys tutkijankoulutuksen saaneiden asiantuntijoiden kasvattajina kansallisesti ja kansainvälisesti tärkeille aloille on

merkittävä. Tästä esimerkkinä voidaan mainita Biodiversiteettitutkimusohjelma, jonka ensimmäisessä vaiheessa vuosina 1997–1999 hankkeissa oli mukana 85 väitöskirjaa tekevää tutkijaa.

Tutkijakoulut kattavat toimikunnan toimialan maataloustieteitä ja yhteiskuntatieteellistä ympäristöntutkimusta lukuun ottamatta. Kaikista opetusministeriön tutkijakoulujen opiskelupaikoista ympäristön ja luonnonvarojen tutkimuksen toimikunnan aloilla on vain 13 prosenttia. Yleisesti tutkijakoulujen paikkojen määrä on lisääntynyt huomattavasti 1990-luvun lopulla, mutta toimikunnan toimialan tutkijakoulupaikat eivät ole lisääntyneet, vaikka varsinkin useat biotieteiden alat kasvavat nopeasti.

Tutkijakoulujen johtajille tehdyn kyselyn mukaan toimikunnan toimialan tutkijakouluissa 1995–1999 työskenteli noin 540 väitöskirjatyöntekijää, joista opetusministeriön tai toimikunnan tutkijankoulutuspaikalla 54 prosenttia, toimikunnan hankkeissa tai tutkimusohjelmissa 20 prosenttia, stipendirahoituksella 10 prosenttia ja yliopiston omalla tutkijankoulutusrahoituksella kahdeksan prosenttia. Loput työskentelivät tutkimuslaitoksen, teollisuuden tai ulkomaisen rahoituksen turvin. Naisien osuus on ollut noin 60 prosenttia.

Päätoimisilta tutkijankoulutuspaikoilta valmistuneet tohtorit sijoittuivat monipuolisesti työelämään toimikunnan kaikilla tutkimusaloilla. Kotimaisiin yliopistoihin sijoittui 44 prosenttia ja tutkimuslaitoksiin 15 prosenttia sekä ulkomaisiin yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin 20 prosenttia. Yksityiselle sektorille sijoittui vain kolme prosenttia. Asiantuntijoiden kysyntä elinkeinoelämässä ja hallinnossa on kasvussa. Yhä paheneva työvoimapula vallitsee erityisesti bioteknologian sekä solu- ja molekyylibiologian aloilla, joilla väitelleitä tutkijoita on vaikea rekrytoida tutkimusryhmiin. Yliopistojen nykyinen budjettirahoitus ei anna mahdollisuutta peruskoulutuksen lisäämiseen.

Toimikunnan toimialalla tutkijakoulujärjestelmä on kohottanut tutkijankoulutuksen laatua erityisesti sellaisilla aloilla, joilla tutkijankoulutus oli aiemmin heikosti organisoitua. Tutkimustyön pitkäaikainen rahoitus edistää yleensäkin jatko-opintojen valmistumista. Jatkokoulutuksen suunnitelmallisuus on lisääntynyt ja yliopistojen, tutkimuslaitosten ja elinkeinoelämän yhteistyö tutkijankoulutuksessa on parantunut. Toimikunnan alalla on useita tutkimuslaitoksia, joista suuri osa on mukana yhdessä tai useammassa tutkijakoulussa. Tutkimuslaitosten sitoutuminen tutkijakoulun toimintaan ja tavoitteisiin varmistaa työelämässäänkin entistä pitempiaikaisia jaksoja tutkimustyölle. Lisäksi yhteistyö on lisännyt tutkimuslaitosten tutkijoiden julkaisuaktiivisuutta kansainvälisissä sarjoissa. Tutkijakoulujärjestelmä on tuonut organisoidun tutkijakoulutuksen mallin myös tutkijakoulujen ulkopuolella tapahtuvaan tutkijakoulutukseen.

Väitöksen jälkeisessä *tutkijatohtorivaiheessa* joko itsenäistytään tutkijana tai pätevoidytään asiantuntijaksi tutkimusmaailman ulkopuolelle. Tutkijakoulujärjestelmän vakiinnuttua toimikunta on pyrkinyt suuntaamaan rahoitustaan entistä enemmän tutkijatohtorivaiheeseen erityyppisten tutkijatohtorinmäärärahojen, yleisen tutkimusmääräraha-haun hankkeiden ja tutkimusohjelmien yhteydessä.

Toimikunnan monilla tutkimusaloilla on ammattimaista tutkijanuraa suunnittelevan usein välttämätöntä viettää tutkijatohtorikausi ulkomailla. Tällainen kausi paitsi auttaa itsenäistymään, myös luo tutkijalle välttämättömiä kansainvälisiä kontakteja. Toimikunnan myöntämät apurahat tutkijankoulutukseen ja työskentelyyn ulkomailla on pääsääntöisesti suunnattu juuri väitelleille. Näyttää siltä, että toimikunnan alalla äskettäin väitelleet siirtyvät helpommin ulkomaille kuin vaihtavat tutkimusympäristöä Suomessa. Tulisikin selvittää minkälaiset rakenteelliset ym. esteet ovat syynä kotimaisen liikkuvuuden suhteelliseen vähäisyyteen ja ryhdyttävä toimenpiteisiin niiden poistamiseksi. Väitelleitä on kannustettava tutkimusympäristön vaihtamiseen kotimaassa.

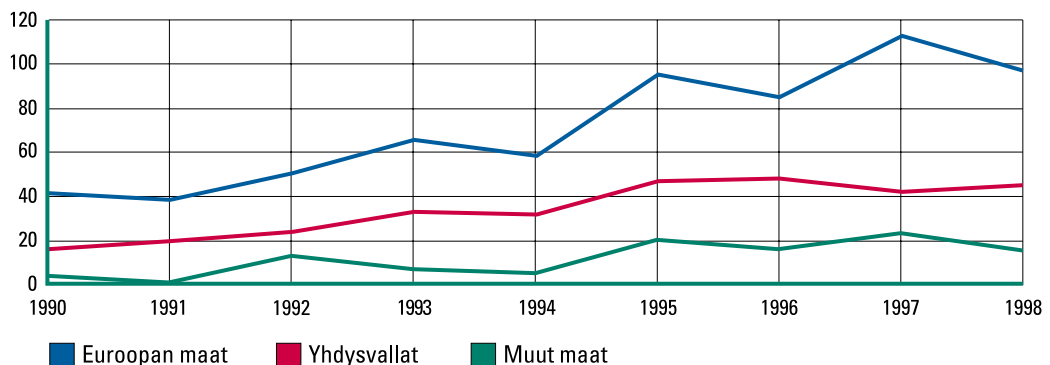
Akatemian *vanhemman tutkijan virkojen* lisääminen on mahdollistanut sen, että virkoihin on voitu nimittää sekä pidemmälle ehtineitä että nuoria tutkijoita. Toimikunnalla oli vanhemman tutkijan virkoja 15 (joista naisia 4) vuonna 1996 ja 26 (joista naisia 11) vuonna 1999. Naisten suhteellinen osuus on kasvanut tasaisesti. Vanhemman tutkijan virkakauden aikana tai sen päättyessä tutkijat usein siirtyvät professorin virkoihin. Professori voi hakea *vartuneen tutkijan määrärahaa*, jonka turvin voi keskittyä tutkimuksen tekemiseen. *Akatemiaprofessoreita* toimikunnan toimialalla oli vuoden 1999 lopussa kuusi, joista kaksi naista.

## 3 Kokonaiskuvien luomiseen yhteistyöllä

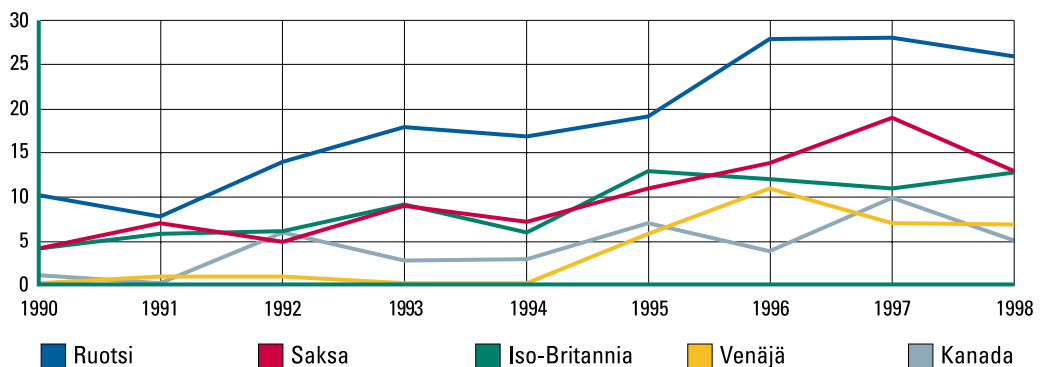
### 3.1 Yhteistyön kansainvälistyminen

Useimmille toimikunnan toimialan tutkijoille kotimainen verkottuminen on jo pitkään ollut perusedellytys laadukkaaseen tutkimuksen tekemiselle. Sen sijaan tutkijoiden kansainvälistyminen on laajassa mitassa alkanut vasta 1990-luvulla. Toimikunnan toimialan 45 korkeatasoisesta tieteellisestä sarjajulkaisusta selvitettiin kaikki suomalaisten tutkimusorganisaatioiden yhteisartikkelit muiden maiden tutkijoiden kanssa 1990-luvulla. Kansainvälinen julkaisuyhteistyö toimikunnan toimialalla on lisääntynyt 1990-luvulla erityisesti Euroopan maiden kanssa (kuvio 2). Yhdysvaltojen kanssa yhteistyö ei ole lisääntynyt yhtä nopeasti, mutta on määrällisesti huomattavaa. Kolmenkymmenen Euroopan maan ja Yhdysvaltojen lisäksi yhteistyötä on tehty yhteensä 17 muun maan kanssa. Eniten julkaisuyhteistyötä on Yhdysvaltojen lisäksi ollut Ruotsin, Saksan, Iso-Britannian, Venäjän ja Kanadan kanssa, joista erityisesti Ruotsin ja Saksan kanssa tehtävä yhteistyö selittää eurooppalaisen yhteistyön nopeaa kasvua (kuvio 3). Venäjän kanssa tehtävä julkaisuyhteistyö on lisääntynyt 1990-luvun puolivälin jälkeen.

■ Kuvio 2. Suomalaisien tutkimusorganisaatioiden yhteisartikkelien määrä Euroopan maiden, Yhdysvaltojen ja muiden maiden tutkijoiden kanssa 45 sarjajulkaisussa 1990-luvulla.



■ Kuvio 3. Suomalaisien tutkimusorganisaatioiden yhteisartikkelien määrä eräiden maiden tutkijoiden kanssa 45 sarjajulkaisussa 1990-luvulla.



Euroopan unionin tutkimuksen neljännen puiteohjelman (1994–1998) kaikista eri ohjelmista suomalaisia yliopistoja ja tutkimuslaitoksia osallistui eniten ympäristö ja ilmasto (ENV2) -ohjelmaan. EU:n vuosina 1998–2002 toteutettavan viidennen puiteohjelman ensimmäisellä hakukierroksella suomalaisia oli mukana 56 hyväksytyssä toimikunnan toimialan hankkeessa. Yhteistyötahoja oli kaikkiaan 32 valtiosta, eniten Iso-Britanniasta, Saksasta, Ranskasta, Ruotsista, Italiasta ja Espanjasta. Suomalaisia osallistuu eniten temaattisen ohjelman ”Elämänlaatu ja luonnonvarojen hallinta” avaintoimintoon ”Kestävä maa-, kala- ja metsätalous sekä maaseudun kokonaisvaltainen kehittäminen” ja temaattisen ohjelman ”Energia, ympäristö ja kestävä kehitys” avaintoimintoon ”Maailmanlaajuiset muutokset, ilmasto ja luonnon monimuotoisuus”. Molemmissa ohjelmissa suomalaisten hakumenestys oli melko hyvä. Sen sijaan suomalaisten aktiivisuus hankkeiden koordinaattoreina näyttää ensimmäisen haun perusteella hieman laskeneen aiemmista vuosista.

Toimikunnan yleisessä tutkimusmäärärahaussa vuosina 1997–1999 rahoittamien hankkeiden yhteistyötahoja tarkasteltiin yhteensä 137 hakemuksesta. Eri maiden kanssa suunnitellun yhteistyön vilkkautta tutkittiin laskemalla, montako tahoja kustakin maasta esiintyi rahoitettujen hankkeiden yhteistyökumppaneina. Tällaisia yhteistyösuhteita kertyi vuosilta 1997–1999 kaikkiaan 26 valtion kanssa. Eniten yhteistyötä tehtiin Yhdysvaltojen, Ruotsin, Saksan, Iso-Britannian, Venäjän ja Kanadan kanssa. Kuuden tavallisimman maan ryhmä pysyi tarkastelujakson ajan samana, samoin kolmen ensimmäisen keskinäinen järjestys. Kymmenen joukossa olivat lisäksi Alankomaat, Japani, Espanja ja Tanska. Kuuden yhteistyömaan kärki hankevertailussa on sama kuin kuvassa 3 esitetty suomalaistutkijoiden yhteisartikkelimaiden kehitys. Myös artikkelivertailussa kymmenen joukkoon mahtuivat Alankomaat ja Japani. Näiden lisäksi mukana olivat Ranska ja Norja. Tanska oli artikkelivertailussa 12., mutta Espanja vasta 18.

Toimikunnan rahoittamien hankkeiden yhteistyötahot oli eritelty yksityiskohtaisesti 115 hankkeessa. Niissä yhteistyötahoja oli yhteensä keskimäärin 4,7 tahoja hanketta kohti, joista keskimäärin 2,8 ulkomaisia ja 1,6 kotimaisia julkisen sektorin tahoja sekä 0,1 ulkomaista ja 0,2 kotimaista yritystä ja 0,1 muuta organisaatiota hanketta kohti. Määrät vaihtelivat hyvin vähän eri vuosina.



### 3.2 Tieteenalojen välinen yhteistyö

Toimikunnan toimialaan sisältyvä tutkimus on peruslähtökohdiltaan usein monitieteistä ja tieteidenvälistä. Tieteenalojen välisen integraation syvyys voidaan nähdä eräänlaisena jatkumona, jonka vaiheita on pyritty tunnistamaan ja määrittelemään<sup>1</sup>. Monitieteisen tai tieteidenvälisen tutkimuksen suorituspaikkoina valtion tutkimuslaitokset ovat peruslähtökohdiltaan ongelmakeskeisiä organisaatioita. Laitoksissa on voinut kehittyä tutkimusaloja helpommin kuin koulutus- ja tieteenalajakoon perustuvasa akateemisessa ympäristössä. Yliopistoissa monitieteistä tutkimusta vaikeuttavat perinteiset tieteenalapohjaiset laitosrajat. Helsingin, Oulun ja Turun yliopistoihin on rakentunut myös esimerkiksi monialaisia ja monitieteisiä biokeskuksia. Turun yliopiston vaikuttavuutta arvioinut kansainvälinen arviointiryhmä piti monitieteisyyden luonteen korostamista yliopistossa strategisesti onnistuneena ratkaisuna. Myös yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa toimivat huippuyksiköt ovat usein luonteeltaan monitieteisiä. Yliopistoissa on alettu kiinnittää huomiota opiskelijoiden koulutuksen monipuolisuuden lisäämiseen, ja nuoria tutkijoita perehdytetään yhä useammin monitieteiseen ajatteluun.

Suomen Akatemian ja muiden rahoittajien yhteiset tutkimusohjelmat ovat lähtökohtaisesti monitieteisiä ja usein ongelmakeskeisiä. Hankkeet yhdistyvät yleensä monitieteisiksi konsortioiksi. Tutkimusohjelmille asetetuissa tavoitteissa korostetaan monitieteisen ja tieteidenvälisen yhteistyön luomista ja kehittämistä, ja tavoitteiden toteutumista arvioidaan ohjelmien päätyttyä. Suurten tutkimusohjelmien onnistumista kokonaisuutena arvioi yleensä tieteidenvälisen tutkimusotteen tuntevista asiantuntijoista koostuva paneeli. Usein tutkijoiden välinen monitieteinen yhteistyö on arvioitu liian löyhäksi. Esimerkiksi Biodiversiteettitutkimusohjelman (FIBRE) väliarviointipaneeli kiinnitti huomiota muodollisesti monitieteisiin ryhmiin, joissa aktiivinen vuorovaikutus tieteenalojen välillä oli vähäistä tai puuttui kokonaan. Ohjelman jatkokaudelle arvioijat toivoivat enemmän tieteidenvälisiä tutkimusympäristöjä ja uusia yhteyksiä tieteenalojen välillä. Monitieteisyyden huomioonottamiseksi olisi olennaista, että konsortiot arvioitaisiin hakuvaiheessa kokonaisuutena. Myöskään Ympäristönkunnostuksen tutkimusohjelmassa (RESTORE 2000) ei tehty riittävästi yhteistyötä hankkeiden välillä. Parhailaan käynnissä olevien tutkimusohjelmien koordinaattoreiden rooli hankkeiden välisen yhteistyön kehittämisessä onkin hyvin tärkeä.

---

<sup>1</sup> Seuraavassa eräs mahdollinen tieteenalojen välisen integraation asteiden jaottelu (Viinikainen 1997 mukaan): *Monitieteisyys* (multidisciplinarity) merkitsee tietyn ongelma-alueen analysoimista samanaikaisesti usean eri tieteenalan näkökulmasta. Erillisten tieteiden rajallisuus ongelman hahmottamisessa ja ratkaisussa tunnustetaan, ja siksi eri tieteiden panokset kootaan yhteen esimerkiksi yhteisen tutkimushankkeen tai julkaisun muodossa. Varsinainen tieteenalojen välinen vuorovaikutus jää kuitenkin vähäiseksi.

*Tieteidenvälisyys* (interdisciplinarity) vie integraation syvemmälle: itse tutkimuksessa hyödynnetään myös toisten tieteenalojen käsitteitä, menetelmiä ja näkökulmia. Vuorovaikutus tutkijoiden ja tieteiden välillä on järjestelmällinen prosessi, jossa kysymyksiä esitetään yhden tieteenalan näkökulmasta toiselle tieteenalalle.

*Poikkitieteellisyys* (transdisciplinarity) tarkoittaa yhteistä, aikaisemmasta poikkeavaa teoreettista viitekehystä ja käsitteellistä yhdenmukaisuutta. Tämä merkitsee samalla uuden tieteenalan muodostumista, tai ainakin vastaamisyritystä totutuista alojen rajoista poikkeaviin kysymyksiin. Poikkitieteellisyys on määritelty myös siten, että tutkimustulosten hyödyntäjät (lay persons, stakeholders) ovat tutkimusprosessissa mukana alusta loppuun (Proceedings of the International Transdisciplinarity 2000 Conference, Workbooks I, II, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland 2000).

Tutkivat työpajat ja suunnatut haut ovat nopeita ja joustavia keinoja vastata uusien teemojen ja kysymysten esille tuomiin haasteisiin. Akatemian järjestämät tutkivat työpajat neurotieteistä ja funktionaalisesta genomitutkimuksesta loivat osaltaan pohjaa Biologisten funktioiden tutkimusohjelman (Life 2000) aloittamiselle vuonna 2000. Biotieteiden nopea kehitys on nostanut esille eettisiä ja sosiokulttuurisia ulottuvuuksia, joihin liittyy monitahoisia kysymyksiä. Nämä kysymykset sisältyivät kuitenkin vain muutamaan hakemukseen ja monitieteinen tutkimus toteutunee ohjelmassa lähinnä vain biotieteiden välillä. Loppuvuonna 2000 toimikunta järjestää Itämeren tutkimuksesta tutkivan työpajan, jossa pohditaan laajasti Itämeren tilaan liittyviä kysymyksiä, mukaan lukien sosioekonomiset näkökohdat.

Monitieteisyyden toteutuminen yksittäisten tutkimushankkeiden sisällä on tärkeää, jotta voidaan luoda uusia kohdennuksia ja elementtejä tutkimuskulttuuriin. Toimikunnan yleisessä toukokuun tutkimusmäärärahaossa vuosina 1997, 1998 ja 1999 rahoittamista hankkeista vuosittain noin 40 prosenttia oli monitieteisiä. Vuoden 1999 osalta tutkittiin myös rahoittamattomat hakemukset. Myös näistä noin 40 prosenttia oli monitieteisiä. Eli 1990-luvun loppupuolella toimikunta on rahoittanut monitieteisiä hankkeita ja yhden tieteenalan sisäisiä hankkeita suhteessa 2:3. Monitieteisyyden astetta ja tieteiden välistä integraatiota on vaikea arvioida, mutta ainakin muutamia selkeästi tieteidenvälisiä hankkeita oli joukossa. Monitieteisistä rahoitetuista hankkeista suurin osa oli biotieteiden tieteenalojen välisiä, kymmenesosa biotieteiden ja yhteiskuntatieteiden välisiä ja kymmenesosa biotieteiden ja fysiikan tai tekniikan välisiä.

Monitieteistä ja tieteidenvälistä tutkimusta syntyy siis luontevasti biotieteiden välille, erityisesti sellaisten toisiaan lähellä olevien alojen kuin solu- ja molekyylibiologia tai perinnöllisyystiede. Tutkimusotteiden väliset erot voivat olla pieniä ja yhteistyö siten helpompaa. Sen sijaan bio- ja ympäristötieteiden ja yhteiskuntatieteiden välisen tutkimusyhteistyön luominen on ollut vaikeaa. Tämä johtuu osittain luonnontieteilijöiden ja yhteiskuntatieteilijöiden erillään toimimisesta ja erilaisesta tutkimuskulttuurista ja menetelmistä. Yhteiskuntatieteellisessä ympäristöntutkimuksessa on ongelmana omien tieteellisten käsitteiden puute. Alalla ei toistaiseksi ole riittävästi tutkijakapasiteettia. Koska sen luominen vie vuosikausia, alan tutkijankoulutuksen institutionaalista perustaa olisi ensi tilassa ryhdyttävä vahvistamaan.

Toimikunnan tammikuussa 2000 järjestämä kansainvälinen tutkiva työpaja ”Luonnon ja kulttuurin tilat” herätti suurta kiinnostusta ja aktiivinen osallistuminen kertoi kysymysten ajankohtaisuudesta ja merkittävydestä. Työpajassa pohdittiin luonnontieteellisen, yhteiskuntatieteellisen ja kulttuurintutkimuksen keskinäistä suhdetta, ympäristöön vaikuttavan päätöksenteon luonnetta sekä yhteiskuntatieteellisen ympäristöntutkimuksen menetelmiä. Hyödynnettävän, hallittavan ja esteettisen tilan tutkimus suhteessa luontoon ja ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksiin sisältää ajankohtaisia teemoja, joissa syntyy uusia teoreettisia ja sovellettavia näkökulmia toimikunnan luonnontieteellisten ja yhteiskuntatieteellisten alojen välille. Luonnon ja kulttuurin tiloihin liittyvät ongelmakeskeisen tutkimuksen kohdennukset tukevat muun muassa kestävän kehityksen kaupunkipolitiikkaa, tasapainoista aluepolitiikkaa sekä eri sektoreille suuntautuvaa ympäristöpolitiikkaa. Työpaja kokosi tutkijoita monelta eri alalta ja suuri osa oli nuoria tutkijoita, jotka olivat luomassa verkostojaan ja kasvamassa tut-

kimusympäristöissään. Tämä kuvastaa sekä potentiaalisen tutkija-aineoksen olemassaoloa että nykyisen tutkijankoulutuksen vähäisyyttä.

### 3.3 Perus- ja soveltava tutkimus

Perus- ja soveltavan tutkimuksen<sup>2</sup> väliset yhteydet ovat lisääntyneet ja vuorovaikutus on tiivistynyt 1990-luvulla. Yliopistojen ja tutkimuslaitosten yhteistyö elinkeinoelämän kanssa on lisääntynyt. Tiedepuistoissa tai teknologiakylissä toimivat Helsingin, Kuopion, Turun ja Oulun yliopistojen biokeskukset ovat suorassa yhteydessä yrityksiin. Esimerkiksi Lounais-Suomen alueella on merkittävä osa Suomen biotekniikkaan perustuvasta teollisuudesta. Kuopion yliopistosta on kehittynyt kansallisesti ja kansainvälisesti tärkeä terveys-, bio- ja ympäristötieteiden keskus, joka on toteuttanut monia innovatiivisia tutkimus- ja kehitysprojekteja niihin liittyvine kaupallisine tuotteistamisineen. Jyväskylän yliopistossa toteutettiin 1990-luvulla soveltavien luonnontieteiden kehittämisohjelma, johon kuuluivat muun muassa molekyylibiologia, biotekniikka ja ympäristötieteet. Ohjelman erityispiirteenä oli yliopiston ja elinkeinoelämän yhteyksien korostaminen.

Tiedon tuottaminen yhteiskunnallisen päätöksenteon pohjaksi on yksi tutkimuslaitosten perustehtävistä, joten niissä tehdään paljon soveltavaa tutkimusta. Yhteistyötä elinkeinoelämän kanssa on lisätty 1990-luvulla ja erityisesti sen jälkipuoliskolla. Taloustieteellinen osaaminen ja yhteydet alan tutkimukseen ovat kehittämisen kohteena monessa tutkimuslaitoksessa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus on suunnannut tutkimus- ja kehittämistoimintaansa teollisuutta ja yhteiskuntaa hyödyttäviin hankkeisiin. Biotieteiden nopean kehityksen vuoksi VTT:n budjettirahoituksessa on panostettu bio- ja elintarviketekniikan rahoitukseen ja tulosten hyödyntämiseen. Suomen ympäristökeskuksen ja elinkeinoelämän yhteistyöhankkeissa toteutetut sektorikohtaiset (metsä-, metalli- ja elintarviketeollisuus) elinkaarianalyytitutkimukset auttavat merkittävästi yritysten ympäristöinvestointien suuntaamisessa optimaalisesti. Maa- ja metsätalousministeriön tavoitteena on kehittää Metsätutkimuslaitosta osana metsäalan innovaatiotoimintaa. Maatalouden tutkimuskeskus osallistuu teknologian kehittämiseen ja siirtoon alan yrityksille, minkä yhteydessä on valmistunut useita käytännön maataloustoiminnalle tärkeitä tuotteita.

Rahoittajien välinen yhteistyö edistää tarvittaessa perus- ja soveltavan tutkimuksen välistä integraatiota ja voi nopeuttaa tutkimuksen hyödyntämistä. Toimikunta rahoittaa yhdessä Tekesin kanssa useita hankekonsortioita eri tutkimusohjelmissa. Hyviä kokemuksia on saatu usean rahoittajan yhteistyöstä mm. ympäristöklusterin ja metsäklusterin tutkimusohjelmissa.

Suomen Akatemian ensisijaisena tehtävänä on perustutkimuksen rahoittaminen. Toimikunnan vuosina 1997–1999 toukokuun yleisessä tutkimusmäärärahaossa rahoittamista hankkeista 30–45 prosenttia oli perustutkimusta, jolle ei kuvattu sovellusmah-

<sup>2</sup> OECD:n kehittämän määritelmän mukaan *perustutkimuksen* tavoitteena on esimerkiksi uusien lainalaisuuksien etsiminen ja todentaminen. *Soveltava tutkimus* pyrkii esimerkiksi soveltamaan perustutkimuksen tuloksia käytäntöön tai etsimään keinoja tietyn ongelman ratkaisemiseen. *Kehittämistoiminnan* tavoitteena on tutkimustiedon ja käytännön kokemusten hyödyntämiseen perustuva uudenlaisten tuotteiden ja tuotantoprosessien luominen tai olemassa olevien parantaminen.

## Sisällys

## YL sisällys

dollisuuksia. Vastaava osuus, 30–45 prosenttia hankkeista, oli perustutkimusta, jolle kuvattiin sovellusmahdollisuuksia. Noin 15 prosenttia hakijoista ilmoitti hankkeessa tehtävän yhteistyötä soveltavan tutkimuksen kanssa. Vain muutama rahoitettu hanke oli selvästi soveltava, esimerkiksi biotekniikkaa.

Toimikunnan rahoittamissa hankkeissa oli yhteistyötahoja hanketta kohti keskimäärin 4,7. Näistä keskimäärin 0,2 oli kotimaisia ja 0,1 ulkomaisia yrityksiä. Yrityksiä oli rahoitetuissa 137 hankkeessa mukana kaikkiaan 33. Näistä kuudentoista osuudeksi oli ilmoitettu tutkimus. Tutkimusaineistoa tarjosi yhdeksän yritystä, kun taas kuusi oli suuntautunut tuotekehittelyyn, patentointiin ja kaupallistamiseen. Kaikki viimeksi mainitun ryhmän yritykset olivat kotimaisia.

## 4 Tutkimustoiminnalla monimuotoisia vaikutuksia

Tutkimuksen voidaan sanoa olevan yhteiskunnallisesti vaikuttavaa aina silloin, kun se edistää joitakin yhteiskunnassa tärkeinä pidettyjä arvoja. Tässä luvussa hahmotellaan tutkimuksen tieteellisiä, yhteiskunnallisia, teknisiä ja taloudellisia vaikutuksia toimikunnan toimialan esimerkkien avulla. Tutkimustoiminnan tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta on pohdittu laajasti yleisen osan luvussa 4.

Perustutkimus ja sen tulokset edistävät niin tieteellistä kuin myös yhteiskunnallista ja teknistä kehitystä. Perustutkimuksen teollis-taloudelliset vaikutukset ja hyödyt ovat pääasiassa välillisiä ja monitahoisia. Tutkimuksen vaikuttavuutta arvioitaessa vaikeutena on löytää yhteismitallisia ja vertailukelpoisia suureita, joilla tutkimuksen vaikuttavuutta voitaisiin arvioida. Ongelmana on myös se, että yksittäisten tutkimushankkeiden vaikutukset kanavoituvat yhteiskuntaan useilla eri tavoilla. Hedelmällisempi lähestymistapa onkin etsiä esimerkiksi kunkin tutkimushankkeen vaikuttavuudelle useita erilaisia indikaattoreita. Tällöin tutkimuksen vaikuttavuutta voisi kuvata vaikuttavuusindikaattoreiden määrä ja vaikutuskanavien haaroittuminen. Käytännössä vaikuttavuuden kanavoitumisen ja haaroittumisen luotettava tai edes jotakuinkin kattava arvioiminen on mahdollista vasta vuosia tutkimustulosten tai -sovellusten julkistamisen jälkeen (ks. tapausesimerkki 1.). Kun tähän lisätään vielä aika, joka tutkimuksen aloittamisesta on kulunut tutkimustulosten tai -sovellusten julkistamiseen, puhutaan usein yli kymmenen vuoden ajanjaksosta. Kuitenkin esimerkiksi nopeasti kehittyvissä biotieteissä ajanjakso voi olla huomattavasti lyhyempi.

### 4.1 Tutkimuksen tuloksellisuus

Uuden tiedon tuottamisen ja soveltamisen sekä tieteellisen asiantuntemuksen korostaminen on aina ollut tärkeää tiedeyhteisössä, mutta myös laajemmin yhteiskunnassa. Tutkimustiedot ja -taidot leviävät tiedeyhteisössä julkaisujen ja erilaisen tutkijoiden välisten muodollisten ja epämuodollisten yhteistyökuvioiden sekä opetuksen välityksellä. Tässä tarkastellaan suomalaisen tutkimustoiminnan saavutuksia toimikunnan toimialalla *julkaisu- ja viittausanalyysin* avulla<sup>3</sup>. Suomalaisten tutkijoiden julkaisumääriä tarkastellaan suhteessa asukaslukuun. Tutkimuksen laatua ja vaikuttavuutta arvioidaan suhteuttamalla suomalaisten julkaisujen saamia viittauksia julkaisujen määrään. Julkaisu- ja viittausmääriä arvioidaan Institute for Scientific Informationin tietokannan tutkimusalaluokituksen<sup>4</sup> pohjautuen. Tietokannan tutkimusalaluokista toimikunnan toimialaan kuuluvat kokonaan biologia ja biokemia, ekologia ja ympäristötieteet, kasvi- ja eläintieteet, maataloustieteet, mikrobiologia sekä molekyylibiologia ja perinnöllisyystiede, ja neurotieteet osittain. Osa toimikunnan toimialan tutkimuksesta puuttuu tarkastelusta kokonaan.

1980-luvun loppupuolella kaikki tarkastellut luokat olivat jäljessä kansainvälisestä kehityksestä sekä julkaisumäärien että viittausten perusteella arvioituna (taulukot 2

<sup>3</sup> Julkaisu- ja viittausanalyysin tuloksin rajoituksia käsitellään tarkemmin yleisen osan luvussa 4.3 ja liitteessä 1.

<sup>4</sup> Luokitus, julkaisumäärät ja julkaisujen saamat viittausmäärät on saatu yhdysvaltalaisen Institute for Scientific Informationin (ISI) tietokannasta National Science Indicators on Diskette (NSIOD) 1981–1999, ks. yleisen osan liite 1.

■ **Tapausesimerkki 1. Metsätieteellisen tutkimuksen vaikutus yhteiskuntaan.**

*Professori Seppo Kellomäki, Joensuun yliopisto*

*Metsätieteellinen tutkimus on metsätalouteen ja metsäsektoriin kohdistuvaa perus- ja soveltavaa tutkimusta. Se yhdistää biologista, ekologista, teknistä, taloudellista ja yhteiskuntatieteellistä tutkimusta metsätalouden ja metsäsektorin kehittämiseksi.*

*Metsätieteellinen tutkimus on ongelmakeskeistä ja monitieteistä tutkimusta, joka vaikuttaa monin tavoin yhteiskuntaan. Metsävaratiedot luovat perustan metsänkätölle ja hoidolle sekä metsänkätön ohjaukselle. Metsäpolitiikan toteutuksessa tarvitaan toimenpiteiden ja lainsäädännön tasolla tapahtuvaa normitusta. Metsät ovat myös tärkeä osa ympäristöä, ja ne ovat avainasemassa mm. suojelemaan biodiversiteettiä ja sidottaessa ilmahan hiiltä tarkoituksenmukaista maankäyttöä soveltaen.*

*Metsäntutkimus, kuten muukin tutkimus luo uutta ajattelua ja uusia toimintatapoja. Myös metsätieteellisessä tutkimuksessa uudet innovaatiot voidaan vain harvoin liittää yhteen avaintutkimukseen, sillä uudet linjaukset syntyvät tavallisesti pitkäaikaisen ja monia tutkimuksia yhdistävän työn tuloksena. Hyvän esimerkin poikkeuksellisen voimakkaasti vaikuttaneesta tutkimuksesta tarjoaa kuitenkin prof. Gustav Sirénin väitöskirja vuodelta 1955: *The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology* (Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta). *Acta Forestalia Fennica* 62:1- 408.*

*Prof. Gustav Sirénin väitöskirjatutkimuksen taustalla oli yhteiskunnallinen tarve ottaa käyttöön Pohjois-Suomen metsävarat kehitettäessä Suomea kohti nykyistä hyvinvointivaltiota. Toisaalta ennen toista maailman sotaa tehdyissä tutkimuksissa oli korostettu Pohjois-Suomen metsien haavoittuvuutta ilmastolliselle vaihtelulle, ja kaikkein pohjoisimpien metsien tärkeimpänä tehtävänä pidettiin suojata metsien olemassaoloa. Pohjois-Suomen metsien laajamittaisen ja kestävän hyväksikäytön edellytyksenä pidettiin hyvin onnistuvaa metsänuudistamista.*

*Väitöskirjatutkimuksessaan prof. Sirén osoitti, että tuoreiden kangasmetsien paksusammalkuusikot voitiin avohakkuuta, kulotusta ja metsänviljelyä hyväksi käyttäen muuttaa männiköiksi, joiden kasvu oli huomattavasti nopeampaa kuin vastaavien kuusikoiden. Tutkimus loi uskoa, että tehokkaasti hoidettuina Pohjois-Suomen metsät voisivat kasvaa tunnetusti enemmän kuin luontaista uudistamista ja varovaisia harvennuksia käytettäessä. Myöhempi tutkimus on toki osoittanut, että Sirénin tulokset eivät olleet lopullinen ratkaisu Pohjois-Suomen metsänuudistamisen ongelmiin, vaan suurilmaston vaihtelu vaikuttaa edelleenkin suuresti metsän uudistumiseen ja kasvuun Pohjois-Suomessa. Myöhempi metsänviljelytutkimus on myös osoittanut, että tuoreiden kankaiden uudistamistulos riippuu suuresti myös maan rae-koostumuksesta ja maan kosteussuhteista.*

*Prof. Sirénin väitöskirjatutkimusta voidaan kuitenkin pitää lähtökohtana Pohjois-Suomen metsätalouden sellaiselle kehittämiselle, jossa metsien tarjoamia mahdollisuuksia pyrittiin käyttämään tehokkaasti ja monipuolisesti yhteiskunnan tarpeisiin. Hakkuut ja metsänhoito loivat runsaasti työpaikkoja, jotka kattoivat koko ketjun kannolta sahoille ja sellutehtaille. Myös uutta teollisuutta syntyi, kuten Kemijärven sellutehdas 1960-luvulla. Myös puunkorjuussa ja metsänhoidossa tarvittiin koneita, jotka rakennettiin intensiivisen ja laajamittaisen metsätalouden tarpeisiin. Aina 1970-luvulle saakka metsätalous tai laajemmin metsäsektori kerrannaisvaikutuksineen loi työllisyyttä ja hyvinvointia, jota ilman väestön muutto Etelä-Suomeen ja Ruotsiin olisi alkanut huomattavasti aikaisemmin. Tässä kehityksessä prof. Gustav Sirénin väitöskirjatutkimus sattui toisen maailmansodan jälkeiseen murrekseen, jossa se loi uskoa ja uskallusta käyttää Pohjois-Suomen metsiä yhteiskunnan kehittämiseen.*

ja 3). 1990-luvulla suomalaisten tutkijoiden julkaisutoiminta kehittyi useilla aloilla nopeammin kuin vertailumaissa ja Suomi siirtyi asukaslukuunsa nähden samalle tasolle kuin johtavat teollisuusmaat. Vertailumaihin nähden julkaisumäärä kasvoi 1990-luvulla jyrkimmin ekologian ja ympäristötieteiden, neurotieteiden ja kasvi- ja eläintieteiden aloilla. Viittauskertoimet paranivat 1990-luvun jälkipuoliskolla erityisesti maataloustieteissä sekä molekyylibiologiassa ja perinnöllisyystieteessä. Viittausanalyysin mukaan Suomi oli näillä aloilla aivan kansainvälisen kärjen tuntu-massa. Molempien analyysien perusteella olimme kuitenkin maataloustieteitä sekä molekyylibiologiaa ja perinnöllisyystiedettä lukuun ottamatta Ruotsia jäljessä.

■ Taulukko 2. Julkaisumäärät kymmentätuhatta asukasta\* kohti tutkimusaloittain vuosina 1985–1989, 1990–1994 ja 1995–1999 Suomessa ja eräissä OECD-maissa.

	Biologia ja biokemia			Ekologia ja ympäristötieteet			Kasvi- ja eläintieteet			Maataloustieteet		
	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999
Iso-Britannia	3,8	4,2	4,6	0,7	0,8	1,3	2,8	2,9	3,3	0,9	0,8	0,9
Japani	1,9	2,3	2,3	0,1	0,2	0,2	0,9	1,1	1,2	0,7	0,7	0,7
Ranska	2,7	2,9	3,2	0,3	0,4	0,6	1,5	1,8	2,0	0,5	0,6	0,7
Ruotsi	7,0	7,2	7,9	1,6	2,1	2,9	2,9	4,0	4,8	1,0	1,0	1,2
Saksa	2,4	2,3	2,6	0,5	0,5	0,6	2,3	1,9	1,9	0,9	0,7	0,7
Suomi	3,4	4,3	5,0	0,9	1,5	2,6	2,4	3,3	4,6	1,2	1,4	1,5
Yhdysvallat	3,8	4,2	3,9	1,0	1,1	1,2	2,9	2,9	2,6	1,0	0,9	0,8

	Mikrobiologia			Molekyylibiologia ja perinnöllisyystiede			Neurotieteet		
	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999
Iso-Britannia	1,3	1,4	1,5	1,1	1,5	1,9	1,6	1,9	2,3
Japani	0,5	0,6	0,6	0,3	0,5	0,8	0,5	0,7	1,0
Ranska	0,6	0,8	1,1	0,7	1,1	1,4	0,8	1,2	1,4
Ruotsi	1,6	1,8	1,8	1,4	2,0	2,4	3,2	3,9	4,4
Saksa	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	1,2	0,8	0,9	1,4
Suomi	0,9	1,3	1,4	1,1	1,4	2,0	1,6	2,4	3,5
Yhdysvallat	1,0	1,1	1,0	1,1	1,5	1,9	1,9	2,1	2,3

\* Vuoden 1999 asukasluvuna on käytetty vuoden 1998 tietoja.

■ Taulukko 3. Viittauskertoimet (viittausten määrä/julkaisujen määrä) tutkimusaloittain vuosina 1985–1989, 1990–1994 ja 1995–1999 Suomessa ja eräissä OECD-maissa.

	Biologia ja biokemia			Ekologia ja ympäristötieteet			Kasvi- ja eläintieteet			Maataloustieteet		
	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999
Iso-Britannia	5,7	6,6	7,5	2,1	2,2	3,4	2,4	2,7	3,6	1,9	2,0	2,7
Japani	4,3	5,2	5,6	1,5	1,3	2,2	1,5	1,7	2,1	1,6	1,6	1,8
Ranska	4,3	5,4	6,1	1,4	1,8	2,9	1,5	1,9	2,9	1,4	1,8	2,4
Ruotsi	6,1	6,3	7,4	2,8	3,0	3,6	2,5	2,8	3,3	2,6	2,2	2,5
Saksa	5,4	6,4	7,3	1,6	2,0	2,9	1,7	2,1	2,9	1,0	1,2	1,7
Suomi	4,2	5,7	7,0	2,6	2,6	3,1	1,6	1,7	2,5	1,0	1,3	2,6
Yhdysvallat	7,7	8,8	9,6	2,4	2,5	3,4	2,1	2,4	3,2	1,5	2,0	2,5

	Mikrobiologia			Molekyylibiologia ja perinnöllisyystiede			Neurotieteet		
	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999	1985–1989	1990–1994	1995–1999
Iso-Britannia	4,7	5,6	6,6	10,4	13,0	14,3	5,5	6,3	7,5
Japani	3,6	3,9	3,9	5,3	7,7	9,1	3,5	4,4	4,7
Ranska	4,5	5,7	6,0	8,4	10,1	11,4	4,5	5,0	6,3
Ruotsi	4,8	6,1	6,8	7,7	9,5	10,4	6,4	6,4	6,9
Saksa	4,8	5,4	6,3	10,2	12,7	12,7	4,5	6,5	7,1
Suomi	4,6	5,0	5,7	6,8	8,5	13,1	3,3	4,2	5,9
Yhdysvallat	7,3	7,5	8,6	12,5	16,0	17,1	5,8	7,2	8,7



Suomalaisten julkaisuaktiivisuus voidaan suhteuttaa kaikkien tietokannassa olevien maiden aktiivisuuteen laskemalla suomalaisten julkaisujen osuus koko maailman vuotuisista julkaisuista (taulukko 4). Suomen osuus koko maailman julkaisuista on kasvanut kaikilla edellä tarkastelluilla aloilla, eniten ekologiassa ja ympäristötieteissä, kasvi- ja eläintieteissä sekä neurotieteissä.

■ Taulukko 4. Suomalaisten julkaisujen osuus kaikista maailman julkaisuista tutkimusalueittain vuosina 1985–1989, 1990–1994 ja 1995–1999.

Tutkimusalue	Osuus kaikista julkaisuista (%)		
	1985–1989	1990–1994	1995–1999
Biologia ja biokemia	0,72	0,83	0,97
Ekologia ja ympäristötieteet	0,84	1,13	1,61
Kasvi- ja eläintieteet	0,61	0,80	1,11
Maataloustieteet	0,79	0,93	0,98
Mikrobiologia	0,72	0,89	0,94
Molekyylibiologia ja perinnöllisyystiede	0,89	0,86	1,00
Neurotieteet	0,88	1,09	1,34

Taulukossa 5 esitetään Suomen sijoitus viittauskertoimien perusteella eri tutkimusaloilla suhteessa muihin OECD-maihin 1990-luvun loppupuoliskolla. Tässä vertailussa Suomi kuului parhaaseen kolmannekseen maataloustieteiden (5.), molekyylibiologian ja perinnöllisyystieteen (5.) sekä biologian ja biokemian (8.) aloilla.

Tutkijoiden kansainvälistä tieteellistä vaikuttavuutta ja arvostusta voidaan arvioida *tieteellisten sarjajulkaisujen toimituskuntien jäsenyyksien* avulla<sup>5</sup>. Suomalaisten osuus toimikunnan toimialan 129 korkeatasoisen tieteellisen sarjajulkaisun toimituskunnissa vuonna 1999 oli määrällisesti varsin vaatimaton. Toimituskunnissa oli yhteensä 3 920 jäsentä, joista 24 suomalaista. Yhdysvaltalaisen osuus toimituskuntien jäsenistä oli peräti 47 prosenttia, brittiläisten 14 prosenttia, saksalaisten 6 prosenttia, ranskalaisten 4 prosenttia, japanilaisten 3 prosenttia, ruotsalaisten 1,7 prosenttia ja suomalaisten 0,6 prosenttia. Suhteutettaessa määrät asukaslukuun on järjestys seuraava (jäseniä miljoonaa asukasta kohti): Iso-Britannia 9,4; Ruotsi 7,6; USA 7,0; Suomi 4,7; Saksa 3,0; Ranska 2,7 ja Japani 1,0. Tällöin suomalaiset ovat suhteellisen hyvin edustettuina, mutta esimerkiksi ruotsalaiset kuitenkin hyvän matkaa edellä.

Yhteensä 24 suomalaisjäsentä oli mukana 21 eri sarjajulkaisun toimituskunnassa. Kolme kuului kahteen eri toimituskuntaan. Suomalaisista yhdeksän oli jäsenenä ekologian ja evoluutiotutkimuksen, kymmenen muiden biotieteiden (näistä neljä elintarviketieteitä), kolme ympäristötieteiden ja -toksikologian sekä kaksi metsäntutkimuksen alojen toimituskunnissa.

5 Selvityksen aineistoon valittiin sarjajulkaisujen vaikuttavuuskertoimeen (impact factor, ks. yleisen osan luku 4.3 ja liite 1) perustuen paras viides toimikunnan alaan kuuluvien tutkimusalojen (Journal Citation Reports -luokitus 1998) sarjajulkaisuista. Tarkasteluun otettiin ne julkaisut, joiden toimituskuntien jäsenten kotipaikat oli ilmoitettu. Toimituskuntiin luettiin kaikki henkilöt, joilla on oikeus toimittaa käsikirjoituksia asiantuntijoiden arvioitaviksi.

■ Taulukko 5. OECD-maiden viittauskertoimet (viittausten määrä/julkaisujen määrä) tutkimusalaluokittain vuosina 1995–1999.

	Biologia ja biokemia		Ekologia ja ympäristötieteet		Kasvi- ja eläintieteet		Maatalous-tieteet		Mikro-biologia		Molekyylibiologia ja perinnöllisyystiede		Neuro-tieteet	
1.	Sveitsi	10,01	Sveitsi	4,29	Alankomaat	3,56	Alankomaat	2,80	Yhdysvallat	8,60	Yhdysvallat	17,11	Yhdysvallat	8,72
2.	Yhdysvallat	9,57	Islanti	4,00	Iso-Britannia	3,55	Tanska	2,70	Belgia	7,84	Sveitsi	16,76	Sveitsi	8,57
3.	Iso-Britannia	7,46	Ruotsi	3,59	Ruotsi	3,28	Sveitsi	2,69	Sveitsi	7,70	Iso-Britannia	14,27	Iso-Britannia	7,49
4.	Ruotsi	7,39	Alankomaat	3,58	Tanska	3,27	Iso-Britannia	2,66	Alankomaat	7,02	Islanti	13,76	Saksa	7,07
5.	Saksa	7,31	Norja	3,42	Sveitsi	3,27	Suomi	2,56	Itävalta	6,95	Suomi	13,08	Ruotsi	6,93
6.	Kanada	7,19	Yhdysvallat	3,41	Yhdysvallat	3,15	Ruotsi	2,48	Ruotsi	6,80	Saksa	12,68	Kanada	6,83
7.	Alankomaat	7,03	Iso-Britannia	3,40	Islanti	3,04	Yhdysvallat	2,47	Iso-Britannia	6,63	Alankomaat	12,63	Norja	6,79
8.	Suomi	7,01	Tanska	3,28	Kanada	2,89	Ranska	2,37	Saksa	6,29	Itävalta	12,17	Irlanti	6,42
9.	Tanska	6,98	Kanada	3,14	Ranska	2,87	Norja	2,35	Norja	6,18	Kanada	12,13	Uusi-Seelanti	6,41
10.	Belgia	6,69	Suomi	3,12	Saksa	2,86	Islanti	2,32	Kanada	6,06	Ranska	11,43	Ranska	6,30
11.	Islanti	6,26	Australia	3,09	Norja	2,83	Kanada	2,28	Ranska	6,01	Belgia	10,58	Tanska	6,15
12.	Itävalta	6,07	Belgia	2,93	Australia	2,73	Irlanti	2,28	Tanska	5,88	Ruotsi	10,39	Itävalta	6,14
13.	Ranska	6,07	Uusi-Seelanti	2,92	Belgia	2,64	Belgia	2,24	Australia	5,83	Tanska	9,77	Suomi	5,86
14.	Australia	5,97	Ranska	2,87	Suomi	2,49	Australia	2,13	Suomi	5,73	Australia	9,54	Alankomaat	5,81
15.	Japani	5,56	Saksa	2,87	Itävalta	2,46	Espanja	2,04	Irlanti	5,63	Norja	9,31	Belgia	5,62
16.	Norja	5,08	Itävalta	2,57	Uusi-Seelanti	2,30	Uusi-Seelanti	2,00	Uusi-Seelanti	4,96	Japani	9,08	Australia	5,56
17.	Italia	5,04	Irlanti	2,35	Italia	2,19	Japani	1,79	Italia	4,72	Italia	8,92	Unkari	5,42
18.	Uusi-Seelanti	4,78	Espanja	2,25	Portugali	2,15	Italia	1,74	Unkari	4,15	Irlanti	8,52	Italia	5,26
19.	Espanja	4,12	Japani	2,21	Japani	2,12	Saksa	1,73	Espanja	4,14	Turkki	8,45	Espanja	5,01
20.	Irlanti	3,94	Italia	2,20	Espanja	2,10	Portugali	1,59	Islanti	4,13	Uusi-Seelanti	7,31	Japani	4,73
21.	Unkari	3,71	Portugali	2,00	Irlanti	2,00	Meksiko	1,53	Japani	3,92	Espanja	7,12	Islanti	4,13
22.	Kreikka	3,54	Meksiko	1,88	Etelä-Korea	1,66	Etelä-Korea	1,49	Portugali	3,87	Kreikka	6,99	Portugali	4,12
23.	Portugali	3,37	Puola	1,81	Unkari	1,63	Itävalta	1,47	Etelä-Korea	3,76	Portugali	6,56	Kreikka	3,81
24.	Meksiko	3,07	Unkari	1,77	Kreikka	1,62	Kreikka	1,39	Meksiko	3,39	Unkari	5,83	Etelä-Korea	3,76
25.	Puola	2,75	Etelä-Korea	1,44	Meksiko	1,45	Puola	1,25	Puola	2,84	Puola	5,20	Meksiko	3,74
26.	Etelä-Korea	2,75	Kreikka	1,32	Puola	1,45	Turkki	1,15	Turkki	2,83	Meksiko	4,91	Puola	3,74
27.	Turkki	1,92	Turkki	1,26	Turkki	1,13	Unkari	0,86	Kreikka	2,74	Etelä-Korea	3,68	Turkki	2,14
Kaikki maat, keskiarvo		5,58		2,70		2,47		2,01		5,36		9,93		5,65

## 4.2 Kansalaisten tietoisuus ja yhteiskunnallinen mielipiteenmuodostus

Yhteiskunnan monimutkaistuessa kansalaisten ja yhteisöjen valinnat ja osallistuminen päätöksentekoon vaikeutuvat. Kestävä kehitys edellyttää entistä parempaa tietopohjaa ja kykyä tiedon ymmärtämiseen. Ympäristökysymyksissä on pohjimmiltaan kyse muutoksista ympäristön tilassa. Muutosten tie yhteiskunnallisiksi ongelmiksi ja lopulta yksilöiden ja yhteisöjen päätöksiksi on monimutkainen prosessi, jonka lopputulos riippuu muutoksia koskevien tutkimustulosten lisäksi muun muassa historiasta, taloudellisesta tilanteesta, vallitsevista arvoista ja valtasuhteista. Tässä prosessissa tieteellä on monta roolia. Ensinnäkin siltä odotetaan luotettavaa tietoa asioiden tilasta. Tiettyyn rajaan asti ympäristöongelmista ja keinoista niiden lieventämiseksi onkin löydettävissä jonkinlainen tieteellinen varmuus. Tämä pätee kuitenkin parhaimmillaankin vain tarkoin rajattuihin ilmiöihin. Kokonaisuutta tarkasteltaessa törmätään väistämättä arvo- ja tulkintaeroihin.

Tosiasioita koskevien käsitysten lisäksi tiede tarjoaakin myös yhteiskunnallisen keskustelun pohjana toimivia tulkintoja ja käsitejärjestelmiä. Myös tutkimuksen välillinen merkitys ajattelutapojen muokkaajana ja yhteiskunnallisen keskustelun edistäjänä on suuri. Tieteellisen ajattelun perustekijät – avoimuus, systemaattisuus, järjestelmällinen epäily ja pyrkimys objektiivisuuteen – ovat keskeisiä ohjenuoria kaikessa vastuuntuntoisessa yhteiskunnallisessa toiminnassa.

Luonnontieteellinen lähestymistapa, joka yleensä tuottaa yksiselitteisten tosiasioiden sijasta malleja, teorioita ja todennäköisyyksiä, vaikeuttaa kansalaisten ja päätöksentekijöiden mahdollisuuksia arvioida tutkimustuloksia. Esimerkiksi uusien teknologioiden hyötyjen ja niihin liittyvien haittojen ja riskien punnitseminen on hankalaa. 1990-luvulla on keskusteltu muun muassa metsänhoitotavoista ja biodiversiteetin turvaamisesta. Tuore esimerkki on geeniruokakeskustelu, jota ovat hallinneet voimakkaat mielikuvat. Taustatiedon monimutkaisuus ja vaikeudet sen popularisoinnissa haittaavat keskustelua. Ongelma on epäilemättä ollut myös tutkijoiden valmiudessa arvioida tutkimuksen arvosidonnaisuuksia ja keskustella niistä.

Tieteen tuloksia välittävät ja tulkitsevat tutkijoiden lisäksi monet yhteiskunnan tahot. Tieteen tuloksiin vetoaminen on yleistä myös ympäristöpoliittisissa kiistoissa, jolloin tieteellisen argumentoinnin raja silkkään retoriikkaan on toisinaan veteen piirretty viiva. Tämä pätee niin ympäristöjärjestöihin kuin elinkeinoelämänkin edustajiin, hyvänä esimerkkinä ympäristöystävällisyyttä korostavat mainokset.

Suomessa luotetaan varsin hyvin ammattitutkijoihin tiedon esiintuojina ja kommentoijina. Luotettavien tutkimustulosten popularisoinnin merkitys ja asiantuntijakommentoinnin tarve kasvaa tiedon lisääntyessä ja asiantuntemuksen pirstoutuessa. Myös kunnollisen tiede- ja tutkivan journalismin tarve kasvaa. Silloinkin, kun kyse on suhteellisen kiistattoman tiedon levittämisestä, tarvitaan kykyä monimutkaisten asioiden selkeyttämiseen. Tutkimustuloksiin liittyvät epävarmuustekijät olisi kuitenkin tuotava selvästi esiin.

Popularisoinnille on kuitenkin vaikea löytää aikaa, koska tieteellinen arvostus saavutetaan vain laadukkaalla tutkimuksella. Laadukasta popularisointia onkin arvostettava nykyistä enemmän tutkimuksen tieteellisen laadun ohella. Esimerkiksi toimikunnan toimialan seitsemän huippuyksikön (2000–2005) tutkimusryhmät esiintyivät vuosina 1989–1998 yhteensä 73 kertaa tiedotusvälineissä, keskimäärin siis kukin yksikkö kerran vuodessa. Esiintymisiä oli eniten viimeisten viiden vuoden aikana, mikä voi johtua siitä, että tutkimus on alkanut vasta viime vuosina tuottaa enemmän merkittäviä tuloksia. Toisaalta tutkijoiden valmius ja halu popularisointiin on voinut lisääntyä.

Akatemia järjesti syksyllä 1999 kansalaisille laajan ja suositun Biotieteiden katselmuksen (BIO 99). Katselmuksia ajankohtaisista teemoista järjestetään säännöllisin väliajoin. Erityisesti tutkimusohjelmat rakentuvat usein yhteiskunnallisten teemojen ympärille. Tiedemaailman ja muun yhteiskunnan vuorovaikutuksen lisäämiseksi Akatemian tutkimusohjelmien yhteydessä voitaisiin järjestää kansalaisille suunnattuja tilaisuuksia, joissa kansalaisista koostuvat paneelit muotoilevat tutkimusaiheisiin liittyviä ajankohtaisia kysymyksiä ja myöhemmin järjestettävässä seminaarissa tutkimusohjelman tutkijat vastaavat niihin. Mallia on toteutettu muun muassa Sveitsissä ja Hollannissa hyvällä menestyksellä.

### 4.3 Ympäristöpolitiikan ohjauskeinot

Yhteiskunnallisen keskustelun kautta tiede vaikuttaa myös ympäristöpoliittiseen tavoitteenasetteluun ja keinovalikoimaan. Tutkimustulosten popularisointi on tärkeää poliittisten päättäjien ja eri hallinnonalojen asiantuntijoiden tiedon kartuttamiseksi ja näkemysten rikastamiseksi. Tämä edistää ympäristönäkökohtien huomioonottamista ns. läpäisyperiaatteen mukaisesti kaikilla yhteiskunnan aloilla erityisten ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen lisäksi. Ympäristöpoliittisten ohjauskeinojen tehokkaan käytön edellytyksenä on luotettava tieto ympäristön tilasta ja sen muutoksista. Tätä tietoa tulee lisäksi voida yhdistää muuhun yhteiskunnalliseen tietoon. Tutkimustuloksia pyritään käyttämään ympäristöpolitiikan ohjauskeinojen kehittämisessä ja toimeenpanossa. Esimerkiksi Ilmakehämuutosten tutkimusohjelman (SILMU) raportti tutkijoiden ja päättäjien näkemyksistä ja keskinäisestä vuorovaikutuksesta on ollut päätöksentekijöiden mielestä hyödyllinen.

*Oikeudellis-hallinnolliseen sääntelyyn* sisältyvät muun muassa ilmoitus- ja lupajärjestelmät sekä päästönormit ja ympäristön laatu­normit. Ympäristölainsäädännön pohjana on tieto ympäristön tilasta ja ihmisten terveydestä sekä erilaisten toimenpiteiden vaikutuksesta niihin. Ympäristölainsäädäntömme heijastelee yleistä arvomaailmaamme ja ympäristöarvot ovat osa ympäristöoikeudellista järjestelmää. Ympäristönsuojelun tarpeet otetaan yhä enemmän huomioon erilaisissa yhteiskunnallisissa päätöksentekoprosesseissa. Julkisen vallan päätöksenteolla on välitön vaikutus yksittäisten kansalaisten elämään ja yhteisöjen toimintaedellytyksiin.

Suomessa normiohjausta on kehitetty ympäristöhallinnon ja yritysten välillä myös neuvotteluteitse varsin onnistuneesti erityisesti ilmaan ja veteen kohdistuvien saaste­päästöjen osalta. Tutkimustietoa ympäristön tilasta, ympäristöä säästävän ja korjauksen teknologian tasosta sekä kustannus-hyötyanalyseistä käytetään normitasojen

määrittämiseksi. Esimerkiksi 1980-luvulla toteutetussa kansallisessa Happamoitumistutkimus- eli HAPRO -projektissa tuotettua tietoa maaperän ja vesistöjen happamoitumisherkkyydestä on käytetty kansainvälisten rikki- ja typpipäästövähennystavoitteiden määrittelyn perustana. Suomalaiset tutkijat ovat osallistuneet aktiivisesti ilmansuojelusopimusten valmisteluun myös eurooppalaisella tasolla. Seuraava haaste ympäristötutkimukselle on tuottaa tietoa ympäristövaikutusten yhdenmisen vähentämisen (IPCC) tueksi.

Samalla kun tutkimuksella saatua tietoa käytetään tukena lainsäädännön kehittämisessä, yhteiskunnallisesti merkittävän tutkimuksen ja sovellusten lisääntyminen luo tarvetta uusille laeille. Esimerkkinä tutkimustiedon lisääntymisen luomasta lainsäädäntötarpeesta ovat vuonna 1995 voimaan tulleet geeniteknikkalaki ja geeniteknikka-asetus. Näiden valmistelussa oli mukana asiantuntijoita käytännössä kaikista geenitutkimusta harjoittavista yliopistoista ja tutkimuslaitoksista. Myös monissa lakien ja asetusten noudattamista valvovissa elimissä on mukana tiedeyhteisön edustajia.

*Julkiseen suunnitteluun* sisältyy maankäytön suunnittelua ja toimintojen sijoittamista, luonnonsuojeluohjelmien kehittämistä, ympäristövaikutusten arviointia ja kansalaisten kuulemista ja osallistumista. Ympäristöekologisella ja -toksikologisella, maantieteellisellä sekä biodiversiteetin tutkimuksella on merkitystä mm. kaupunkien ja kuntien maankäytön suunnittelussa sekä virkistys- ja suojelualueiden kaavoituksessa. Kansallisella tasolla esimerkiksi ympäristövaikutusten arviointiin liittyvän lain valmistelussa ympäristöhallinto käytti Tampereen yliopiston asiantuntemusta siten, että tutkijat järjestivät osin konsulttipalveluna koulutusta koko ympäristöhallinnon virkamiehille. Suomalaisen tutkimuksen vaikutuksista julkiseen suunnitteluun on myös kansainvälisiä esimerkkejä. Suomalaisen Amazonian biodiversiteetin syntymekanismeja koskeva perustutkimus on vaikuttanut merkittävästi uuden suojelualueen perustamis- päätökseen Perun pohjoiseen Amazoniaan.

*Taloudellinen ohjaus* kattaa ympäristöveroja, avustus- ja tukijärjestelmiä sekä maksuja. Ympäristöverojen valmistelu kuuluu valtiovarainministeriölle ja siinä ovat mukana kauppa- ja teollisuusministeriö ja ympäristöministeriö. Ympäristöntutkimuksen hyödyntäminen edellyttääkin hyvää yhteistyötä hallinnonalojen välillä. Taloudellisen ohjauksen kehityksen jarruna ovat toisaalta käsitteistön epäselvyys ja toisaalta arvoriidat. Päätöksenteossa puhtaan luonnontieteellisen ympäristöntutkimuksen hyödyntäminen on vaikeaa. Hyödyntämisen esteenä on toisaalta yhteiskunnallisen ja taloudellisen perustutkimuksen puute ja toisaalta yhteistyön puute soveltavan tutkimuksen ja luonnontieteellisen tutkimuksen kanssa.

*Informaatio-ohjaus* voi olla esimerkiksi tiedotuskampanjoita kansalaisille ja yrityksille, koulutusta ja ympäristökasvatusta tai ympäristön tilan arviointia ja luontoinventointeja. Esimerkkejä löytyy paljon jätehuollossa ja vesiensuojelussa. Teknillisessä korkeakoulussa on Akatemian Ekologisen rakentamisen tutkimusohjelman rahoituksella muun muassa kokeiltu lapsinäkökulman yhdistämistä ekologiseen suunnitteluun. Informaatio-ohjausta ovat myös muun muassa ympäristöjärjestelmät (ISO 14001, EMAS) ja niihin liittyvä tiedon jakaminen asiakkaille ja kansalaisille, sekä tuotteiden ympäristömerkinnät.

Tutkimustulosten pohjalta pyritään luomaan *kansallisia ja kansainvälisiä sopimuksia* muun muassa ilmakehään, vesistöihin ja maaperään kohdistuvien päästöjen rajoittamiseksi. *Neuvottelujen* ja diplomatian avulla voidaan sovittaa ympäristökonflikteja. Vapaaehtoiset kansalliset ympäristösopimukset solmitaan kansallisella tasolla ympäristöhallinnon ja elinkeinoelämän välillä, jolloin normiohjausta ei käytetä. Neuvotte- luissa sovitaan yrityksen ympäristönsuojelun tavoitteista, toteuttamistavoista ja aika- tauluista.

Suomen lähialueet, Karjala ja Baltian maat ovat kasvavan mielenkiinnon kohteena. Esimerkiksi Itämeren suojelusopimuksen tärkeimpänä tavoitteena on vähentää ympä- ristölle haitallisia päästöjä. Myös globaalien ympäristökysymysten ratkaisemiseksi tar- vitaan yhteisiä toimia biodiversiteetin suojelua koskevan sopimuksen ja ilmasto- koskevan puitesopimuksen noudattamiseksi. Näitä kysymyksiä tutkitaan Suomen Akate- mian rahoittamissa Biodiversiteettitutkimusohjelmassa ja Globaalimuutoksen tutki- musohjelmassa.

#### 4.4 Tutkimuksen vaikutukset kaupallisiin innovaatioihin

Akatemian rahoitusyhteistyö soveltavaa tutkimusta rahoittavien tahojen kanssa edesauttaa ja nopeuttaa tutkimustulosten soveltamista. Esimerkiksi vuosina 1997 käynnistyneet ympäristöklusterin ja metsäklusterin tutkimusohjelmat ovat tutkijoi- den, yrittäjien ja julkisten rahoittajien yhteistyöhankkeita, joiden päämääränä on et- siä ja tuotteistaa uusia keinoja säästää ympäristöä, jouduttaa tutkimusideoiden siir- tymistä tuotekehittelyyn ja markkinoitaviksi tuotteiksi sekä tehostaa tutkijoiden, elinkeinoelämän, viranomaisten ja rahoittajien yhteistyötä. Tutkimustulosten hyö- dynnettävyyden lisäämiseksi Akatemia järjestää vuonna 2000 suunnatun haun im- materiaalioikeuksista.

Yliopistot ja tutkimuslaitokset ovat lisänneet yhteistyötä yritysten kanssa erityisesti 1990-luvulla. Suomen yliopistojen rehtorien neuvosto, Sitra ja Tekes tekevät yhteistyötä tutkimustulosten hyödyntämisen parantamiseksi. Sisäasiainministeriön koordinoiman osaamiskeskusohjelman ensisijaiset tavoitteet ovat alueiden kilpailukyyn vahvistami- nen ja huipputeknologian tuotteiden, yritysten ja työpaikkojen lisääminen. Osaamis- keskukset ovat esimerkiksi biotekniikkaan, energia- ja ympäristöteknologiaan tai met- säosaamiseen keskittyneitä. Yliopiston ote on osaamiskeskushankkeissa yritys- ja sovel- luslähtöinen. Työvoima- ja elinkeino (TE) -keskukset ovat kauppa- ja teollisuus-, työ- sekä maa- ja metsätalousministeriöiden, Tekesin ja Finnpron yhteisiä hankkeita, joiden tarkoituksena on mm. koota maakuntien liittojen kanssa yhteinen kokonaisnäkemys alueen kehityksen tarpeista ja mahdollisuuksista.

Elinkeinoelämässä tehtävän tutkimus- ja kehittämistoiminnan tavoitteita ovat uusien tuotteiden ja prosessien kehittäminen, sekä nykyisten parantaminen esimerkiksi tuote- ominaisuuksien, tuotantotehokkuuden, kustannusten tai ympäristövaikutusten suh- teen. Voimakkaasti kehittyviä aloja ovat erityisesti *biotekniikka* (kasvin- ja eläinjalostus) ja *elintarviketeollisuus* (funktionaaliset elintarvikkeet). *Maa- ja metsätalouden* parissa yli 90 prosenttia tutkimustoiminnasta tehdään vuorovaikutuksessa yliopistojen ja tutki- muslaitosten kanssa. *Ympäristötekniikan* kehittyminen ja ympäristönsuojelun korkea taso ovat kilpailukykyä edistäviä tekijöitä kaikilla elinkeinoelämän sektoreilla.

Kansallinen julkinen panostus *biotekniikkaan* on ollut merkittävää jo toistakymmentä vuotta ja yrityksillä on ollut hyvät yhteistyösuhteet alan yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin. Biotekniikka-alan yritysten määrä kasvaa jatkuvasti ja useimmat uudet yritykset ovat tutkimuslähtöisiä. Bioteknisen tutkimuksen lisääntyminen on ollut voimakasta hyvinvointi- ja prosessiteollisuuden alalla. *Elintarviketuotannon* vahvana teknologisenä kehitystrendinä on biotieteiden, muun muassa biotekniikan ja biokemian sekä lääketieteen kasvava hyödyntäminen. Tämä koskee sekä prosessointimenetelmien että tuotteiden kehittämistä. Kuitenkin tutkimus- ja tuotekehitysrahoituksen osuus elintarviketeollisuuden liikevaihdosta on edelleen pieni, vaikka huomattava osa nykyisestä uusielintarviketuotannosta perustuu modernien bioteknisten menetelmien hallintaan ja soveltamiseen. Metsäteollisuus ei ole vielä lähtenyt odotetulla tavalla soveltamaan bioteknistä tutkimusta, paitsi jätevesien käsittelyssä ja sellun valkaisussa (ks. tausesimerkki 2.).

Yksi elintarviketeknologian kehityssuunnista on bioprosesseissa toimivien solujen aineenvaihdunnan muokkaaminen molekyylibiologian keinoin siten, että voidaan tuottaa joko kokonaan uusia elintarvikekomponentteja tai luoda vaihtoehtoisia tuotantotapoja perinteisille luonnosta saataville komponenteille. Suomessa tärkeimpiä virstanpylväitä ovat mm. ksylitolin biokonversio glukosista GMO-hiivalla (Cultor/1991), ksylloosia hyväksikäyttävät ja ksylitolia (VTT/1991) tai etanolia (VTT/1999) tuottavat GMO-leivinhiivat ja GMO-panimohiiva (VTT). Näitä hiivakantoja ei kuitenkaan toistaiseksi käytetä teollisessa tuotannossa. Merkittävää tutkimusta tällä alalla tehdään myös muun muassa Teknillisen korkeakoulun bioprosessiteknikan puolella, Åbo Akademiassa ja Oulun yliopistossa.

Yksi 1990-luvun ominaispiirteistä on ollut ns. funktionaalisten elintarvikkeiden määrän voimakas kasvu. Niiden määrittely on Euroopassa lainsäädännöllisesti alkuvaiheessa. Funktionaalisia elintarvikkeita ovat esimerkiksi ravitsemuksellisesti merkittävät, terveyttä ylläpitävät sekä sairauksia ennalta ehkäisevät elintarvikkeet. Erityisvaikutus voi perustua muun muassa elintarvikkeisiin lisättyihin terveysvaikutteisiin komponentteihin, joista esimerkkeinä ovat ksylitoli tai maitotuotteiden probioottiset maitohappobakteerikannat.

Teollisuudessa, molekyylibiologisessa tutkimuksessa ja geenitekniikassa tarvittavien entsyymien tuotanto on yksi kasvavista markkina-alueista biotekniikan alalla. Teollisten entsyymien valmistus ja käyttö on jo kauan ollut elintarviketeknologian keskeinen osatekijä. Entsyymitekniologiaa käytetään muun muassa leivonnassa, käymistuotteissa ja juustoissa. Terveysvaikutteisten elintarvikkeiden valmistusta tukeviin entsyymeihin liittyy merkittävää potentiaalia. Alan tutkimusta tekevät mm. VTT, Maatalouden tutkimuskeskus, Helsingin, Turun ja Kuopion yliopistot sekä Valio. Viime vuosien tutkimuksen ja tuotekehittelyn tunnettuja esimerkkejä ovat Benecol-margariini ja Dynazyme-entsyymi. Kehitys perustuu usein ongelmalähtöisten, tutkimusintensiivisten pienyritysten syntyyn ja niiden laajentamiseen kansainvälisille markkinoille. Yhtenä esimerkkinä tästä on Espoossa toimiva Finnzymes Oy, joka on menestyksekkäästi tuonut markkinoille muun muassa uuden Dynazyme-DNA-polymeraasin. Leimallista Dynazyme-entsyymien kehitystyölle on ollut hankkeen tutkimuslähtöisyys ja tiivis yhteistyö yhdysvaltalaisen bioalan yrityksen, islantilaisen tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston Biotekniikan instituutin kanssa.



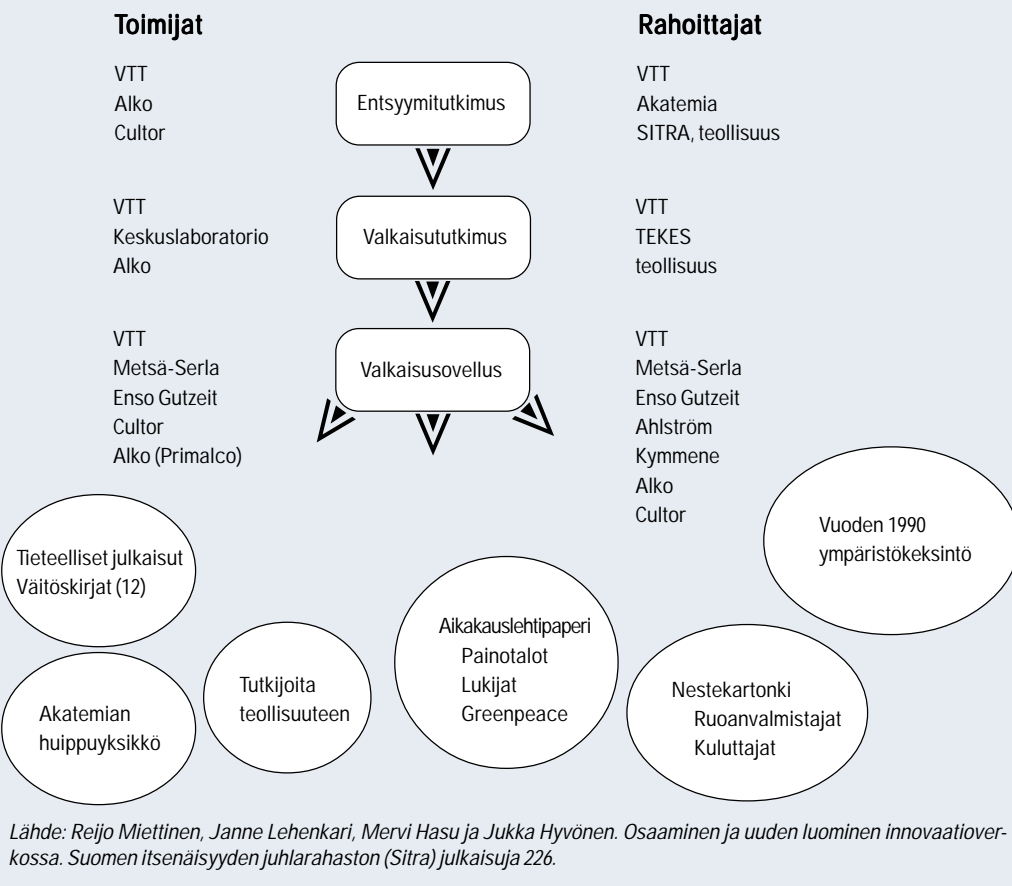
## ■ Tapausesimerkki 2. Sellun valkaisu hemisellulaaseilla.

Entsyymiavusteinen sellunvalkaisu on selkeästi tutkimuslähtöinen innovaatio. Idea syntyi ja kehiteltiin VTT:n Biotekniikan laboratoriossa, missä puuta hajottavien entsyymien tutkimusohjelma käynnistyi vuonna 1972 sellulaasien tutkimuksesta. Vuonna 1979 käynnistyi Suomen Akatemian rahoituksella kolmivuotinen tutkimus sellulaasiseokseen sisältyvien eri sellulaasien tehtävistä selluloosan hajoamisessa.

Hemisellulaasien sellunvalkaisuun helpottavan vaikutuksen paljastaneet kokeet julkaistiin vuonna 1986. Paperi- ja selluteollisuuden edustajat muodostivat yhteistyössä Alkon ja Cultorin kanssa konsortion, joka Tekesin avulla rahoitti lisää entsyymitutkimusta Keskuslaboratoriossa. 1980-luvun lopulla kloorin käyttöön perustuvan sellunvalkaisuun haittavaikutukset tulivat kansainvälisesti laajan huomion kohteeksi. Lisäksi esitettiin tutkimustuloksia, joiden mukaan dioksiinit siirtyvät ruokapakkauksista ihmisen elimistöön.

Entsyymien käyttö mahdollisti teoriassa nopean luopumisen alkuainekloorin käytöstä. Vuosina 1990–1993 useimmat suomalaiset sellutehtaat kokeilivat entsyymejä ja niitä kokeiltiin myös täysin kloorittomassa valkaisussa. Menetelmän taloudellinen kannattavuus klooridioksidilla tapahtuvaan valkaisuun verrattuna ei ollut hyvä. Vuonna 1990 ympäristöministeriö palkitsi entsyymiavusteisen sellunvalkaisuun vuoden ympäristökeksintönä.

Entsyymeistä on kehittynyt tärkeä uusi työväline puun kuitujen ja selluloosan ominaisuuksien tutkimisessa. Tehtyjen tutkimusten tuloksena VTT:n tutkimusryhmä kuuluu hemisellulaasien, erityisesti ksylanaasin tutkimuksessa, *Trichoderma reesei* -homeen geeniteknikassa ja valkaisuutkimuksissa maailman johtaviin ryhmiin. Vuosien 1985–1995 välillä VTT:n Biotekniikan laboratoriossa tehtiin 12 lignosellulaasien tuotantoon ja käyttöön sekä *Trichoderma reesei* entsyymeihin liittyvää väitöskirjaa. Useat näistä tohtoreista ovat siirtyneet biotekniikan alan yritysten palvelukseen. Vuonna 1998 Suomen Akademia valitsi entsyymitutkimuksen perillisen, VTT:n Teollisen biotekniikan yksikön tutkimuksen huippuyksiköksi vuosiksi 2000–2005.





Yksi nopeimmin kehittyvistä ja eniten kaupallisia intressejä herättävistä biotekniikan sovellusalueista on *kasvigeeniteknikka*. Geeniteknisin menetelmin pyritään vaikuttamaan muun muassa kasvien hyönteis- ja torjunta-aineresistenssiin, tautikestävyys- ja laatuominaisuuksiin. Myös lääkeaineina käytettäviä vasta-aineita on pyritty tuottamaan kasveissa. Yksi keskeinen tuotekehittelyn kohde on kasvielintarvikkeiden terveysvaikutusten edistäminen. Myönteisenä vaikutuksena hyönteisresistenttien kasvien viljelyn on todettu vähentävän kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä. Mahdollisista ympäristöhaitoista suurimpana pidetään siirtogeenisten kasvien esiintymistä rikkaikasveina, siirtogeenisten kasvien risteytymistä villien sukulaistensa kanssa ja torjunta-aineita kestävien kasvien tai hyönteisten leviämistä.

Ympäristönsuojelun korkeasta tasosta voidaan tehdä kilpailukykyä edistävä tekijä kaikilla aloilla. *Ympäristötekniikalla* ymmärrettiin pitkään vain päästöjen käsittelyä. Nyt keskeistä on tuotantoprosessien ja tuotteiden kehittäminen niin, että ympäristö otetaan huomioon jo tutkimus- ja kehitysvaiheessa. Suomen Akatemiassa käynnissä oleva, kahden toimikunnan yhteistyönä toteutettava prosessitekniikan tutkimusohjelma edustaa tämännäköistä ajattelua, jota tulee kehittää tutkimusohjelmissa edelleen.

Ympäristötekniikan alueelle on syntynyt maahamme monipuolinen joukko tuotanto- ja palveluyrityksiä, joiden toimiala vaihtelee energiansäästökonsultoinnista, liuotteettomista jauhemaisista maaleista ja mittalaitteiden valmistuksesta uusiin polttotekniikoihin ja kierrätyslaitteistoihin. Monet yritykset kehittyvät vasta kehitettävän tekniikan mukana. Tämän vuoksi tärkeitä ovat ne mekanismit, joilla edistetään tutkimustulosten muuntumista kaupallisiksi innovaatioiksi ja tuetaan uuden yrityksen syntymistä.

## 5 Haasteet ja kehittämisehdotukset

Toimikunta rahoittaa korkeatasoista perustutkimusta. Rahoitus on aina luonteeltaan määräaikaista ja täydentää siten yliopistojen ja tutkimuslaitosten perusrahoitusta. Yliopistojen ja tutkimuslaitosten perusrahoituksen väheneminen vaikeuttaa suurta osaa toimikunnan toimialan tutkimustoiminnasta. Kokeellisen tutkimuksen perusedellytykset heikkenevät, laitekanta vanhentuu ja tutkimustoiminta muuttuu lyhytjänteiseksi. Yliopistojen ja tutkimuslaitosten toiminnan perusedellytykset tulee turvata niiden budjettirahoituksen riittävällä korottamisella.

Toimikunnan toimiala kattaa useita erilaisia tutkimus- ja tieteenaloja. Tutkimuksen monimuotoisuuden ja uusiutumisen turvaaminen on haastava tehtävä. Rahoituksen riittävyys tulee varmistaa kasvavilla ja kansainvälisesti erittäin kilpailluilla aloilla, kuten biotieteissä. Erikseen on otettava huomioon alat, joiden rahoitus on vähentynyt. Jatkossa erityisesti maatalous- ja elintarviketieteiden, metsätieteiden sekä ympäristön tilan ja ympäristövaikutusten tutkimuksen tukemiseen on kiinnitettävä huomiota.

Tutkimusta tehdään hyvin erilaisissa luovissa tutkimusympäristöissä. Tutkimusympäristöjen monipuolisuutta on tuettava entistä määrätietoisermin ja liikaa yksipuolistumista on vältettävä. Senioritutkijoilla tulee olla riittävät edellytykset sekä tutkijoiden kouluttamiseen että tutkimuksen tekemiseen. Tutkijoiden liikkuvuus kotimaassa on varsin vähäistä. Syyt tähän pitää selvittää ja tutkimusympäristön vaihtamista on tuettava.

Toimikunnan toimialalla on liian vähän tutkijankoulutuspaikkoja siihen nähden, että alaan sisältyvät muun muassa kansallisesti tärkeät maatalous- ja metsätieteet sekä nopeasti kasvavat biotieteet. Esimerkiksi bioteknologian alalla vallitsee yhä paheneva työvoimapula. Yhteiskuntatieteellisen ympäristöntutkimuksen alalla tutkijankoulutus on edelleen liian sirpaleista ja vailla pysyviä rakenteita. Vuonna 2000 alkavan suunnatun haun ”Luonnon ja kulttuurin tilat” yhteydessä kiinnitetään erityistä huomiota tutkijankoulutukseen.

Suomalaisen tutkimuksen kansainvälinen näkyvyys on lisääntynyt 1990-luvulla, erityisesti sen jälkipuoliskolla. Yhteistyötä tehdään yhä useammin eurooppalaisten kanssa. Julkaistujen tutkimustulosten määrä ja laatu ovat kohonneet. Tutkimuksen laadussa, tutkijoiden kansainvälisyydessä ja ammattitaidossa on kuitenkin edelleen parantamisen varaa. Saavutetun tason ylläpitäminen edellyttää, että rahoitus pysyy vähintään nykyisellä tasolla suhteessa muihin tutkimuksen kärkimaihin.

Monitieteisen ja tieteidenvälisen tutkimuksen kehittämisessä on paljon tehtävää. Tässä tutkimusohjelmat ovat avainasemassa. Tärkeää on, että monitieteisyyden ja tieteidenvälisyyden haaste otetaan vastaan myös yksittäisissä tutkimushankkeissa, jolloin voidaan luoda uudenlaista tutkimuskulttuuria ja innovatiivisia kohdennuksia. Tämä koskee erityisesti luonnontieteiden ja yhteiskuntatieteiden välistä yhteistyötä, joka on ollut niukkaa. Monitieteisempien tutkimusotteiden kehittymistä olisi tuettava etenkin perustutkimuksessa, jossa tutkimuskulttuurit ovat vakiintuneita ja monesti hyvin erikoistuneita. Lisäksi monitieteisen ja tieteidenvälisen koulutuksen tarjontaa tulisi lisätä. Arvi-

ointimenetelmien kehittämisessä tulee kiinnittää erityistä huomiota monitieteisten hankkeiden arviointiin. Erityisesti kaivataan kriteereitä hankkeiden monitieteisyyden arvioimiseksi hakuvaiheessa.

Tutkimuksen laatu on aina ensisijainen kriteeri rahoituspäätöksiä tehtäessä. Perustutkimuksen tieteellistä osaamista ja sovellutusosaamista voidaan yhdistää kehittämällä yliopistojen ja valtion tutkimuslaitosten välistä yhteistyötä. Yhteistyötä tulee lisätä myös elinkeinoelämän kanssa. Tärkeä edellytys perus- ja soveltavan tutkimuksen yhteistyön paranemiselle on rahoittajatahojen yhteistyön vahvistaminen edelleen.

Lähitulevaisuudessa on varmistettava, että panostus tutkimukseen näkyy tutkimuksen laadun parantumisen ohella myönteisinä vaikutuksina myös muun muassa kaupallisissa sovellutuksissa, yhteiskunnallisessa päätöksenteossa ja ympäristöpoliittisten ohjaukeinojen kehittämisessä. Tiedon soveltamisessa yhteiskuntatieteet ovat strategisessa asemassa.

Tutkijoiden valmiuksia tutkimuksen arvosidonnaisuuksien arviointiin tulisi kohentaa. Tutkijoiden tulisi osallistua aktiivisemmin yhteiskunnalliseen keskusteluun muun muassa tutkimustuloksia popularisoimalla. Asiaan tulisi kiinnittää huomiota toimikunnan rahoituspäätöksissä erityisesti senioritutkijoiden kohdalla, muun muassa vanhemman tutkijan, varttuneen tutkijan ja akatemiaprofessorin virkoja täytettäessä. Oltiin kehitettävä arviointikriteereitä, jotka ottavat tämän huomioon ilman että tieteellisen laadun arvostus vähenee.

Ympäristöntutkijoiden ja tekniikan tutkijoiden yhteistyötä tulee kehittää siten, että ympäristönäkökohdat voidaan ottaa entistä paremmin huomioon teknisessä tutkimuksessa ja toisaalta tekniset mahdollisuudet ympäristöntutkimuksessa. Uudet teknologiat tuovat mukanaan mahdollisuuksia keskeisten maailmanlaajuisten ongelmien lieventämiseen, kuten kasvavan väestön ravitseminen ja ympäristöongelmat. Uusiin teknologioihin liittyy myös haittoja ja riskejä, joiden ennustamista ja välttämistä monipuolinen tutkimustieto helpottaa.

## Kirjallisuus

Ahola, Eija & Mika Kuisma (1998). Biotekniikkasektori Suomessa. Laboratorioista lupauksen lunastajaksi. *Teknologian kehittämiskeskus, Teknologiakatsaus* 61/98.

Goddard, John, Ingrid Moses, Ulrich Teichler, Ilkka Virtanen & Peter West (2000). External Engagement and Institutional Adjustment. An Evaluation of the University of Turku. *Publications of Finnish Higher Education Evaluation Council* 3: 2000.

Kasvigeenitekniikka ravinnontuotannossa. Loppuraportti kasvigeenitekniikasta. *Teknologian arviointeja* 3 (1998). *Eduskunnan kanslian julkaisu* 4/98.

*Katsaus 2000: Tiedon ja osaamisen haasteet* (2000). Valtion tiede- ja teknologianeuvosto, Helsinki.

Miettinen, Reijo, Janne Lehenkari, Mervi Hasu & Jukka Hyvönen (1999). Osaaminen ja uuden luominen innovaatioverkoissa. *Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran julkaisu* ja 226.

Niskanen, Pirjo, Riikka Eela, Sasu Hälikkä & Terttu Luukkonen (1998). Suomalaiset EU:n tutkimuksen neljännessä puiteohjelmassa. *Teknologian kehittämiskeskus, Kansainvälisten verkostojen raportti* 3/98.

Nivalainen, Satu (1999). Soveltavien luonnontieteiden kehittämisen vaikutuksia arviointiin Jyväskylässä. *Yliopistotieto* 1/99, 35–37.

*Research, researcher training and graduate schools in Finland 1999* (1998). Ministry of Education, Department for Education and Science Policy, Helsinki.

Sairinen, Rauno (2000). Regulatory reform of Finnish environmental policy. *Helsinki University of Technology. Centre for Urban and Regional Studies Publications* A 27.

Salo, Ahti, Jari Kauppila & Jukka Salminiitty (1998). Elintarviketeollisuuden teknologiset menestystekijät. *Teknologian kehittämiskeskus, Teknologiakatsaus* 60/98.

Suomen tieteen tila ja taso. Ympäristön ja luonnonvarojen tutkimus (1997). *Suomen Akatemian julkaisuja* 12/97.

*Tutkijakoulut 2000. Toiminta, tulokset, tehokkuus* (2000). Opetusministeriö/Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto, Helsinki.

The Finnish Biodiversity Research Programme FIBRE (1999). Mid term evaluation panel report. *Suomen Akatemian julkaisuja* 4: 99.

Tirkkonen, Juhani & Markku Wilenius (1996). Ilmastomuutos, politiikka ja Suomi. Raportti tutkijoiden ja päättäjien näkemyksistä ja keskinäisestä vuorovaikutuksesta (PÄÄTE-hanke). *Suomen Akatemian julkaisuja* 8: 95.

Viinikainen, Tytti (1997; toim.). Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus Suomessa. Katsaus tutkimusaloihin ja kirjallisuuteen. *Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö* 99.