

VATT-KESKUSTELUALOITTEITA
VATT-DISCUSSION PAPERS

100

JULKINEN TUTKIMUS-
KESKUS YRITYSTEN
TEKNOLOGIAN
UUDISTAJANA

Tapausselvitys toimeksi-
antotutkimuksesta

Torsti Loikkanen

ISBN 951-561-141-5

ISSN 0788-5016

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus

Government Institute for Economic Research

Hämeentie 3, 00530 Helsinki, Finland

Painatuskeskus Pikapaino Opastinsilta

Helsinki, elokuu 1995

Loikkanen, Torsti: Julkinen tutkimuskeskus yritysten teknologian uudistajana. Tapausselvitys toimeksiantotutkimuksesta. Helsinki: VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, 1995. 39 s. (C, ISSN 0788-5016; No 100) ISBN 951-561-141-5

Tiivistelmä: Tutkimus on taustaselvitys Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen (VATT) *Globaalitalous ja Suomi*-hankkeeseen. Tutkimuksessa käsitellään julkisen teknillisen tutkimuskeskuksen roolia yritysten teknologian uudistajana Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kokemusten perusteella. Tutkimuskeskus kehittää uutta teknillistä tietoa ja sen sovelluksia, joita siirretään vuorovaikutteisessa yhteistyössä yrityksille sekä esikilpailullisissa strategisissa tutkimuksissa että kaupallisissa tutkimustoimeksiannoissa. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa tarkastellaan julkisten teknillisten tutkimuskeskusten tehtäviä kansallisessa innovaatiojärjestelmässä. Aiempien tutkimusten perusteella arvioidaan keskusten merkitystä yritysten teknologialähteenä sekä vertaillaan eräitä eurooppalaisia tutkimuskeskuksia. Teknillinen tieto siirtyy keskuksen ja yritysten välillä mm. kaupallisten tutkimustoimeksiantojen, spin-off-yritysten, esikilpailullisen yhteistutkimuksen, tutkijarekrytointien ja patenttien kautta. Tutkimuksen toisessa osassa eritellään kaupallisia toimeksiantoprojekteja. Keskeisiä arvioinnin kriteereitä ovat asiakasyritysten merkitys viennin ja kansantalouden kannalta, niiden teknologinen taso sekä toimeksiantoprojektien strateginen merkitys asiakkaille sekä projektien teknologiaprofiili. Tarkasteltujen projektien asiakasrakenne ja teknologiasisältö ovat pääasiassa asetettujen kriteerien mukaiset ja projektit näyttävät tukevan yritysten teknologioiden uudistamista ja kilpailukyyn kehittämistä. Onnistunut tutkimusvaihe on kuitenkin vain yksi tekijä uuden teknologian hyödyntämisessä. Menestys riippuu lisäksi olennaisesti yrityksen markkinointi- ym. toimien onnistumisesta ja ilmenee usein vasta vuosia t&k-vaiheen jälkeen. Siksi toimeksiantojen onnistumisen välittömänä arviointikriteerinä korostuu asiakastyytyväisyyden merkitys. Tutkimuskeskuksen käytön laajentaminen yritysten teknologialähteenä riippuu sekä yritysten aktiivisuudesta t&k-toiminnassa että tutkimuskeskuksen palvelujen markkinoinnin yms. tehostamistoimista yritysten suuntaan.

Abstract: The present study is a background study for the research project *Global Economy and Finland* of The Government Institute for Economic Research (VATT). In the present study the role of governmental R&D centre in the renewal of industrial technology will be examined. It is based mainly on the experiences of the Technical Research Centre of Finland (VTT). R&D centre produces and develops new technological knowledge which is transferred in mutual cooperation to industries through precompetitive strategic research and commercial contract projects. In the first part of the study, the background of industrial R&D and innovation policies are discussed. The studies related to the role of governmental R&D centre as a source of new technologies to industry are surveyed and financial perspectives of some European R&D centres are compared. Main channels of technology transfer between R&D centre and industry are precompetitive joint research, commercial contract research, spin-off companies, personnel recruitment, and patents. In the second part of the study, 125 commercial contract projects of the VTT, completed in 1990, are analysed. Central criteria in the assessment of importance of contract projects to industry are (1) export and production performance as well as the technological level of customer companies, and (2) technological specification of projects as well as their strategic importance to companies.

Customer and technology profile of surveyed projects appeared to be in compliance with core criteria. R&D projects carried out by the VTT to industries seem to support the renewal of technologies of customer companies and their competitiveness. R&D is, nevertheless, only one phase in the commercial exploitation of new technologies. To be successful, the exploitation depends crucially on several measures carried out by customer companies, such as their in-house product development, marketing and other measures. Because the commercialization often appears several years after R&D phase, in the assessment of immediate success of R&D centre's contract project the customer satisfaction is an important criterion. The broader use of R&D centre's services in industries depends on companies activity in R&D as well as centre's marketing and other measures.

Asiasanat: Teknologiapolitiikka, julkinen teknillinen tutkimuskeskus, yritysten teknologialähteet

Key words: Technology policy, governmental contract R&D centre, technology and innovation sources of industry

Saatteeksi

Tutkimuksessa käsitellään julkisen teknillisen tutkimuskeskuksen roolia yritysten teknologian uudistajana. Tutkimus perustuu pääasiassa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kokemuksiin. Ensimmäisessä osassa käsitellään syitä yhteiskunnan osallistumiseen tutkimus- ja kehitystoimintaan sekä tutkimuskeskusta yhtenä teknologiapolitiikan instrumenttina kansallisessa innovaatiojärjestelmässä. Tutkimuskeskusten merkitystä yritysten teknologialähteenä tarkastellaan aiempien tutkimusten perusteella. Lisäksi tarkastellaan eräiden eurooppalaisten tutkimuskeskusten rahoitusrakennetta sekä tutkimuskeskusten haasteita.

Tutkimuksen toisessa osassa käydään läpi tutkimuskeskuksen yrityksille toteuttamia toimeksiantoprojekteja. Tämän tapausselvityksen suppeampi versio valmistettiin vuonna 1993 julkaisemattomana työpaperina Teknologian tutkimuskeskuksen (TEKES) teknologian siirtoa koskevaan hankkeeseen. Kaupallinen toimeksiantotutkimus perustuu yritysten aloitteeseen ja se kuvaa niiden teknologian uudistamisen tarvetta. Osaltaan se vaikuttaa keskuksen pidemmän ajan tutkimustoiminnan suuntaamiseen ja osaamisvalmiuksien kehittämiseen. Aineistona on 125 vuoden 1990 loppuun mennessä päätetyn tutkimushankkeen tiedot. Projektien asiakkaat eritellään yrityskoon, toimialan ja teknologiaintensiteetin mukaan ja kohdeteknologiat luokitellaan eri ominaisuuksien perusteella. Lisäksi tarkastellaan projektien odotettuja vaikutuksia. Erittelykriteerien perusteella tyypitellään erilaisia projektijoukkoja. Projektiaineisto oli koottu tutkimuskeskuksen strategista johtamista varten eikä tapausselvitys aineiston kokoamista osalta täytä tilastollisen tutkimuksen vaatimuksia. Tulokset ovat siten alustavia ja aihe kaipaa jatkotutkimusta.

Tekijä kiittää Valtion taloudellista tutkimuskeskusta tuesta hankkeelle sekä laajaa asiantuntijajoukkoa VATTissa, TEKESissä ja VTT:ssa kommentteista työn eri vaiheissa.

Torsti Loikkanen

Sisällys

I JULKISEN TUTKIMUSKESKUKSEN TEHTÄVÄT	1
1 Johdanto	1
2 Yhteiskunnan tehtävät tutkimuksessa ja tuotekehityksessä	2
3 Esikilpailullisesta tutkimuksesta kaupallisiin toimeksiantoihin	6
4 Eräiden eurooppalaisten tutkimuskeskusten vertailu	9
5 Tutkimuskeskus yritysten teknologia lähteenä	12
II TAPAUSSSELVITYS TOIMEKSIANTOTUTKIMUKSESTA	14
7 Tavoitteet, aineisto ja varaukset	14
8 Toimeksiantoprojektien profiili	17
8.1 Toimeksiantojen laajuus	17
8.2 Asiakasyritykset ja niiden toimialat	17
8.3 Tuoteryhmät	22
8.4 Teknologiprofiili	24
8.5 Projektien odotetut vaikutukset	28
8.6 Yhteisprofiili	29
9 Verkostot ja yhteistyö	31
10 Johtopäätökset	33
III YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUS	35
LÄHTEET	37

I Julkisen tutkimuskeskuksen tehtävät

1 Johdanto

Kansantalouksien varallisuus ja kilpailukyky ovat riippuvaisia teknologiasta¹. Avainasemassa teknologian kehittämisessä on yritysten innovaatiotoiminta, mutta menestys riippuu myös siitä, miten hyvin koko kansallinen innovaatiojärjestelmä – kaikki uuden tiedon ja osaamisen kehittämiseen vaikuttavat tekijät – toimii. Kansallista innovaatiojärjestelmää tai yhteiskunnan innovaatioinfrastruktuuria koskevien tarkastelujen lähtökohdiana on tiedon ja osaamisen keskeinen merkitys talouden kasvussa. Myös Suomen viimeaikaiset teollisuus- ja teknologiapoliittiset strategiat perustuvat teknologiaan ja koulutukseen taloudellisen kasvun päätekijöinä (ks. Kansallinen...; Tiedon...; Globaalitalous..). Niiden mukaan talouden rakenteelliset ongelmat ovat ratkaistavissa laajentamalla avointa yrityssektoria sekä monipuolistamalla ja uudistamalla teollista ja teknologista perustaa uuden teknologian ja tutkimuksen avulla.

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä osassa tarkastellaan julkisten teknillisten tutkimuskeskusten paikkaa innovaatiojärjestelmässä sekä niiden roolia tieteen tulosten välittäjänä hyödyntäjille. Katsaus perustuu tietoihin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) toiminnasta sekä muista vastaavista laitoksista. Toisessa osassa kuvaa tutkimuskeskuksen toiminnasta täydennetään tarkastelemalla VTT:n teollisuudelle toteuttamia toimeksiantoja ja arvioidaan niiden merkitystä yritysten teknologian uudistamisessa.

Julkisia teknillisiä tutkimuskeskuksia nimitetään usein sopimustutkimusorganisaatioiksi (contract research organization, CRO), koska niiden toiminta perustuu valtion perusrahoituksella tehtävän tutkimuksen lisäksi sopimusrahoitteiseen tutkimukseen yksityisten ja julkisten asiakkaiden kanssa. Kandel nimittää julkisia tutkimuskeskuksia tutkimus- ja teknologiaorganisaatioiksi (*research and technology organizations*, RTO), joiden tehtävänä on (1) tukea asiakkaiden t&k-toimintaa ja levittää uutta teknologiaa, (2) suorittaa soveltavaa tutkimusta, sertifiointia, testausta, mittausta ja standardointia, sekä (3) toteuttaa konsultointi- ja koulutuspalveluja ja levittää informaatiota (1993). Mordchelles-Regnierin mukaan sopimustutkimusta tekevien laitosten toiminnassa korostuu geneeristen teknologioiden kehittäminen kun taas tutkimus- ja teknologiaorganisaatioiden toiminta kohdistuu pääasiassa eri teollisuusalojen teknologioihin. VTT:n ja useiden muiden julkisten teknillisten tutkimuslaitosten toiminta kattaa sekä geneeristen että sektorikohtaisten teknologioiden kehittämisen. Tutkimuslaitosten keskeisenä tehtävänä on välittää tieteen tuloksia teollisuuteen eli ne ovat välittäviä teknologiaorganisaatioita (*intermediate technical organizations*, ITO) (Mordchelles-Regnier 1993, 219). Nämä tutkimuskeskusten tehtävät ja keskinäissuhteet on koottu kuvaan 1.1.

VTT:n ohella osa soveltavasta teknillisestä tutkimuksesta on keskitetty julkisiin tutkimuskeskuksiin mm. Norjassa (Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høgskole, SINTEF), Saksassa (Fraunhofer Gesellschaft, FhG), Alankomaissa (Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek, TNO) ja Itävallassa (Seibersdorf). Julkiset teknilliset tutkimuskeskukset ovat kansallisen innovaatiojärjestelmän tärkeä osa². Ne toimivat läheisessä yhteistyössä teknillisten korkeakoulujen kanssa. Osa niistä on aiemmin erotettu korkeakouluista keskittymään luottamukselliseen, kaupallisilla periaatteilla toimivaan ja sovellutuksiin tähtäävään tutkimukseen³. Teollisuus- ja teknologiapolitiikan välineenä VTT kuten muutkin tutkimus-

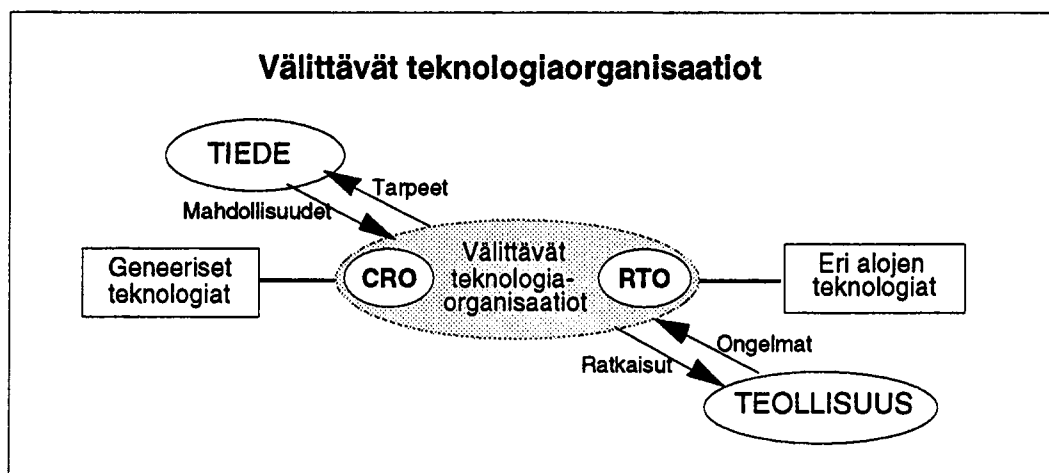
¹ Ks. mm. Foray and Freeman (eds).

² "VTT on Teknologian kehittämisseskuksen, korkeakoulujen ja yliopistojen ohella yksi tärkeimpiä yritystoiminnan kehitystä palvelevista tutkimusorganisaatioista Suomessa" (Tiedon ja ..., 55).

³ VTT:n ja teknillisen korkeakoulun historiasta ks. Michelsen 1993.

keskukset tukevat kansallista teollisuus- ja teknologiastrategiaa erityisesti tuottamalla ja siirtämällä hyödyntämiskelpoista tietoa elinkeinoelämän sovellettavaksi.

VTT:n tutkimus kattaa useimmat teknillisen tutkimuksen alueet, mutta joillakin tutkimusaloilla painopiste on selvästi muualla. Yritysten tutkimusyksiköillä on keskeinen rooli useilla aloilla. Esimerkiksi paperi- ja selluteollisuuden tutkimuksesta vastaavat metsäteollisuusyritysten omistama Keskuslaboratorio Oy (KCL) sekä alan yritysten



Kuva 1.1 Sopimustutkimuslaitosten (CRO) ja tutkimus- ja teknologiaorganisaatioiden (RTO) sekä välittävän teknologiaorganisaation tehtävät (Mordchelles-Regnier 1993, 219).

tutkimuslaitokset (mm. Enso-Gutzeit Imatralla), petrokemiallisessa tutkimuksessa mm. Nesteen tutkimuslaitoksella on tärkeä asema, samoin tietoliikenne- ja radiopuhelinalalla Nokian tutkimuskeskuksella. Myös teknillisten korkeakoulujen ja yliopistojen monet yksiköt tekevät toimeksiantotutkimusta teollisuudelle.

Julkinen tutkimuskeskus on yhteiskunnan teknologia- ja innovaatiopolitiikan yksi väline. Seuraavassa yhteiskunnan tehtäviä tutkimuksessa tarkastellaan hieman yksityiskohdaisemmin.

2 Yhteiskunnan tehtävät tutkimuksessa ja tuotekehityksessä

Pääosa kehittyneiden teollisuusmaiden tutkimuksesta ja tuotekehityksestä toteutetaan yrityksissä, mutta yhteiskunnalla on siinä myös olennainen rooli. Taloustieteessä yhteiskunnan osallistumista tutkimukseen perustellaan sillä, että yritykset eivät suorita tutkimusta riittävästi yhteiskunnallisesti tarvittavaan tasoon verrattuna. Syynä ali-investointiin on mm. se, että t&k on muita investointeja epävarmempi. Jos uutta tietoa kyetään tuottamaan, sen pelätään leviävän kilpailijoiden käyttöön. Seuraavassa syitä markkinoiden epätäydelliseen toimintaan sekä yhteiskunnan osallistumiseen tutkimukseen yksilöidään hieman tarkemmin teknologia politiikan näkökulmasta⁴.

Valtion toimia tutkimuksessa perustellaan sillä, että tutkimuksen avulla yhteiskunta edistää tuottavuuden ja talouden kasvua sekä myötävaikuttaa näin hyvinvointiin. Yritysten tutkimushankkeiden julkiset edistämistoimet myötävaikuttavat kilpailukykyyn ja tulojen lisäämiseen, jotka parantavat hyvinvointipalvelujen ja –hyödykkeiden rahoitusmahdolli-

⁴ *Market failure* n merkityksestä interventiolle tutkimuksessa on Arrow'n artikkelin julkaisemisesta alkaen (1962) keskusteltu innovaatiokirjallisuudessa laajasti (ks. esim. Stoneman; Dasgupta and Stoneman (Eds)).

suuksia ja lisäävät työllisyyttä. Innovaatiotoiminta tuottaa myös uusia hyvinvointia parantavia hyödykkeitä ja palveluja. Joskus valtion toimia pidetään tarpeellisena vain siitä syystä, että muut maat myöntävät tukia eikä niille haluta antaa suhteellista etua. Lisäksi yrityssektori saattaa tehdä samantyyppisiä tutkimusinvestointeja, jolloin yhteiskunta voi koordinoimalla ja edistämällä yritysten yhteisiä t&k-hankkeita eliminoida päällekkäisyyksiä ja lisätä tutkimusvoimavarojen käytön tehokkuutta.

Yhden syyn yhteiskunnan toimille tutkimuksessa antaa teknologisen kehityksen luonne. Teknologian kehitys on epävarmaa, pitkäjänteistä, tulevaisuuteen suuntautunutta ja vaikeasti ennakoitavaa. Yritykset eivät välttämättä investoi tällaiseen tutkimukseen, vaikka se on pitkällä ajanjaksolla niille ja koko yhteiskunnalle hyödyllistä. VTT:n pääjohtaja Markku Mannerkoski on siteerannut tässä yhteydessä tunnettua teollisuusmiestä tri Curt Nicolinia, jonka mukaan "tieteellinen tutkimus, jonka tulokset näkyvät vasta 10–15 vuoden kuluttua, ei kuulu yritteliäisyyden olemukseen ja rahoitukseen vaan valtiolle". Mannerkosken mukaan "VTT:lla on kokemusta sellaisistakin hankkeista, joita teollisuus on aikanaan tullut jopa vastustaneeksi, mutta joiden tuloksia se nyt hyödyntää" (Mannerkoski, 3). Samaa seikkaa korostaa Martin Fransman Japania koskevassa tutkimuksessaan: Yritysten horisontti on tavallisesti lyhyt, mistä syystä ne ali-investoivat 'ylihuomisen teknologioiden' kehittämiseen. Japanissa yhteiskunnan instituutioilla (MITI, julkiset tutkimuslaitokset, julkiset yhteiset tutkimusohjelmat) on informaatiotekniikan kehittämisessä ollut merkittävä yritysten toimintaa täydentävä rooli (Fransman, 3, 13). Yhteiskunnan roolia pitkäjänteisen teknologian kehittämisessä korostettiin myös Yhdysvaltojen presidentti Clintonin ja varapresidentti Goren teknologiaa ja talouden kasvua koskevassa julistuksessa⁵.

Markkinoiden ei siis katsota investoivan riittävästi pitkäjänteiseen tutkimukseen mistä syystä tarvitaan yhteiskunnan toimia tutkimuksessa. Esimerkiksi Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) teknologiaohjelmista ja EU:n tutkimuksen puiteohjelmista huomattava osa on tulevaisuuteen suuntautunutta esikilpailullista tutkimusta.

Yhteiskunnan roolia tutkimuksessa saatetaan perustella myös sillä, että tarvitaan riippumattomia tutkimusta ja riippumattomia tutkimuslaitoksia. Riippumattomuus liitetään tavallisesti perustutkimukseen ja sillä tarkoitetaan tutkijoille annettua mahdollisuutta paneutua uteliaisuuden perusteella määriteltyjen tieteellisten ongelmien ratkaisemiseen. Pääasiassa yhteiskunnan rahoituksen varassa toimivilla riippumattomilla yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla on ollut tutkimusten mukaan merkittävä rooli innovaatioiden generoijina⁶. Esimerkiksi Arnoldin mukaan lasertekniikka, Macintosh-tietokoneet, transistorit ja biotekniikka ovat esimerkkejä sellaisista läpimurtoteknologioista, joiden kehittämisestä ovat vastanneet julkiset tai muut riippumattomat laboratoriot (mm. Bell Labs, Philips National Lab) ja joiden kehittämisessä asiakaskytkentä on ollut vähäistä (1992, 10). Freemanin mukaan tieteen ja teknologian tarjonta dominoi tavallisesti ensi sijassa radikaali-innovaatioiden kehitystä kun taas markkinoiden kysynnän vaikutus on vahvempi parannus-innovaatioiden kehityksessä (1993, 25)⁷. Fransmanin mukaan tietokoneiden varhaisista kehitystyötä Japanissakaan ei tehty yrityksissä, vaan julkisissa tutkimuskeskuksissa ja yliopistoissa (emt., 13). Vaikka riippumattomalla tutkimuksella on siten merkityksensä innovaatioiden kehittämisessä, ilman sen kytkentää yrityksissä tehtävään kehitystyöhön ja myöhempää markkinointia ym. toimia innovaatiot eivät olisi menestyneet. Paljon

⁵ "We are moving to accelerate the development of civilian technology with new criteria: Accelerating the development of technologies critical to long-term economic growth but not receiving adequate support from private firms, either because the returns are too distant or the level of funding required is too great for individual firms to bear..." (Technology for..., 2).

⁶ Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten perus- ja soveltava tutkimus tuottavat uusien teknologioiden lisäksi käytännön ongelmaratkaisuja tukevia oivalluksia ja menetelmiä ja ne myötävaikuttavat myös taitojen, menetelmien ja välineiden kehittämiseen.

⁷ Demand-pull- vs. technology-push- keskustelusta ks. esim. Freeman 1992 a.

riippuu siitä, miten hyvin tekninen tietämys korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten sekä teollisten kehittäjien, soveltajien ja valmistajien välillä on siirtynyt.

Yhteiskunnan tuella toimivien tutkimuslaitosten ja muiden toimien merkitys innovaatioiden synnyssä vaihtelee mm. talouden eri sektorien ja myös eri tieteitä edustavien alojen välillä. Pavitt on tyypitellyt innovaatioiden lähteitä ja käyttöä Sussexin yliopiston tiedepolitiika tutkimusyksikön (SPRU) empiiristen tutkimusten perusteella (1989). Hänen mukaansa sellaisilla tiedepohjaisilla aloilla kuin elektroniikassa tai kemianteollisuudessa innovaatiot ovat pääosin tuoteinnovaatioita ja ne ovat peräisin paljolti julkisista ja muista tutkimuskeskuksista. Sen sijaan sellaisilla tarjonnan dominoimilla aloilla kuin mm. maataloudessa tai perinteisillä teollisuuden aloilla (tekstiilit, painaminen, puutuotteet), joissa innovaatiot ovat pääasiassa prosessi-innovaatioita, niiden lähteenä ovat monissa tapauksissa niitä soveltavien yritysten alihankkijat ja niiden keskeiset kilpailijat. Tuotanto- ja skaalaintensiivisillä aloilla kuten teräs- ja lasiteollisuudessa innovaatiot liittyvät sekä prosesseihin että tuotteisiin ja ovat peräisin pääosin insinöörikunnasta, tutkimusyksiköistä tai alihankkijoilta. Erikoistuneiden alihankkijoiden aloilla, kuten konepajateollisuudessa ja instrumentoinnissa, innovaatiot ovat pääasiassa muille sektoreille tarkoitettuja tuoteinnovaatioita ja niiden lähteenä ovat pääasiassa asiakkaat. Nämä innovaatioiden tyypittelyt ja luonnehdinnat ovat toki vaikeita ja vielä kaukana täydellisestä (esim. Dosi 1988 b, 233).

von Hippelin laajaan aineistoon perustuva innovaatioiden lähteitä koskeva funktionaalinen analyysi korostaa käyttäjien roolia innovaatioiden kehityksessä (1988). Funktionaalisilla suhteilla von Hippel tarkoittaa innovaatioiden ja innovoivien yritysten, käyttäjien, tarjoajien ja valmistajien ym. tahojen välisiä toiminnallisia verkkoja ja yhteistyösuhteita. Lundvallin käyttäjä-tuottaja-suhteiden analyysi korostaa erityisesti loppukäyttäjien kuten työntekijöiden, kuluttajien ja myös julkisen sektorin merkitystä innovaatioiden kehittämisessä (esim. 1988, 1992)

Yhteiskunnan rooli tutkimuksessa liittyy myös infrastruktuurin kehittämiseen. Energiahuollon, tieto- ja muun liikenteen ja terveydenhuollon infrastruktuurit ovat yritysten toiminnan sekä väestön hyvinvoinnin ja perusturvallisuuden tärkeä edellytys ja perusta. Tavallisesti näihin aloihin luetaan myös maanpuolustus, johon liittyvän tutkimuksen osuus erityisesti Yhdysvalloissa on ollut suuri. Infrastruktuurin ylläpito ja kehittäminen on perinteisesti kuulunut yhteiskunnan tehtäviin ja yhteiskunta myötävaikuttaa tähän laajasti myös teknillisen tutkimuksen avulla. Tutkimus on vain yksi keino infrastruktuurin kehittämisessä, mutta teknologian merkityksen kasvaessa sen merkitys korostuu (esimerkiksi logistiikka kuljetuksessa, valokaapeli tiedonvälityksessä, säätötekniikka ja satelliittien hyväksikäyttö ympäristökysymyksissä, jne.). Huolenpito infrastruktuurista on pitkäjänteistä toimintaa. Energia-, liikenne ym. infrastruktuuritutkimusta toteutetaan laajasti myös sektoritutkimuksen piirissä. Infrastruktuurin kehittäminen edellyttää yhä koordinoitumpaa ja integroidumpaa otetta niin infrastruktuuri- kuin politiikka-alojenkin välillä, joilla on kytkentöjä teknologiseen muutokseen (ks. Edqvist 1994).

Lisäksi yhteiskunta vastaa tutkimuksenkin avulla sellaisten alojen kehittämisestä kuin työympäristö sekä fyysinen rakennettu- ja luontoympäristö. Nämä alat liittyvät ´julkisiin-´ tai ´vapaahyödykkeisiin´ kuten ilma ja vesi, jotka ovat markkinatoiminnan ulkopuolella ja joiden huolenpito on paljolti yhteiskunnan vastuulla. Näiden alojen teknologian kehittäminen on pitkäjänteistä ja tuo yhteiskunnallisia hyötyjä pitkällä ajanjaksolla. Väestön kiinnostuksen kasvaessa ympäristökysymyksiin ja yhteiskunnan ohjaustoimien kehittyessä yritystoiminnan kiinnostus ympäristötekniikan kehittämiseen on kasvanut. Ympäristötekniikasta on monilla aloilla syntynyt laajaa liiketoimintaa ja sitä pidetään yhtenä keskeisistä teknologian kasvualueista (ks. esim. Suomen ekoviennin...). Yhteiskunnalla on merkittävä rooli ympäristötekniikan kehittämisessä vatedeskin.

Yhteiskunnan osallistumiselle tutkimukseen on siis runsaasti erityyppisiä lähtökohtia ja perusteluita. Teknologian merkityksen kasvaessa yhteiskunnan rooli kansallisen tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän tai *innovaatioinfrastruktuurin* ylläpitämisessä ja kehittämisessä korostuu entisestään (ks. esim. Nelson (Ed)). Esimerkiksi Japanissa yhteiskunnan organisaatioilla kuten kauppa- ja teollisuusministeriöllä (MITI), tiede- ja teknologiavirastolla (STA) ja tiede- ja teknologiapolitiikan kansallisella instituutilla (NISTEP) on monipuolinen ja tärkeä rooli mm. yritysten ja muiden tahojen tutkimustahojen aktivoijana, tutkimuksen edellytysten luojana, tutkimustahojen välisenä koordinoijana ja yhteistyön edistäjänä sekä tulevaisuudessa merkittävien teknologioiden visioijana. Yhdysvalloissa, jossa aikaisemmin on panostettu merkittävästi perustutkimukseen, presidentti Clinton pyrki muuttamaan panostuksen suuntaa kasvavasti maan kilpailukykyä edistävään kaupalliseen tutkimukseen sekä edistämään valtion tutkimuslaitosten ja teollisuuden yhteistyötä (esim. Technology for..., 7-11).

Tutkimuksen julkiset koordinointi- ja rahoittajat ovat kilpailuttavat tutkimuslaitoksia, korkeakouluja ja yrityksiä tai niiden välisiä konsortioita rahoituksen saamisesta. Tämä kannustaa laatimaan korkeatasoisia hakemuksia. Haku- ja valintaprosessin kautta tutkimuksen koordinoijat niin kansallisella kuin EU:nkin tasolla voi hakea ja tukea eri tutkimusalojen vahvimpiä osaamiskeskittymiä ja ohjata niitä koko innovaatiojärjestelmän kannalta tarkoituksenmukaiseen ja koordinoituun yhteistyöhön. Kilpailuttamisella, koordinoimisella ja yhteistyön edistämällä pyritään siten tehokkaaseen lopputulokseen koko kansallisen (tai EU:n tasolla sen jäsenmaiden yhteisen) tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän kannalta.

Pitkäjänteistä esikilpailullista teknillistä tutkimusta nimitetään usein *strategiseksi tutkimukseksi*. OECD:n Frascati-manuaalin tutkimuskäsitteistössä strateginen tutkimus liittyy osittain perustutkimukseen ja osittain soveltavaan tutkimukseen⁸. Strategisen tutkimuksen kohdentamisen perustana ovat tavallisesti talouden ja osaamisen kansalliset vahvuudet ja se kohdistuu sellaisiin tieteen ja teknologian uusiin aloihin, joilla on elinkeinoelämälle ja koko yhteiskunnalle lupaavia soveltamismahdollisuuksia tulevaisuudessa. Strategisten teknologia-alojen identifiointi ja kehityksen ennakointi on olennainen osa yritysten ja teknologiapolitiikan toimintaa (mm. Martin and Irvin 1989). Suomessa teknologiaohjelmien kehittämistoimikunta laati strategisia aloja koskevan tutkimusohjelman (KM 1990:2), jonka pohjalta laadittua toimenpideohjelmia TEKES on toteuttanut. Taantuman korostettua talouden rakenteellisia heikkouksia on tutkimusrahoitusta kohdennettu teollisen teknologian vahvistamiseen ja uusteollistamiseen.

Pitkäjänteisen strategisen tutkimuksen kohteena ovat tavallisesti *geneeriset* teknologiat, jotka ovat tärkeitä moniin käyttökohteisiin ja laajoille käyttäjäryhmille⁹. Tällaisia aloja ovat mm. tietotekniikka, uusi materiaalitekniikka sekä bio- ja geenitekniikka. Huomattava osa geneeristen teknologioiden perustutkimuksesta tehdään yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa ja niiden räätälöinti sovelluksiin teollisuuden piirissä. Raja kehittämisen ja sovellutusten välillä tai työnjako yliopistojen ja teollisuuden välillä eivät ole kuitenkaan jyrkkiä. Korkeakoulut ja tutkimuskeskukset tekevät perustutkimuksen lisäksi soveltavaa tutkimusta geneerisissä teknologioissa ja toisaalta osa yrityksistä tekee geneerisiin teknologioihin liittyvää tieteellistä tutkimusta.

Geneeristen teknologioiden lisäksi on määritelty 'siirtotieteitä' (*transfer sciences*), joiden soveltamispotentiaalia pidetään muuta parempana. Tällaisia ovat mm. termodyna-

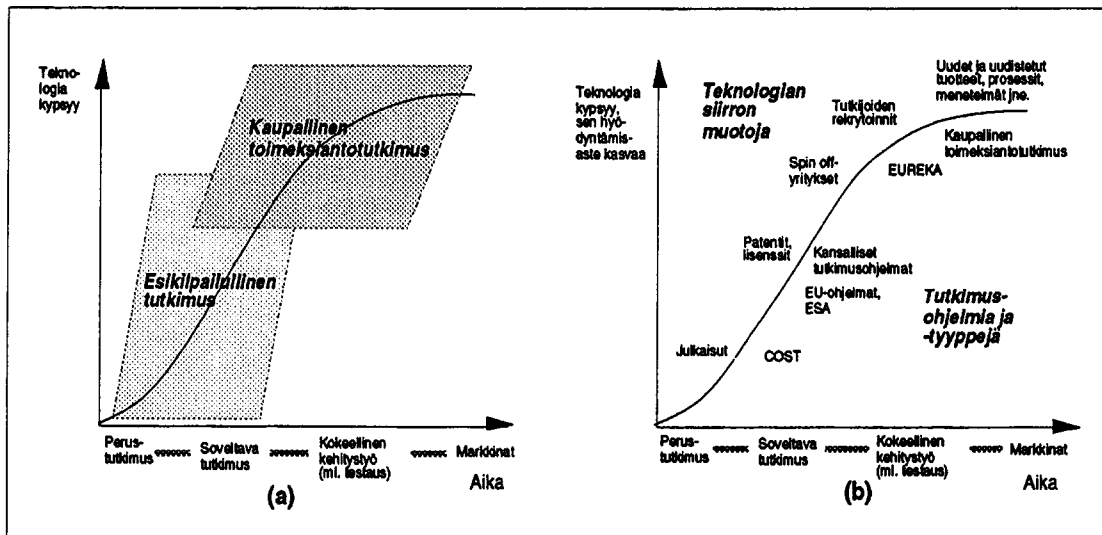
⁸ "Strategic research" differs most importantly from pure curiosity-oriented research in the rationale behind its support, there being at least some expectation that it will contribute background knowledge required in the development of new technologies" (Martin and Irvin 1989, 7).

⁹ "The expression 'generic' technologies has been used to express the ways in which some new technologies open up a wide range of possibilities for further innovations in many sectors of the economy" (Freeman 1992 a, 81).

miikka, optiikka ja laserteknikka, mikroelektroniikka, automaatio, robotiikka, tietojenkäsittely ja mikrobiologia (Blume 1990; OECD 1990, 69). Näiden tieteenalojen arvioidaan olevan muita hyödyllisempiä yhteiskunnallisten ja taloudellisten ongelmien ratkaisemisessa. Niiden tutkimusta tehdään pääasiassa teknillisissä korkeakouluissa ja tutkimuskeskuksissa. Siirtotieteiden tutkimuksella on kiinteä yhteys tulosten teollisiin sovelletuksiin, mutta ne kattavat myös perustutkimusta.

3 Esikilpailullisesta tutkimuksesta kaupallisiin toimeksiantoihin

VTT:n kaltaisten julkisten teknillisten tutkimuskeskusten tehtävänä on tukea teknologiapolitiikan tavoitteita teknillisen tutkimuksen osalta. Tutkimuskeskus toteuttaa teknillistä tutkimusta sekä yhteiskunnan koordinoimana esikilpailullisena strategisena tutkimuksena että kaupallisena toimeksiantotutkimuksena. Viimemainitulla tarkoitetaan tutkimusmarkkinoilla kaupalliseen kysyntään perustuvia tutkimustoimeksiantoja, jotka liittyvät uuden teknologian soveltamiseen pääasiassa lähellä markkinoita oleviin teknologioihin. Näiden tutkimustehtävien piirteitä voidaan tarkastella yksinkertaisessa teknologioiden kypsyysastetta ja aikaa kuvaavassa akselistossa (kuva 1.2).



Kuva 1.2 Tutkimuskeskuksen esikilpailullisen- ja toimeksiantotutkimuksen piirteitä (kuva 1.2 (a)) sekä teknologian siirron muotoja ja tutkimustyyppejä teknologian eri kypsyysvaiheissa (kuva 1.2 (b)).

Tutkimuksen muodot, sen rahoitus, uuden teknillisen tiedon siirron muodot sekä tutkimustoiminnan tuloksia kuvaavat indikaattorit vaihtelevat esikilpailullisen ja kaupallisen toimeksiantotutkimuksen välillä.

Esikilpailullinen tutkimus ja kaupallinen toimeksiantotutkimus kytkeytyvät kiinteästi toisiinsa. Esikilpailullisissa hankkeissa teknologioita kehitetään kohti sovelluksia. Tutkimuskeskus toimii teknillisten tieteiden tulosten ja niiden sovellusten välisenä siltana ja sillä on kosketuspintaa molempiin¹⁰. Esikilpailulliset hankkeet ovat pääsääntöisesti julkisia ja avoimia kaikille alan yrityksille ja niitä toteutetaan yritysten sekä tutkimuslaitosten ja tiedeyhteisöjen yhteishankkeina. Esikilpailullisissa hankkeissa aloitettua yhteistyötä voidaan jatkaa kaupallisena luottamuksellisena tutkimustoimeksiantona. Myös esikilpailullisia hankkeita toteutetaan kaupallisina toimeksiantoina. Kaupallisissa toimeksian-

¹⁰ "Bridging mechanisms between science and technology are of crucial importance in a knowledge-based economy" (Johnson 1992, 36; ks. myös Dosi 1988 a).

noissa strategisen tutkimuksen tuloksia räätälöidään asiakkaan tarpeisiin.

Esikilpailullisen tutkimuksen ja kaupallisen toimeksiantotutkimuksen keskeisiä piirteitä on koottu taulukkoon 1.1.

	Esikilpailullinen tutkimus	Kaupallinen toimeksiantotutkimus
Tutkimuksen luonne	Julkinen eri tahoille avoin perus- ja soveltava tutkimus	Luottamuksellinen kokeellinen kehitystyö, tuotekehitys
Tutkimuksen / teknologian kohteet	Geneeristen ja potentiaalisten teknologioiden ennakointi ja soveltamismahdollisuudet (ml. siirtotieteet), infrastruktuuri- ja ympäristö- yms. alojen teknologiat	Geneeristen ym. teknologioiden räätälöiminen yritysten, julkistahojen ym. yhteiskunnan tarpeisiin
Aikajänne	Pitkä, usein 3-10 vuotta	Strategista tutkimusta lyhempi
Toteuttajat	Korkeakoulut, tutkimuslaitokset, yritykset	Yritykset ym. asiakkaat yhdessä tutkimuskeskuksen kanssa
Rahoitus	Pääpaino julkisrahoituksessa	Yritykset ym. asiakkaat
Muodot	Yhteistutkimus kansallisissa ja kans.väl. tutkimusohjelmissa	Luottamukselliset tutkimustoimeksiannot
Tuotokset	Bibliometriset indikaattorit, patentit, lisenssit; prototyypit, pilottlaitokset..	Uudet tai parannetut tuotteet, prosessit, menetelmät jne.
Tuloksellisuuden arviointi	Pääosin kvalitatiivinen peer review, tieteelliset kriteerit sekä teolliset hyödyntämismahdollisuudet	Tutkimuksen taso ja tehokkuus, asiakastyytyväisyys

Taulukko 1.1 Tutkimuskeskuksen strategisen esikilpailullisen tutkimuksen ja kaupallisen toimeksiantotutkimuksen piirteitä.

Strategista tutkimusta toteutetaan korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten välisenä yhteistyönä. Sen organisoimiseen, rahoittamiseen ja koordinoimiseen osallistuvat teknologiapolitiikan viranomaiset, tutkimusta tekevät tahot, sekä mm. teollisuuden järjestöt. Koordinointi eliminoi päällekkäistä tutkimustyötä ja säästää voimavaroja ja eri tahojen yhteistyöverkostot myötävaikuttavat hankkeiden onnistumiseen. Menestys tieteellisen tiedon siirtämisessä sovelluksiksi riippuu eri tahojen henkilökohtaisten kontaktien toimivuudesta. Yhteishankkeissa tutkimuskeskuksen tutkijat oppivat tuntemaan käytännön vaatimuksia, mikä tukee esikilpailullisen tutkimuksen kohteiden valintaa ja voimavarojen suuntaamista käytännön tarpeiden mukaan. Strategisessa tutkimuksessa korostetaan loppukäyttäjien tarpeita, ja heitä sidotaan myös tutkimuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen (OECD 1989, 43; VTT:n strateginen...).

Tutkimuskeskuksen strateginen tutkimus kohdistuu keskuksen vahvoihin osaamisaloihin sekä teollisuuden tutkimustarpeisiin. Näiden tahojen välinen yhteistyö vaikuttaa tutkimusvoimavarojen kohdentamiseen. Yhteistyötahojen asiantuntemus välittyy tutkimuksen ohjaukseen johtoelinten ja neuvoo-antavien elimien kautta. Kaupallinen toimeksiantotutkimus osaltaan ohjaa strategisen tutkimuksen painopisteiden asettamista. Strategista tutkimusta arvioidaan tieteellisillä kriteereillä, ja arvioinnissa kiinnitetään huomiota myös tulosten hyödyntämiskelpoisuuteen. Evaluointiin osallistuvat sekä tiedeyhteisöjen että potentiaalisten hyödyntäjien asiantuntijat. Tutkimuksen arviointi on vakiintunutta toimintaa useissa tutkimuslaitoksissa. VTT:n omat tutkimusohjelmat on arvioitu vuodesta 1985 alkaen.

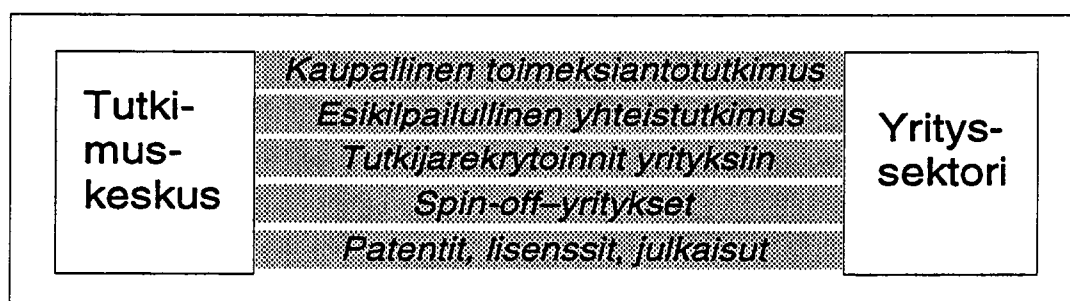
Rahoitusta esikilpailullista strategista tutkimusta varten myönnetään tutkimuskeskukselle valtion budjetista. Tutkimuskeskus hakee lisäksi tutkimusrahoitusta kansallisista jul-

kisista rahoituslähteistä (TEKES ym.) ja samoin kansainvälisistä julkisista rahoituslähteistä (mm. Euroopan Unionin, Euroopan avaruusjärjestön ESAn, Kansainvälisen energiajärjestön IEAn, Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECDn ym. järjestöjen tutkimusohjelmat, jne.).

Kaupallinen toimeksiantotutkimus on keskeinen *yrityslähtöinen* teknologian siirron muoto tutkimuskeskuksen ja yritysten välillä. Toimeksiannon kohteena olevien teknologioiden tulevaa menestystä ei kuitenkaan tunneta ja projektien tavoitellut vaikutukset realisoituvat vasta vuosiakin tutkimusvaiheen jälkeen. Siksi kaupallisen toimeksiantotutkimuksen onnistumisen selvittämiseksi on asiakkaalta tiedusteltava välittömästi hankkeen jälkeen tyytyväisyyttä keskukselta saatuun palveluun. VTT:ssä on yli kymmenen vuoden ajan toteutettu asiakastutkimuksia, joissa on tiedusteltu toimeksiantajien tyytyväisyyttä tutkimushankkeiden tuloksiin ja toteuttamiseen sekä mm. kustannusten ja aikataulujen pitävyyteen. Kyselyjen antama kuva VTT:n palvelukyvyvystä on ollut pääsääntöisesti myönteinen ja niistä on saatu runsaasti hyödyntämiskelpoista kritiikkiä toiminnan kehittämiseksi.

Tutkimuskeskukset suorittavat tutkimustoiminnan lisäksi testaus- ja tarkastustoimintaa. Nämä edellyttävät korkeatasoista henkilökuntaa ja laitteita, joita tutkimuksessakin tarvitaan. Suomessa osa vaativista testaus- ja tarkastuspalveluista on keskitetty VTT:hen. Nämä palvelut toimivat myös kanavana uusien tutkimusasiakkaiden hankinnassa.

Teknologinen tietämys siirtyy yritysten ja tutkimuskeskuksen välillä useiden kanavien kautta (kuva 1.3).



Kuva 1.3 Uuden teknillisen tietämyksen siirtymisen keskeisiä kanavia tutkimuskeskuksen ja yrityssektorin välillä.

Huomattava osa tietämystä siirtyy kirjallisessa muodossa julkaisuina tai mm. keskuksen tutkijoille myönnettyjen patenttien hyödyntämisoikeuksina. Pääosa tiedosta siirtyy keskuksen ja yritysten henkilöstön välisessä vuorovaikutuksessa, kirjaamattomassa, sanattomassa tai aineettomassa muodossa (*tacit knowledge*). 'Sanattomalla tiedolla' on merkittävä osa sekä yrityksen osaamisessa ja oppimisprosessissa että tiedon siirtymisessä yritykseen sen ulkopuolisilta tahoilta. Yrityksen teknologia- ja resurssiperustasta osa on aineellisessa muodossa, mm. laitteistoissa, rakennuksissa, uusissa tuotteissa ja muussa pääomassa. Huomattava osa teknologiaperustasta on mm. patenteissa ja lisensseissä sekä sellaisissa aineettomissa muodoissa kuin henkilöstön osaaminen, taidot ja oppimiskyky. Oppiminen tapahtuu paljolti tekemisen kautta ja välittömällä yhteydellä laitteistoihin, käytäntöön ja toimintaan on oppimiseen olennainen vaikutus. Myös yrityksen ulkopuolelta hankitun uuden tiedon omaksuminen ja hyödyntäminen tapahtuvat oppimis- ja kokemusprosesseina (Dosi 1988 b; Johnson). Sanattomalla tiedolla on myös

olennainen merkitys tietämyksen siirtymisessä tutkimusympäristön ja yritysten välillä¹¹. EU:n SPRINT/EIMS-hankkeessa, jossa selvitettiin 'sanattoman tiedon' siirtoa koskevia politiikkatoimia, *tacit knowledge* tulkittiin kokemuksen kautta opituksi tiedoksi (saksaksi *Erfahrungswissen*)¹². Tietämys keskuksen ja yrityksen välillä siirtyy kirjaamattomassa muodossa useiden vuosien aikana kehittyneiden henkilökohtaisten kontaktien välityksellä (esim. Dosi 1988 b; Arundel and Soete).

Tieto voi siirtyä yrityssectorille tutkijoiden tai tutkijaryhmien rekrytoina sekä spin-off-yritysten perustamisena. Tutkijoita voidaan rekrytoida yritykseen innovatiivisten ideoiden kanssa että muuten asiantuntijoina. Innovaation ideaa saatetaan kehitellä esikilpailullisessa yhteishankkeessa ja kaupallisen hyödyntämispotentiaalin kasvaessa avaintutkijat voidaan rekrytoida yritykseen jatkamaan kehitystyötä. Rekrytoinnit voivat olla tavoitteellistakin politiikkaa. Rekrytointi voi olla myös yksi tapa jakaa tutkimustoiminnan riskejä yhteiskunnan ja yritysten kesken. Tutkimuksen esikilpailullisessa vaiheessa teknologian kaupalliset näkymät ovat usein epävarmat, jolloin yritykset voivat olla mukana keskuksen hankkeissa välttämättä kiinteitä tutkimusinvestointeja. Hankkeen onnistumisen todennäköisyyden kasvaessa avaintutkijat voivat siirtyä jatkamaan työtä yritykseen. Tutkimuskeskuksen palvelukykyyn avaintutkijoiden rekrytoinnit aiheuttavat ainakin tilapäisiä ongelmia. Jatkossa, kun julkisten tutkimuskeskusten tulostavuu, yritysmäinen toimintatapa, yksityisen rahoituksen osuus ja merkitys sekä tehokkuus lisääntyvät ja kilpailutilanne kovenee, keskusten on kuitenkin pidettävä entistä tiukemmin kiinni avainosaajistaan.

Olennainen tietämyksen siirtymisen kanava keskukselta yrityssectorille ovat myös keskuksessa syntyneet spin-off-yritykset. Esimerkiksi VTT:stä on syntynyt tutkijoiden ideoiden ympärille vajaan kymmenen vuoden kuluessa runsaat 50 spin-off-yritystä. Niiden syntyä ja kehityspiirteitä kuvataan lähemmin Aution tutkimuksessa (1993).

Uuden teknillisen tiedon tuottaminen ja siirtäminen on luonteeltaan kansainvälistä. Suomessa sovellettava teknologia on alkuperältään paljolti ulkomaista, mutta räätälöity kotimaassa sijaitsevan teollisuuden tarpeisiin sekä yritysten että korkeakoulujen ja tutkimuskeskusten toimesta. Tutkimuskeskus osaltaan siirtää maahan osaamista erityisesti kansainvälisten tutkimushankkeiden sekä tutkijavaihdon ja tutustumisvierailujen yhteydessä, suodattaen ja räätälöiden saatua tietämystä yrityshankkeisiin kotimaassa. Kaupallisen toimeksiantotutkimuksen laajentaminen ulkomaisiin yrityksiin ja muihin tahoihin on tutkimuskeskuksille vastedes merkittävä haaste. Saksan Fraunhofer Gesellschaft ja Alankomaiden TNO ovat perustaneet ulkomaille toimipisteitä palvelujensa markkinointia ja toimintansa laajentamista varten.

4 Eräiden eurooppalaisten tutkimuskeskusten vertailu

Julkisten tutkimuskeskusten rahoitusrakenne mukalee keskusten toiminnan jakautumista julkiseen- ja kaupalliseen toimeksiantotutkimukseen. Valtio panostaa keskusten toimintaan välittömänä perusrahoituksena sekä välillisesti osan kansallisesta tutkimusohjelmarahoituksesta kanavoituessa tutkimuskeskuksille. VTT:n ulkopuolinen ohjelmarahoitus on ollut pääasiassa TEKES:stä. Kun TEKES ja muut julkiset rahoitustahot myöntävät yrityksille tutkimusrahoitusta, josta yritysten tutkimusalihankintojen kautta osa välittyy VTT:lle. Suomen Euroopan Unionin jäsenyyden myötä EU:n merkitys ul-

¹¹ *Tacit* käännetään 'äänettömäksi' tai 'sanattomaksi', 'understood without being put into the words'. Dosiin mukaan jotkut teknologisen tiedon osat "are well articulated, even written down in considerable detail in manuals and articles and taught in schools. Others are largely tacit, mainly learned through practice and practical examples" (1988 b, 224).

¹² SPRINT/EIMS-kartoituksen (1988) mukaan jäsenmaiden *tacit knowledge*-politiikkatoimet painottuvat tiedon siirtämiseen opetus- ja tutkimuslaitosten ja yritysten välillä (esimerkiksi väitöskirjojen tekemistä yrityksissä on edistetty rajojen madaltamiseksi tutkimus- ja yritysmaailman välillä).

kopuolisena julkisena rahoitustahona vastedes kasvaa.

Taulukossa 1.2 on kuvattu eräiden eurooppalaisten tutkimuskeskusten rahoituksen rakennetta. Määrittelyerojen takia luvut eivät ole täysin vertailukelpoisia, mutta antavat riittävän suuntaa-antavan käsityksen.

Tutkimuskeskus, maa	Toiminta- menot 1990 Mmk	Julkinen rahoitus			Sopimusrahoitus			Sopimustut- kimuksen osuus (%)
		Perus- rahoitus (%)	Julkiset t&k- ohjelmat (%)	Muu (%)	Julkiset (%)	Yritykset (%)	Ulkomaat (%)	
Seibersdorf, Itävalta	177	48.0	3.0	-	7.8	35.5	5.7	49.0
FhG, Saksa	1384	30.0	28.9	-	5.1	30.0	6.0	41.1
TNO, Alankomaat	1220	15.1	30.5	-	14.2	30.2	10.0	54.4
RISØ, Tanska	217	65.0	11.8	-	8.4	6.6	8.1	23.1
SINTEF, Norja	610	5.0	18.0	-	20.0	43.0	14.0	77.0
VTT, Suomi	636	27.6	16.3	10.9	9.8	32.6	2.8	45.2

Taulukko 1.2 Eräiden julkisten tutkimuskeskusten rahoitusrakenne vuonna 1990 (milj. Suomen markkaa ja rahoituskorien prosenttiosuudet) (Hillebrand and Ernst).

Tutkimuskeskusten perusrahoitus ja julkinen tutkimusohjelmarahoitus kohdennetaan pääasiassa esikilpailulliseen strategiseen tutkimukseen. Useimmissa tutkimuskeskuksissa esikilpailullisen tutkimuksen osuus ylittää sopimustutkimuksen. Taustalla ovat mm. keskusten poikkeavat tehtävät ja rahoituslähteiden luokitteluerot. Joissakin maissa keskusten tehtävät painottuvat kansallisesti priorisoiduille aloille kuten Tanskan RISØ:ssä energiaturkimukseen. Alankomaissa TNO on solminut puolestaan pitkäaikaisia strategisen tutkimuksen ohjelmia eri ministeriöiden kanssa, joita koskevat määrärahat sisältyvät taulukossa 1.2 sopimustutkimukseen. Vastaavanluonteisia määrärahoja esimerkiksi VTT:n kohdalla sisältyy sekä tutkimusohjelmarahoitukseen että ministeriöiden toimeksiantorahoitukseen. TNO:n yhteistyö ministeriöiden kanssa vastaa siten Suomessa ministeriöiden yms. tahojen sopimustutkimuksena toteutettavia hankkeita. VTT:n hankkeille myönnetty osuus TEKESin soveltavan tutkimuksen ja avaruustoiminnan rahoituksesta oli vuonna 1993 noin 30 prosenttia (132 mmk).

Sopimustutkimusrahoitus jakaantuu yritysasiakkaiden, ministeriöiden ym. julkisten tahojen sekä ulkomaisten asiakkaiden osuuksiin. Taulukossa 1.3 on kuvattu eräiden julkisten tutkimuskeskusten rahoitusta suhteessa joihinkin kansallisiin tutkimusrahoituseriin vuonna 1990.

VTT:n perusrahoitus valtion budjetista oli vuonna 1993 siirtomäärärahoineen 349 mmk ja maksullisen toiminnan tulot 516 mmk. Käyttömenot olivat 805.6 mmk (VTT-tason luvuista on vähennetty sisäiset menot ja lisätty tukipalkkiot, luottotappiot ja tileistä poistot). Vuonna 1993 julkiset tutkimusmenot Suomen valtion budjetissa olivat 5459 mmk (ks. Niskanen). VTT:n perusrahoituksen osuus (siirtomäärärahoineen) oli tästä 6,4 prosenttia. Kun Suomen koko tutkimuspanostus vuonna 1992 oli noin 10,4 miljardia markkaa, VTT:n osuus käyttömenoilla mitattuna oli tästä vajaa 8 prosenttia.

VTT:n ulkopuoliset tulot olivat vuonna 1991 noin 502 mmk, 1992 noin 505 mmk ja 1993 noin 516 mmk. Nämä koostuivat yksityisen sektorin tuloista, TEKESin, KTM:n ja muun valtionhallinnon tuloista sekä ulkomaisten toimeksiantojen tuloista. Yksityisen sektorin tulot olivat suurin yksittäinen ulkopuolinen tuloerä: 266 mmk vuonna 1991,

Tutkimuskeskus	Perusrahoitus julkisista t&k-menoista %	Toimintamenot koko maan t&k-menoista %	Sopimustutkimus yritysten kanssa / yrityssektorin t&k-menot, %
Seibersdorf	14.8	1.8	1.4
FhG	2.0	0.8	0.4
TNO	4.6	5.6	3.0
SINTEF	2.2	7.9	6.6
VTT	9.5	6.3	3.4

Taulukko 1.3 Eräiden julkisten tutkimuskeskusten rahoitus suhteessa eräisiin kansallisiin t&k-rahoituseriin v. 1990 (Hillebrand and Ernst; MSTI 1994/1; Itävallan ja Norjan tiedot vuodelta 1989).

243 mmk vuonna 1992, 234 mmk vuonna 1993 (alenemisen taustalla mm. lama viiveellä) ja 269 mmk vuonna 1994. Vuonna 1991 yrityssektorin t&k-menot Suomessa olivat 5798 mmk, vuonna 1992 ne olivat 5896 mmk sekä 6234 mmk vuonna 1993. VTT:n yksityisen sektorin tulojen määrä yrityssektorin t&k-menoista oli vuonna 1991 noin 4,6 prosenttia ja vuonna 1992 noin 4,1 prosenttia sekä vuonna 1993 noin 3,8 prosenttia.

VTT:n käyttömenojen suuruusluokan osoittaa näiden vertailu suomalaisten yritys konsernien t&k-menoihin (taulukko 1.4)¹³.

Yrityskonsernit	1992		1993	
	T&k-menot, Mmk	% / liikev.	T&k-menot, Mmk	% / liikev.
Imatran Voima Oy	172	3	150	2
METRA Oy	293	3	293	2.4
Neste Oy	404	0.7	477	0.8
Nokia Oy	1113	6.1	1472	6.2
Outokumpu Oy	390	2.6	450	2.8
Repola Oy	195	0.8	254	1.0
Vaisala Oy	35	11	41	10
Valmet Oy	256	2.7	295	2.8
Yrityssektorin t&k-menot yht.	5896		6234	
VTT:n käyttömenot	816		806	
VTT:n tulot yksit.sektorilta	243		234	

Taulukko 1.4 Eräiden suomalaisten yritys konsernien t&k-menot ja niiden osuus liikevaihdosta, sekä VTT:n käyttömenot ja tulot yksityiseltä sektorilta vuosina 1992 ja 1993; vuonna 1994 viime mainitut nousivat 269 mmk:aan (lähteet: yritysten vuosikertomukset, Tilastokeskus sekä VTT:n vuositilasto 1993).

Merkittävin tutkija suomalaisyrityksistä jo usean vuoden ajan on ollut Nokia, jonka tutkimusmenot vuonna 1994 konsernitasolla olivat 1,9 miljardia markkaa. VTT edustaa verrattain pientä osaa yritysten koko tutkimuspanostuksesta (taulukko 1.4). Tilanne on samansuuntainen esimerkiksi Alankomaiden TNO:n kohdalla. Suurilla monikansallisilla teollisuusyrityksillä Philipsillä, Shellillä, Unileverillä, AKZolla ja DSM:illä on Alankomaissa tutkimusyksiköt ja näiden viiden monikansallisen yhtiön osuus maan kaikkien yritysten t&k-investoinneista on 55 prosenttia (STIP 1992, 15). Philipsin tutkimusmenot vuonna 1993 konsernitasolla olivat noin 5,2 mrd.mk ja AKZO/NOBELin 1,4

¹³ T&k-menojen osuus liikevaihdosta on konserniyhtiöiden useilla tutkimusintensiivisillä tytäryhtiöillä suhteellisesti merkittävästikin konsernitasoa korkeampi.

mrd.mk¹⁴. TNO:n liikevaihto vuonna 1993 oli 760 milj.NLG eli runsaat 2 mrd.mk (TNO-Strategie 2000).

VTT:n tutkimushenkilöstön määrä oli vuoden 1991 lopussa 2870 (henkilötyövuosia 2670), mikä oli 9,7 prosenttia Suomen koko tutkimushenkilökunnasta (29575¹⁵). TNO:n tutkimushenkilöstön määrä oli vuonna 1991 puolestaan noin 5000 eli 7,3 prosenttia Alankomaiden tutkimushenkilökunnasta. Saksan Fraunhofer Gesellschaft (FhG) on näitä absoluuttisesti suurempi, mutta kansallisesti suhteellisesti pienempi. Sen henkilökunnan määrä vuonna 1991 oli 6656 eli 1,5 prosenttia Saksan tutkimushenkilökunnasta. VTT:n ja erityisesti TNO:n henkilökunnan määrä on sittemmin vähentynyt, mutta FhG:n kasvanut lähes 8000:een maan itäosaan perustettujen uusien tutkimusyksiköiden myötä.

Tuloksellisuuden korostaminen ym. julkisen talouden kehitystrendit ovat vaikuttaneet julkisten tutkimuslaitosten asemaan. Niiden perusrahoitusta on tiukennettu ja paineet toimeksiantotutkimuksen ja -rahoituksen laajentamiseen ovat kasvaneet. Tutkimuskeskuksissa on haettu myös uudentyypisiä rahoituksellisia ratkaisuja. Esimerkiksi Saksassa Fraunhofer Gesellschaftin valtiolta saamat tulot on saatettu riippuviksi sen sopimustutkimuksesta saamista tuloista (ks. esim. Schimank).

5 Tutkimuskeskus yritysten teknologia lähteenä

Yritysten kilpailukyvyyn ylläpito ja parantaminen edellyttävät kasvavasti yrityksen teknologiavarannon vahvistamista ja uudistamista sekä teknologian integroimista osaksi liiketoimintastrategiaa ('kolmannen sukupolven t&k-strategia', ks. Roussel et al.). Olennaista tällöin on, mistä yritykset uusia tuote- ja prosessiteknologioita koskevia tietoja hankkivat.

Yritysten oma tai ulkoa hankittu tutkimus- ja kehitystoiminta on olennainen, muttei ainoa uuden teknologian hankintakanava. Muita ovat mm. tarvittavaa eri teknologia-aloilla toimivien yritysten ostot, uutta teknologiaa sisältävien pääomatavaroiden ostot, innovatiivinen yhteistyö muiden yritysten kanssa, asiantuntijarekrytoinnit, teknologian seuraaminen sekä uuden teknologisen tietämyksen ostaminen patenttien tai lisenssien muodossa. Granstrandin ym. tutkimuksen mukaan teknologian hankinta on amerikkalaisten ja ruotsalaisten yritysten teknologiastrategian keskeinen toteuttamistapa (1990). Teknologian hankinnassa sopimustutkimuksen merkitys Yhdysvalloissa, Ruotsissa ja Japanissa on kasvanut (Granstrand et al., 72). Syynä on mm. yritysten tutkimusstrategioiden muutokset kilpailuehtojen muuttuessa. Ne ovat ainakin jossain määrin hajauttaneet tutkimustoimintaansa tulosyksiköihin, lisänneet joustavuutta vähentämällä pysyvän tutkimusväen määrää sekä siirtyneet kasvavasti ostamaan palveluja. Tällaiset trendit antavat mahdollisuuksia tutkimuskeskusten ja muiden ulkopuolisten tahojen tutkimuspalvelujen käytön laajentamiselle. Strategisia tuotteita ja osaamisalueita koskevasta tutkimuksesta yritykset vastaavat pääasiassa itse, joskin niissäkin voivat käyttää ulkopuolisia palveluja.

Seuraavassa käydään läpi eräiden Suomessa ja muissa pohjoismaissa tehtyjen tutkimusten tuloksia, joissa on selvitetty yritysten erilaisten innovaatio- ja teknologia lähteiden merkitystä, myös julkisten tutkimuskeskusten roolia yhtenä vaihtoehtoisena lähteenä.

Tilastokeskus on tutkinut yhteistyötä VTT:n kanssa yritysten innovaatiolähteenä kahdesti. Vuonna 1988 tehdyssä tutkimuksessa otos oli 377, joista vastasi 58 prosenttia (CSO 1991). Vastausten mukaan yhteistyö tutkimuskeskuksen kanssa oli innovatiivisten aja-

¹⁴ Vaihtosuhte 1 ECU = 5,8 mk (15.1.1995). Philipsin t&k-menot olivat 5,8 % konsernin myynnin arvosta, AKZOn 5,6 % (lähde: The European Report on Science and Technology Indicators 1994, Table II.5.)

¹⁵ OECD MSTI 1994/1.

tusten lähteenä 11,8 prosentille yrityksistä. Tulokset poikkesivat yrityskoon mukaan siten, että VTT oli innovaatiolähteenä 15,1 prosentille suurista yrityksistä, 6,6 prosentille keskisuurista ja 13,6 prosentille pienistä. Tutkimuksessa vuodelta 1992 selvitettiin t&k-yhteistyön laajuutta tutkimuslaitosten kanssa, mutta mainitsematta tutkimuslaitoksia nimeltä (CSO 1992). Kysely lähetettiin 1304 suomalaisyritykselle, joista vastasi 67 prosenttia. Tulosten mukaan 36,4 prosentilla yrityksistä oli yhteistyötä tutkimuslaitosten kanssa (suurista yrityksistä 74,6 prosentilla, keskisuurista 58,6 prosentilla ja pienistä yrityksistä 23,1 prosentilla).

Vuonna 1991 tehdyssä tilastokeskuksen tutkimuksessa tiedusteltiin yrityksiltä niiden innovaatioiden lähteitä. Kysely lähetettiin 377 suomalaisyritykselle, joista 197 vastasi. Vastausten mukaan VTT-yhteistyö oli innovatiivisten ideoiden lähteenä 12 prosentille yrityksistä. Vastaava kysely tehtiin myös Tanskassa ja Norjassa. Tanskassa yhteistyö tutkimuskeskusten kanssa oli innovatiivisten ideoiden lähteenä 14 prosentille ja Norjassa 26 prosentille yrityksistä (Nordic..).

Tilastokeskuksen vuoden 1992 kyselytutkimuksessa selvitettiin yritysten tutkimustoiminnan kansainvälistymistä (Tilastokeskus 1994). Tiedot koottiin 20 suuren konsernin liiketoimintayksiköistä sekä näihin kuulumattomista tutkimusta harjoittaneista suurista ja keskisuurista teollisuusyrityksistä. Tutkimus kattoi noin 86 prosenttia yrityksistä mitattuna teollisuuden tutkimusmenoilla Suomessa. Ulkomaisten tutkimusyksiköiden yhteistyö suomalaisten yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa oli tutkimuksen mukaan vähäisempää kuin kotimaisten tutkimusyksiköiden yhteistyö ulkomaisten yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa. Yli puolet suurten ja keskisuurten yritysten yksiköistä oli ostanut jonkun verran palveluja, lähinnä suomalaisilta tutkimuslaitoksilta, korkeakouluilta ja konsulteilta. Suurten konsernien kotimaisille t&k-yksiköille tärkeimmät yhteiskumppanit ja tutkimuspalvelujen tarjoajat olivat suomalaiset tutkimuslaitokset ja korkeakoulut. Muille suurille ja keskisuurille yrityksille tärkein tutkimuksen yhteistyökumppani oli suomalainen tutkimuslaitos.

Tutkimuskeskusten merkitys yritysten innovaatiolähteenä näyttää tehtyjen tutkimusten mukaan vaihtelevan. Tutkimukset eivät anna siitä yksiselitteistä käsitystä ja joihinkin niistä liittyy myös metodologisia ongelmia, jotka saattavat vaikuttaa tuloksiin. Yritysten vaihtoehtoisina innovaatiolähteinä on mm. asiakkaiden kysyntä, markkinointi, ylin johto, yliopistot, konsultit ja yrityksen sisäinen t&k-toiminta. Vastajien tuli tehdä priorisointi näiden välillä. Näistä osa on päällekkäisiä, keskenään riippuvia tai ne vaikuttavat samanaikaisesti (esim. konsulttien toiminta ja sisäinen t&k tai asiakkaiden kysyntä ja ylimmän johdon toiminta). On myös huomattava, että aloitteentekijä tutkimuspalvelun ostamisessa on yritys joka maksaessaan palvelusta käyvän hinnan tuskin haluaa korostaa palvelun toimittajan merkitystä teknologialähteenä.

Teknologialähdetutkimukset eivät tuo esille tutkimuskeskuksen ja yritysten välisen teknologian siirron kaikkien muotojen vaikutuksia – esimerkiksi tiedon siirtymistä tutkijarekrytointien ja spin-off-yritysten kautta. Tutkijarekrytointeja on VTT:n kohdalla liittynyt moniin sellaisiin hankkeisiin, joissa on kehitetty tunnettujakin suomalaisinnovaatioita mm. puhelinteknologian, paperi- ja selluteknologian automaatiojärjestelmien, asiakas- ja erikoispiirien ja litteän näytön alueilla (ks. Lovio 1988). Samoin innovaatioita yrityssektorille on siirtynyt tutkimuskeskuksen spin-off-yritysten kautta (ks. Autio 1993).

Julkisten tutkimuskeskusten merkitystä on arvioitu eräissä kansallista innovaatiojärjestelmää koskevissa tutkimushankkeissa. Nelsonin johtamassa kansallisia innovaatiojärjestelmiä koskevassa tutkimushankkeessa selvitettiin 15 erilaisessa kehitysvaiheessa olevan maan kokemuksia (Nelson (ed) 1993). Yhteiskunnan toimet menestyneimmissä maissa ovat painottuneet erityisesti työvoiman koulutukseen, suotuisan makrotaloustalouden luomiseen sekä teknologian muutosta välittömästi edistäviin toimiin (emt,

511–514). Julkisten tutkimuslaitosten ja yliopistojen myötävaikutus yritysten innovaatiotoimintaan on vaihdellut sekä aloittain että eri maiden kansallisten erityispiirteiden mukaisesti. Siellä missä julkiset tutkimuslaitokset näyttävät onnistuneesti tukeneen yritysten innovaatiotoimintaa, vuorovaikutus ja kytkennät niiden ja yritysten välillä ovat hyvin välittömät tutkimusohjelmien tms. mekanismien kautta.

Julkisten tutkimuskeskusten kuten muiden yritysten innovaatiolähteiden merkityksestä Euroopassa saadaan systemaattisempia tietoja vastedes EU:n tähän aiheeseen erityisesti liittyvistä, yrityksille tehtäviin säännöllisiin kyselyihin perustuvista innovaatiokatsauksista (ks. Community...).

II Tapausselvitys toimeksiantotutkimuksesta

7 Tavoitteet, aineisto ja varaukset

Pääosa tutkimus- ja tuotekehitystoiminnasta tehdään yrityksissä. Julkinen tutkimuskeskus on yksi yritysten ulkopuolinen vaihtoehtoinen teknologian hankintalähde. Julkisen tutkimuskeskuksen osallistuminen yritysten teknologian uudistamiseen tapahtuu uuden teknillisen tietämyksen vuorovaikutteisena siirtämisprosessina keskuksen ja yritysten välillä eli teknologian siirtona. Kaupalliset tutkimustoimeksiannot ovat yritysten aloitteen perustuva teknologian siirron konkreettinen muoto tutkimuskeskuksesta yrityksille. Tässä tapaus selvityksessä käsitellään Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen toimeksiantotutkimuksen roolia yritysten teknologian uudistajana. Tutkimuskeskuksen toimeksiantoprojektisalkkua tarkastellaan eri perusteiden mukaan ja arvioidaan projektien merkitystä yritysten teknologian uudistamisessa. Projektisalkun tuntemus on tarpeellista mm. tutkimustoiminnan suuntaamisessa ja valmiuksien kehittämisessä tutkimuskysynnän ja teknologioiden kehitysnäkymien mukaisesti.

Tapausselvityksen aineistona on 125 vuoden 1990 loppuun mennessä päätettyä projektia, joista on käytettävissä asiakastiedot, toteutusaika, hankkeen taustatiedot ja rahoitus, projektin keskeiset tulokset sekä arvio niiden kaupallisesta hyödyntämisestä sekä hyödyllisyydestä ja merkityksestä toimeksiantajalle¹⁶. Projektit luokitellaan näiden tietojen perusteella niitä yhdistäviin ja erottaviin ryhmiin. Ne profiloidaan koon perusteella markka- ja henkilötyövuosimääräisesti sekä tarkastellaan yritysasiakkaiden profiilia (yrityskoko, toimiala, teknologiaintensiivisyys). Projektien kohdeteknologiat luokitellaan ominaisuuksien perusteella järjestelmiin, prosesseihin, menetelmiin, tuotteisiin ja palveluihin. Sitten tarkastellaan toimeksiantoihin liittyvien tuotteiden sijoittumista ulkomaankaupan tavaranimikkeistön ryhmiin, erityisesti huipputekniikkaan. Projekteja tarkastellaan myös samanaikaisesti useiden luokittelujen perusteella eli tyyppitetään aineistossa esiintyviä projektijoukkoja. Lisäksi tarkastellaan projektien odotettuja vaikutuksia sekä teknologian siirtoon ja yhteistyömuotojen merkitykseen liittyviä näkökohtia.

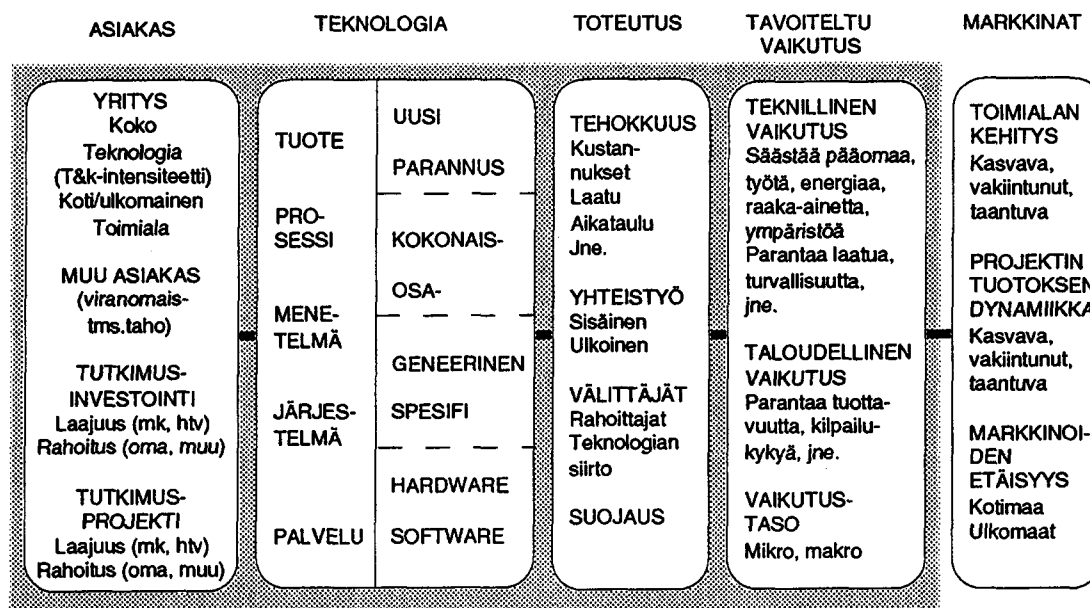
Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tehtävät on määritelty teknologiapoliittisissa dokumenteissa (esim. Tiedon ja...) sekä keskuksen laissa. Keskuksen roolin ja tehtävien perusteella toimeksiantotutkimukselle voidaan asettaa seuraavia tarkastelukriteereitä:

- *Asiakkaiden tulisi olla merkittäviä kotimaassa sijaitsevia eri kokoisia yrityksiä, jotka toimivat perinteisillä vientialoilla (mm. paperi- ja selluteollisuus), sekä uusilla hightech-vientialoilla (puhelin- ja viestintä, muu elektroniikkateollisuus) tai keskeisillä infrastruktuurialoilla (energia jne.) tai muutoin yhteiskunnan kannalta merkittävillä aloilla (ympäristönsuojelu, työturvallisuus jne.). Asiakkaina ovat lisäksi julkistahot.*

¹⁶ Tapausselvityksen suppeampi versio valmistettiin vuonna 1993 julkaisemattomana työpaperina Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) teknologian siirtoa koskevaan hankkeeseen.

- *Hankkeiden tulisi liittyä maan teollisuuden kilpailukyyn kannalta keskeisten tuote-, prosessi- ym. teknologioiden kehittämiseen sekä myös yrityksille ja yhteiskunnalle tärkeiden infrastruktuurialojen (energia jne.) tai yhteiskunnan kannalta muuten merkittävien alojen (ympäristö, työturvallisuus jne) teknologioiden kehittämiseen.*
- *Tutkimuskeskuksen tietämys nyt ja tulevaisuudessa sovellutuskelpoisista uusista teknologioista sekä muut valmiudet vastata yritysten vaativiin toimeksiantoihin. Osaamista ja valmiuksia kehitetään esikilpailullisen strategisen tutkimuksen avulla; esikilpailullisissa hankkeissa tuotettu tietämys ja osaaminen tulee kyetä hyödyntämään kaupallisissa toimeksiannoissa mahdollisimman hyvin.*
- *Tutkimusprojektien tulisi kriittisen massan takia olla riittävän suuria ja teknologian tulisi siirtyä keskuksen ja yritysten välillä kustannustehokkaasti, laadukkaasti ja nopeasti. Tähän myötävaikuttavat mm. verkottuminen, onnistunut yhteistyö, tutkimuspalvelujen välittämistä edistävät viranomaiset (rahoittajat, konsultit jne.) sekä palvelujen sopiva hinta/laatu-suhde.*

Näitä tarkastelukriteereitä täydennetään toimeksiantojen tarkastelun kuluessa. Analyysin rakenne eli teknologian siirron keskeiset vaiheet ja elementit tutkimuskeskuksen ja yrityksen välillä esitetään kuvassa 2.1¹⁷.



Kuva 2.1 Selvitys kattaa tutkimustoimeksiantojen kautta tapahtuvan teknologian siirron keskeiset vaiheet (varjostettu alue).

Teknillinen tutkimus on yksi väline yrityksen pyrkiessä laajentamaan markkinoitaan tai parantamaan kilpailukykyään. Kaupallisen toimeksiannon lähtökohtana on yrityksen tarve kehittää teknologiaa, tehdä tätä koskeva investointisuunnitelma sekä päättää, toteutetaanko hanke omin ja/tai ulkopuolisin voimin. Tutkimushankkeen luonteeseen, laajuuteen ja toteuttamiseen vaikuttavat mm. yrityksen teknologian taso, valmiudet rahoittaa ja toteuttaa hanke sekä yrityskoko ym. luonteenpiirteet. Kehittämisen kohdeteknologia voi olla tuote, prosessi, systeemi tai menetelmä, mutta toimeksiannot voivat olla myös näihin liittyviä tai erillisiä palveluita, esimerkiksi testauksia tai analyysejä. Toimeksiannot ovat tavallisesti soveltavaa tutkimusta ja kokeellista kehitystyötä. Hankkeiden toteutukseen vaikuttaa eri tahojen välinen yhteistyö ja myös teknologian siirtoa edistävien ja välittävien tahojen toiminta. Projektin tavoiteltu vaikutus ilmenee teknillisinä ja fyysisinä muutoksina, joilla on myönteinen vaikutus yrityksen taloudelliseen kilpailukykyyn.

¹⁷ Kuvan käsitteitä täsmennetään ao. kohdissa myöhemmin.

Teknillinen tutkimus on yksi tekijä yrityksen pyrkiessä nostamaan tuottavuuttaan, laajentamaan markkinoitaan tai parantamaan kilpailukykyään. Tutkimushankkeiden vaikutukset realisoituvat usein vuosia tutkimusvaiheen jälkeen. Uusien tai uudistettujen tuotteiden tuleva menestys ei useinkaan voi olla tiedossa tutkimusvaiheen päätyttyä. Onnistunut tutkimus on mahdollisen menestyksen välttämätön, ei kuitenkaan riittävä ehto. Menestys riippuu mm. markkinointi- yms. toimien onnistumisesta ja siihen vaikuttavat mm. toimialan kehitysnäkymät, markkinoiden dynamiikka ja sijainti ym. seikat. Lopulta teknologia voi heijastua yhteiskuntaan fyysisinä ja taloudellisina hyvinvointivaikutuksina. Koko prosessia alkaen tutkimusvaiheesta ja päätyen teknillisiin ja taloudellisiin vaikutuksiin voidaan nimittää teknologian siirtoprosessiksi tai innovaatioprosessiksi¹⁸.

Käsillä olevassa selvityksessä käytettyjä projektitietoja ei ole koottu tutkimuksen tarpeisiin, vaan tutkimuskeskuksen strategiseen johtamiseen liittyvää toiminnan arviointia varten. Aineisto koottiin siten, että tutkimuskeskuksen laboratoriota pyydettiin raportoimaan enintään viidestä vuonna 1990 päätetystä projektista eli tarkastellut projektit olivat vain osa tuona vuonna päätetyistä. Kun laboratorioita pyydettiin raportoimaan viidestä *merkittävimmästä* toimeksiannosta, merkittävyyden arvioivat laboratoriot eivätkä ulkopuoliset asiantuntijat. Tarkastelun ulkopuolelle jäi siten runsaasti pieniä ja vaatimatomia esim. testaukseen ja tarkastukseen liittyviä hankkeita sekä mm. 'epäonnistuneita' projekteja¹⁹. Selvityksen aineisto ei siten välttämättä täytä tilastollisen tutkimuksen vaatimuksia. Vaikka aineiston laajuus saattaa antaa selvitykselle tilastollista mielenkiintoa, ensisijaisena tavoitteena on ollut kuvata toimeksiantojen sisältöä ja luonteenpiirteitä. Tietoja on täydennetty haastattelemalla joidenkin projektien avainhenkilöitä. Lisäksi päätelmät perustuvat kirjoittajan kokemuksiin. Vastuu sisällöstä, tulkinnoista ja päätelmistä on luonnollisesti kirjoittajan.

Tekstin sisälle on poimittu tarkasteltujen toimeksiantojen joukosta yhdeksän projektin lyhyet box-kuvaukset. Näiden esimerkkien tarkoituksena on kuvata asiakkaiden tar-

Digitaalisen matkapuhelimen (GSM) ohjelmistokehitys

Toimeksiantaja oli Nokia Matkapuhelimet OY (NMP) ja kesto aika 2 vuotta. Hanke kohdistui yleiseurooppalaisen digitaalisen matkapuhelimen ohjelmistoon. Projektissa hyödynnettiin GSM-koejärjestelmän kehittämässä hankittua osaamista. TKO:n työn tavoitteena oli GSM-puhelimen pääprosessorin ohjelmisto-osien määrittely, arkkitehtuurisuunnittelu ja eräiden ohjelmistojen suunnittelu ja toteutus. VTT:n tietokonetekniikan laboratorio vastasi GSM-puhelimen pääprosessorin ohjelmiston toiminnallisesta määrittelystä ja arkkitehtuurisuunnittelusta sekä eräiden ohjelmisto-osien suunnittelusta, toteutuksesta ja integroinnista muiden osien kanssa. Kehitystyön tuloksia hyödynnettiin suoraan NMP:n valmistamissa matkapuhelimissa. Tietokonetekniikan laboratorion osuus GSM-puhelinohjelmistosuunnittelussa oli tärkeä. Laboratorio vastasi puhelimen ohjelmiston kokonaisarkkitehtuurista. Kehitystyön yhteydessä otettiin lisäksi NMP:lla käyttöön ohjelmistokehityksen kehittyneitä menetelmiä, työtapoja ja työkaluja, joihin liittyvää laboratorion osaamista hyödynnettiin konkreettisesti kehitystyössä. (Jukka Karjalainen, Tietokonetekniikan laboratorio)

¹⁸ "The *innovation process* is the combination of activities – such as design, research, market investigation, tooling up and so on – which are necessary to develop innovative products or production process" (Community ..., 50).

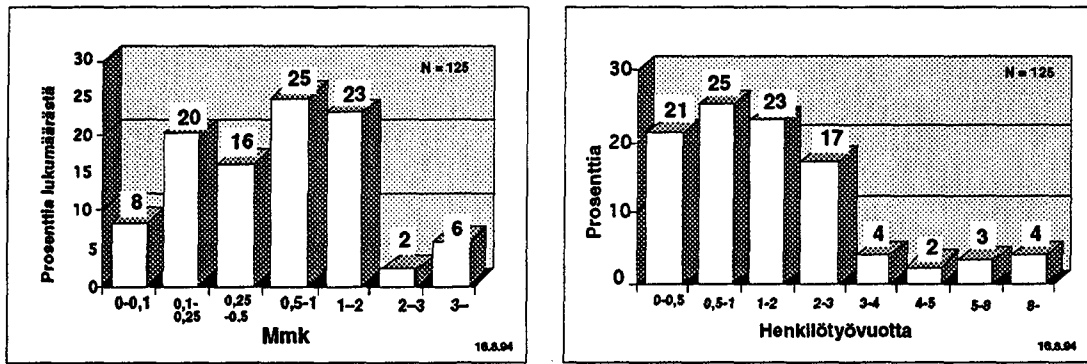
¹⁹ Epäonnistuneeksi saatetaan tulkita projekti, joka ei johda odotettuun myönteiseen tulokseen. Usein tällainenkin projekti on tärkeä, koska teknillisten tai kaupallisten odotusten vastaisesta tuloksesta huolimatta ilman projektia idean käyttökelpoisuus tai -kelvottomuus olisi jäänyt tuntemattomaksi.

peista lähtevien eri tyyppisten ja -kokoisten toimeksiantojen kirjoa. Kuvaukset on laadittu yhdessä hankkeisiin osallistuneiden tutkijoiden kanssa ja hanketietoja on eräiltä osin saatettu ajan tasalle. Laboratorioiden nimet kuvauksissa ovat VTT:n organisaatorakenteen mukaiset hankkeiden toteuttamishetkellä. Kuvauksista on poistettu kustannukset yms. luottamukselliset tiedot.

8 Toimeksiantoprojektien profiili

8.1 Toimeksiantojen laajuus

Toimeksintotutkimukset perustuvat asiakayritysten tarpeisiin ja aloitteeseen ja asiakkaat vastaavat projektien kustannuksista. Sopimusprojektien laajuus markka- ja henkilötyövuosimääräisesti esitetään kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 Sopimustutkimusprojektien kokojakauma markka- ja henkilötyövuosimääräisesti.

Projektien toteuttaminen ajoittui useammalle vuodelle, ja niiden yhteinen kustannusarvo oli yhteensä noin 130 miljoonaa markkaa. Kun projektien lukumäärä oli 125, oli keskimääräinen projektikustannus runsaat 1 miljoonaa markkaa.

Runsaat puolet toimeksiantoprojekteista oli kooltaan yli yhden henkilötyövuoden ja yli 10 prosenttia yli kolmen. Keskimääräinen projektikoko oli hieman yli kaksi henkilötyövuotta. Laatikkoesittelyssä oleva käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskapseli kuului tarkastelluista projekteista sekä markka- että henkilötyövuosimääräisesti laajimpien joukossa.

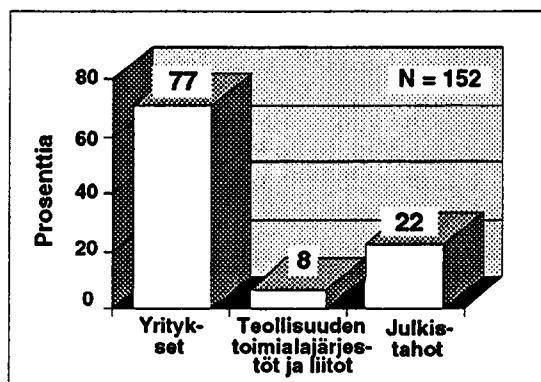
Tutkimusprojektin riittävän suurta kokoa pidetään yleisesti tutkimuksessa tärkeänä kriteerinä kriittisen massan saavuttamiseksi sekä myös taloudellisen tehokkuuden kannalta. Tarkasteltujen toimeksiantojen kokojakauma vastannee tässä suhteessa tavoitetilaa. Markkamääräinen projektikoko riippuu myös tutkimuspalvelujen hinnoittelusta. Käytävissä olevan aineiston perusteella tästä ei voida tehdä päätelmiä.

8.2 Asiakasyritykset ja niiden toimialat

Seuraavaksi tarkastellaan sopimustutkimuksen asiakastahoja sekä asiakasprofiilia asiakaiden toimialan ja niiden mukaisen teknologiatason perusteella. Tämän jälkeen hankkeet profiloidaan yrityskoon, yrityksen sijainnin sekä markkinaorientaation mukaan.

Yritysten ohella toimeksiantojen asiakastahoja olivat teollisuuden toimialajärjestöt ja julkistahot. Pääosa tarkastelluista toimeksiannoista oli yhdelle yritysasiakalle ja noin viidennes oli useiden yritysten yhteisprojekteja. Yhteishankkeissa osallistuvien yritysten

yleisin määrä oli kaksi, mutta muutamiin hankkeisiin mm. rakennusteollisuuden alalla osallistui lähes kymmenen. Tällaiset yhteisprojektit olivat teollisuusliittojen koordinoimia ja rahoittamia ja useat niistä tarkoitettu erityisesti talouden taantuvien alojen alan



Kuva 2.3
Sopimustutkimusprojektien asiakastahot

teknologian uudistamiseksi mm. tekstiili- ja rakennusteollisuudessa. Konsortioihin osallistui pääasiassa pk-yrityksiä. Useita yhteistyöprojekteja rahoittivat myös julkiset tahot (mm. Teknologian kehittämiskeskus, TEKES).

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskapseli

Toimeksiantaja ja rahoittaja oli Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja hanke toteutettiin vv. 1988–1990. VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion osuus oli 3 htv. (Yhteensä hanke oli noin 20 htv.) Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen on Suomessa aiemmin suunniteltu käytettävän ruotsalaisen esikuvan mukaista kuparikapsella, jossa täytteenä käytetään sulaa lyijyä. TVO:lla on vuodesta 1986 lähtien ollut käynnissä kapselointi- ja loppusijoitustekniikan kehittämishanke. Tavoitteena oli kehittää yksinkertaisempi, käyttöturvallisuudeltaan parempi ja kustannuksiltaan edullisempi kapseli, jonka pitkäaikaisturvallisuus on vähintään yhtä hyvä kuin aiemmalla ratkaisulla. Kapseliratkaisun ja kapselointiprosessin kehittämiseen ja vaihtoehtojen arviointiin osallistui useita koti- ja ulkomaisia yrityksiä ja tutkimuslaitoksia. VTT:n Ydinvoimatekniikan laboratorion eri jaostoissa selvitettiin vaihtoehtoisten kapseliratkaisujen lujuutta, kriittisyysturvallisuutta, säteilytasoja ja lämpövaikutuksia sekä pitkäaikaisturvallisuutta.

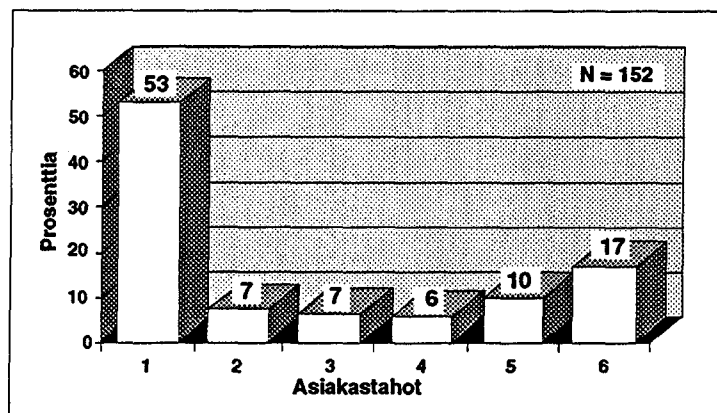
Projektin tuloksena kehitetty uusi kapseliratkaisu on kaksikerroksinen kupari/teräskapseli, jonka täytteenä käytetään partikkelimaista ainetta (hiekkaa, lyijy- tai lasihauleja). Kauppa- ja teollisuusministeriö on mm. Säteilyturvakeskusta kuultuaan hyväksynyt uuden kapseliratkaisun ydinjätehuollon taloudellisen varautumistarpeen arvioinnin pohjaksi. Uusi tekniikka ja siihen liittyvä tarkistettu loppusijoitustilasuunnitelma pienentävät TVO:n ydinjätehuollon vastuumäärää noin 450 Mmk. Kapseliratkaisu on herättänyt kansainvälistä kiinnostusta ja on merkittävästi edesauttanut TVO:n yhteistyötä ruotsalaisten voimayhtiöiden jätehuolto-organisaation (SKB) kanssa. Ruotsalaiset valitsivat vuoden 1992 lopussa päättyneessä vaihtoehtoisten loppusijoitustekniikoiden arviointi-projektissa (PASS) tämän alunperin suomalaisten esittämän kupari/teräskapselin parhaaksi vaihtoehdoksi ja se perusratkaisu on siten tällä hetkellä myös ruotsalaisten ensisijainen loppusijoitusratkaisu. (Heikki Raiko, Ydinvoimatekniikan laboratorio)

Seuraavaksi tarkastellaan asiakasyritysten sijoittumista toimialaluokituksen (TOL) mukaisesti luokkiin. Toimialatarkasteluun on suhtauduttava kriittisesti – yritysten sijoittuminen TOL-luokkiin ei kuvaa kovin hyvin yrityksen toimintaa teknologian näkökulmasta. Asiakastahojen jakautuminen kaikkien toimialojen kesken esitetään kuvassa 2.4. Julki-

set asiakastahot (virastot, laitokset, ministeriöt) on erotettu omaksi ryhmäkseen.

Kuva 2.4

Sopimustutkimusprojektien asiakastahot: 1 = teollisuustoimialat, 2 = koulutus ja tutkimus, 3 = tekniset palvelut liike-elämälle, 4 = teollisuusliitot ja toimialajärjestöt, 5 = Muut toimialat (kauppa, tietoliikenne, jätehuolto...), 6 = Julkiset tahot.



Yritysassiakkaiden toimialoista yli puolet edusti teollisuustoimialoja (TOL-luokat 11 – 29). Pääasiassa nämä olivat suurten tunnettujen kotimaisten tai Suomessa sijaitsevien vientiorientoituneiden konsernien yrityksiä. Koulutuksen ja tutkimuksen toimialan yritykset edustivat monissa tapauksissa samoja konserneja. Ne olivat joko konserniyritysten erillisiä tutkimuskeskuksia tai itsenäisinä yksikköinä toimivia kehityskeskuksia. Nämä edustavat monissa tapauksissa huipputekniikan aloja sekä yritysten teknologiaosaamisen ja kehitystyön kärkeä. Siten ne ovat tutkimuskeskukselle merkittävä toimeksiantoasiakkaiden ryhmä.

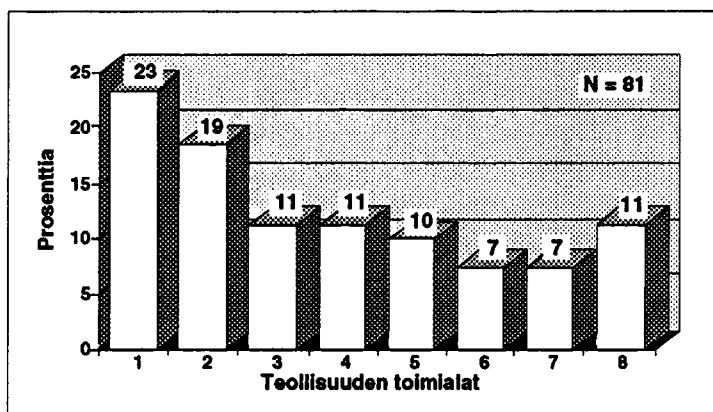
Teknisiä palveluja liike-elämälle edustavat asiakkaat olivat suurten yritysten kone- ja prosessisuunnitteluyksiköitä, pieniä insinööritoimistoja, hallintayhtiöitä sekä tutkimuslaitoksia (esimerkiksi Oy Panimolaboratorio–Bryggerilaboratorium Ab on sijoitettu toimialaluokkaan *Muu tekninen palvelu*). Palveluyrityksillä on aineiston perusteella myös tutkimuskeskuksen osaamista välittävä rooli: Ne hankkivat osaamista keskukselta palvelukseen saadun tietämyksen avulla teollisuusasiakkaita. Esimerkiksi informaatiotekniikan tutkimuspalveluja suuntautuu yrityksille sekä tutkimuskeskuksesta suoraan että alan konsultti- yms. palveluyritysten kautta.

Tarkastelluissa toimeksiantoprojekteissa vain muutamissa asiakas oli ulkomailla sijaitseva yritys. Esimerkiksi vuonna 1993 kaikista toimeksiantoasiakkaista ulkomaisia oli alle 7 prosenttia.

Teollisuustoimialoihin asiakasyrityksistä kuului yli puolet. Pääosa projekteista toteutettiin metalliteollisuuden yrityksille (toimialaluokat 23–27) (kuvan 2.5 pylväät 1, 2, 3, 4). Pääosa sijoittui sähköteknisten tuotteiden ja instrumenttien valmistukseen (luokka 26), jossa puolestaan suurimmat alaluokat olivat tietoliikennevälineiden valmistus (2622), mittaus- tarkkailu- ja ohjauslaitteiden valmistus (2642) sekä muiden sähkökojeiden ja laitteiden valmistus (2639). Kaksinumeroisen luokituksen tasolla seuraavaksi eniten projekteja toteutettiin koneiden ja laitteiden valmistuksen toimialan yrityksille (luokka 25). Asiakasyritykset jakautuivat tämän luokan 4-numerotason alaluokkiin (mm. nosto- ja siirtolaitteiden valmistus, kaivos- ja rakennustoiminnan koneiden valmistus, jne.) melko tasaisesti. Tämän jälkeen yhtä suuria toimeksiantajayritysten TOL-ryhmiä olivat kulkuneuvojen valmistus (luokka 27) ja muut metalliteollisuuden toimialat. Näitä seurasivat elintarvikkeiden, juomien ja tupakan valmistus (luokka 11) sekä metsäteollisuus- tuotteiden valmistus (15).

Kuva 2.5

Asiakasyritysten toimialat: 1 = Sähkötekniisten tuotteiden ja instrumenttien valmistus, 2 = Koneiden ja laitteiden valmistus, 3 = Kulkuneuvojen valmistus, 4 = Muu metalliteollisuus, 5 = Lasi-, savi- ja kivituuotteiden valmistus, 6 = Elintarvikkeiden, juomien ja tupakan valmistus, 7 = Metsäteollisuustuotteiden valmistus, 8 = Muut teollisuuden toimialat.



Asiakkaiden toimialaprofiili painottui metalliteollisuuteen, jossa OECD:n luokituksen mukaisesti huipputekniikan toimialojen yritykset ovat suurin yksittäinen ryhmä. OECD kuvaa toimialojen teknologian tasoa tutkimusmenojen ja liikevaihdon välisellä suhteella (Tiede ja teknologia, 49). Tilastokeskus tarkensi teknologiaintensiteettiä kuvaavaa toimialaluokitusta jakamalla Suomen teollisuuden huipputekniikan toimialat kokonaisteknologian intensiteetin mukaan neljään ryhmään (1993,16):

- Huipputeknologiaan kuuluvat lääkkeet; tietokoneet; teollisuuden sähkölaitteet; tietoliikennevälineet; instrumentit; optiset välineet;
- Korkean keskitason teknologiaan kuuluvat kemikaalit; muut kemialliset tuotteet; kumi ja muovituotteet; metallinjalostuskoneet; paperikoneet; muut koneet; muut sähkötuotteet; laivanrakennus; lentokoneet;
- Matalan keskitason teknologiaan kuuluvat massa ja paperi; öljynjalostus; savi, posliini ja lasi; metallituotteet; kiskoilla kulkevat ajoneuvot; autot; muut kuljetusvälineet; muu valmistus;
- Matalaan teknologiaan kuuluvat ruoka, juoma ja tupakka; tekstiilit ja vaatteet; nahkatuotteet ja jalkineet; puutavarat; huonekalut; kustannustoiminta; metallit.

Kun tarkasteltujen toimeksiantoprojektien asiakasyritykset luokiteltiin ylläolevan kokonaisteknologian intensiteetin mukaisesti, lähes neljännes sijoittui huipputeknologian ryhmään.

Seuraavaksi suurimmat toimialaryhmät (koneiden ja laitteiden valmistus, kulkuneuvojen valmistus, muut metalliteollisuuden alat sekä metsäteollisuustuotteiden valmistus) sijoittuvat osittain korkean keskitason ja osittain matalan keskitason teknologian ryhmiin. Elintarvikkeiden, juomien ja tupakan valmistukseen kuuluvat yritykset, joita asiakkaista oli noin 7 prosenttia, sijoittuvat matalan teknologian ryhmään.

Käsitys yritysasiakkaiden korkeasta teknologiatasosta saa tukea myös niiden tutkimuspanostuksesta. Erityisesti useiden huipputekniikan tuotteita valmistavien yritysasiakkaiden tutkimusmenot ovat niiden vuosikertomusten mukaan korkeat keskimääräiseen tasoon verrattuna (ks. 1-osan taulukon 1.4 esimerkit).

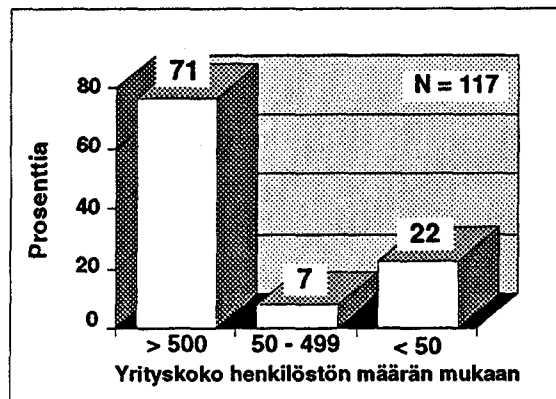
Kuten edellä korostettiin, toimialaluokitus ei anna kovin hyvää kuvaa tekniikan muutoksista toimialojen sisällä. Useat tarkastelluista projekteista käsittelivät esimerkiksi informaatioteknologian sovelluksia eri toimialoille. Näihin liittyvillä tutkimusinvestoinneilla voi olla huomattava merkitys myös teknologiaintensiivisyydeltään alhaiseksi luokitellun toimialan tuottavuuden kasvuun.

Tuoteverstaan tuotannonohjaus

Toimeksiantajat olivat Avonius Oy (pilot-yrityksen kanssa) ja TEKES. VTT:n projektin laajuus oli yhteensä 26 htkk ja Avonius Oy panosti työtä tavoitetutkimusprojektiin n. 12 htkk sekä huomattavan työ määrän jatkokehitykseen. Tavoitteena oli tuotteistaa TEKESin Kappaletavara-automaation teknologiahankkeen yhteydessä kehitetty tuotannonohjauksen prototyypiohjelmisto siten, että se soveltuisi tuoteverstaisiin ja soluihin organisoitujen tuotantolaitosten ohjaamiseen ja että suomalaiset kappaletavaratuotantoa harjoittavat yritykset voisivat ottaa sen käyttöön. Tutkimuksessa kehitettiin tuotannonohjausjärjestelmä tuotantohierarkian verstaasolle. Se kommunikoi yläpuolellaan olevan tehdasjärjestelmän kanssa ja verstaan hallinnassa olevien solujen toiminnan ohjauksesta ja töiden ajoituksesta. Järjestelmä on hierarkia-tasojen suhteen avoin – kullakin tehdasmallin hierarkiatasolla voi olla useita rinnakkaisia olioita: tehtaassa useita verstaaita, verstaassa useita soluja. Ohjelmisto "ShopManager" otettiin käyttöön A. Ahlström Oy:n Savonlinnan konepajalla. VTT:n osuus oli ratkaiseva, sillä tuote kehitettiin VTT:llä tehdyn prototyypin varaan.

Kun Avonius Oy fuusioitiin Tietotehdas Oy:öön, ohjelmiston markkinointi ja jatkokehitys pysähtyivät. Pilot-sovelluksen ylläpidosta jäi vastaamaan Avonius Oy:stä erkaantunut ryhmä. A. Ahlström Oy:n Savonlinnan tehtaalla järjestelmä toimi vanhan tehdasjärjestelmän yhteydessä hyvin. Heidän uusittuaan tehdasjärjestelmänsä on tullut välttämättömäksi uudistaa myös ShopManager. Tuotannonohjauksen uusimpien virtausten huomioonottamiseksi ja aktiivisesti markkinoitavan ja ylläpidettävän ohjelmiston luomiseksi on koottu kansainvälinen konsortio, joka on jättänyt EU:n 4. puiteohjelmaan projektihakemuksen. (Veli-Pekka Mattila, Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio)

Pääosa asiakkaista oli suuria yrityksiä ja vajaa kolmasosa pk-yrityksiä (kuva 2.6). Pk-yritysten pienen määrän selittää osittain tarkasteltujen hankkeiden valintatapa. Jos selvityksessä olisi tarkasteltu koko yhden vuoden projektijoukkoa, pkt:n suhteellinen osuus olisi suurempi. Pkt-asiakkaissa oli useita tunnettuja korkeateknologian alan yrityksiä ja niiden tutkimuslaitoksia.



Kuva 2.6
Sopimustutkimusprojektien asiakasyritysten kokojakauma henkilökunnan määrän mukaan.

Raporteista haettiin vastauksia myös siihen, olivatko projektien tavoitellut tulokset tarkoitettu kasvavien, vakiintuneiden vaiko taantuvien toimialojen markkinoille. Arvion mukaan pääosa – kaksi kolmannesta – tuloksista oli tarkoitettu vakiintuneille markkinoille, neljännes uusille ja kymmenisen prosenttia taantuville markkinoille. Eri tekniikan alueiden sisällä nämä jakautuivat odotetusti siten, että elektroniikkatekniikan sekä ympäristötekniikan ja automaation hankkeet olivat pääasiassa uusille ja syntyville markkinoille kun taas mm. useat rakennustekniikan hankkeet olivat pääasiassa vakiintuneille markkinoille. Karkean arvion mukaan pääosa projektien tuotoksista on tarkoitettu fragmen-

toituneille markkinoille ja vähäinen osa keskittyneille. Samoin karkean arvion mukaan pääosa, runsaat 2/3 projekteista liittyy asiakasyritysten päätuotantoon eikä alihankintaan.

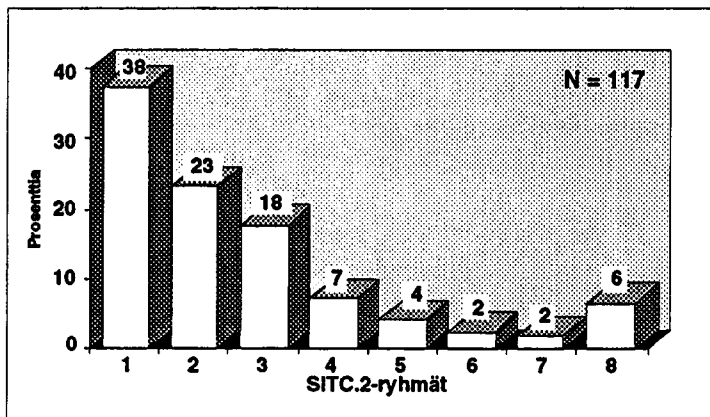
8.3 Tuoteryhmät

Teknologian tason kannalta on tärkeää, millaisten tuotteiden kehittämiseen toimeksiantoprojektit liittyvät. Toimeksiantojen kohteena on markkinoitavaksi tarkoitettuja tuoteteknologioita sekä tuotantoprosesseja, järjestelmiä ja menetelmiä. Viimemainittuja käytetään lopputuotteiden tuottamisessa ja useissa toimeksiantoprojekteissa niihin liittyviä tekniikoita kehitettiin myös myytäväksi tuotteiksi. Toimeksiantojen kohteena olevat teknologiat liittyvät tuotteiden tuottamiseen siten sekä välittömästi että välillisesti. Tuotteiden, prosessien ja järjestelmien teknologian kehittäminen liittyy läheisesti toisiinsa. Esimerkiksi uusien ja uudistettujen tuotteiden tuottaminen edellyttää usein tuotantoprosessien ja -menetelmien uudistamista.

Hyödykkeiden luokittelussa käytetään tavallisesti kansainvälistä ulkomaankaupan tavaranimikkeistöä (SITC.2). Toimeksiantoprojektien kohteena olleet teknologiat (palveluja lukuunottamatta) luokiteltiin SITC.2-nimikkeistön mukaisesti. Hyödykkeiden luokittelun soveltamisesta yritysten vientituotteisiin vastaa tiedot kokoava tullihallitus yhteistyössä yritysten kanssa. Kun tässä yhteydessä tavoitteena on vain täydentää tuoteryhmäluokituksen avulla kuvaa toimeksiantoprojekteista, tuotteiden SITC-ryhmiä ei tiedusteltu yrityksiltä, vaan ryhmittelyn tulkinnasta vastasi selvityksen tekijä. Tuoteryhmät määriteltiin projektin kohdetta, luonnetta ja toimeksiantajaa koskevien tietojen perusteella. Luokittelu projekteissa kehitettyjen tuotteiden sijoittumisesta tavaranimikkeistöön on siten kokeiluluonteinen ja suuntaa-antava. Tulokset esitetään kuvassa 2.7.

Kuva 2.7

Projektien kohteena olleiden tuotteiden jakauma kansainvälisen ulkomaankaupan tavaranimikkeistön (SITC.2) mukaisesti: 1 = Koneet, laitteet ja kuljetusvälineet (SITC.2:n luokka 7), 2 = Erinäiset valmiit tavarat (8), 3 = Valmistetut tavarat valmistusaineen mukaan (6), 4 = Raaka-aineet, pl. polttoaineet (2), 5 = Kemialliset aineet ja tuotteet (5), 6 = Eläin- ja kasviöljyt ja -rasvat (4), 7 = Muut ryhmät, 8 = Ei luokiteltavaa tuotetta (palvelut tms.).



Suurimmassa pääryhmässä koneet, laitteet ja kuljetusvälineet (SITC.2-luokka 7) suurin 2-numeroinen alaryhmä oli toimistokoneet ja atk-laitteet, toiseksi suurin ryhmä puhelin-, radio-, tv- yms. laitteet ja kolmanneksi suurin yleiskäyttöiset teollisuuden koneet ja laitteet. Pääryhmässä erinäiset valmiit tavarat (8) suurin 2-numeroinen alaryhmä oli 87. Kojet ja mittarit. Tässä alaryhmässä puolestaan suurin 3-numeroinen alaryhmä oli 874. Mittaus-, tarkkailu- ja analysointikojeet. Pääryhmässä valmistetut tavarat valmistusaineen mukaan (6), suurin 2-numeroinen alaryhmä oli kivennäisainetuotteet. Pääryhmässä raaka-aineet, pl. polttoaineet (2) suurin 2-numeroinen alaryhmä oli puutavara ja korkki (24). Pääryhmässä kemialliset aineet ja tuotteet (5) suurin 2-numeroinen alaryhmä oli muovit (57). Kuvan 2.7 pylväs 8 sisältää palvelutyyppejä toimeksiantoja.

OECD on määritellyt huipputekniikan tuotteiden nimikkeet SITC.2-koodiston mukaisesti. Toimeksiantoprojektien kohteena olleiden tuotteiden sijoittaminen näihin tuoteryhmiin antaa karkean käsityksen siitä, miten ne jakautuvat huipputekniikan ryhmiin. Pääryhmän koneet, laitteet ja kuljetusvälineet (SITC.2-luokka 7) toimeksiannoissa eriten edustetut alaryhmät toimistokoneet ja atk-laitteet sekä puhelin-, radio-, tv- yms. laitteet ovat huipputekniikan tuotteiden luettelossa. Ryhmässä erinäiset valmiit tavarat suurin alaryhmä toimeksiannoissa oli kojeet ja mittarit ja siinä puolestaan suurin alaryhmä mittaus-, tarkkailu- ja analysointikojeet. Muista ryhmistä korkeateknologian tuotteisiin kuuluu osa muovituotteista (polymeraatio yms. muovit). Muut toimeksiantojen kohteena olevat tuotteet eivät kuulu korkeateknologian tuoteryhmiin.

Noin puolet toimeksiantojen kohteena olleista tuotteista kuuluu OECD:n määrittelemiін SITC.2-luokituksen mukaisiin korkeateknologian tuotenimikkeisiin. Tämä vahvistaa edellä toimiala-analysista saatua käsitystä tuotteiden sijoittumisesta korkeateknologian tuoteryhmiin. Hankkeet käsittelivät mm. matkapuhelimen ohjelmistoja ja osia sekä tukiasemalaitteistoja, antureita erilaisiin käyttökohteisiin, litteää näyttötekniikkaa, kosteuden yms. mittaamisen laitteita, elektronisia ohjauslaitteita, konenäköjärjestelmiä, laadunvalvontajärjestelmiä, magneettijärjestelmiä, antennoja ja tutkalaitteita, tietokoneohjelmistoja erilaisiin tarkoituksiin, bioteknisiä sovellutuksia sekä komposiittimateriaaleja. Nämä kohteet liittyvät uusiin tekniikan aloihin ja ovat tyypillisiä korkeateknologian tuotteita, osa niistä tunnettuja vientituotteita.

V.I.P taittojärjestelmä

Toimeksiantaja oli Pindar Infotek Ltd, Scarborough (Iso-Britannia), projekti aloitettiin kesäkuussa 1990 ja ohjelmiston toimitus vietiin päätökseen huhtikuuhun 1991 mennessä. Projektin rahoitti kokonaisuudessaan tilaaja. VTT toteutti vuosina 1986-1990 Nokia Data Systems Oy:n toimeksiannosta järjestelmän puhelinluetteloiden keltaisten sivujen taittoon ja kokosivun tulostukseen. Järjestelmä oli tuotantokäytössä Oy Turun Sanomien luettelopainossa. Projektin tavoitteena on toteuttaa Iso-Britannian tuotantoon räätälöity puhelinluetteloiden keltaisten sivujen taittojärjestelmä Macintosh-ympäristössä. Projektin tuloksena oli tilaajan tuotannossa toimiva järjestelmä. VTT on hyödyntänyt projektin toteutuksessa saatua tietoa myös sanomalehden suunnitteluun tähtäävässä tutkimus- ja kehitystyössä. VTT on yhdessä Otatech Oy:n kanssa kehittänyt sanomalehden luokiteltujen ilmoitusten taittojärjestelmän, joka on toimitettu Dagens Nyheterille Ruotsiin ja Nederlandse Dagbladunielle Alankomaihin (Alankomaiden toiseksi suurin sanomalehtikustantaja, päälehdet Algemeen Dagblad ja NRC Handelsblad). Sanomalehtien alueella ohjelmistoa markkinoi suomalainen SyPress Oy. Pindarin kanssa on solmittu jälleenmyyntisopimus ohjelmiston markkinonnista puhelinluetteloiden keltaisten sivujen sovellutusalueelle. Ensimmäinen yhteistoimitus Pindarin kanssa, asiakkaana Telkom Malaysia, on parhaillaan installointivaiheessa. (Juha Ylä-Jääski, Graafinen laboratorio)

Useissa raporteissa oli tuotu esille myös se, olivatko projektien tulokset tarkoitettu kotivai ulkomaan markkinoille. Pääasiassa ne oli tarkoitettu kotimaan markkinoille ja vajaa kolmannes oli tarkoitettu sekä koti- että ulkomaanmarkkinoille. Esimerkiksi rakennustekniikan hankkeet oli tarkoitettu lähes täysin kotimaan markkinoille. Kehittämisen tai parantamisen kohteena olevista tuotteista vajaa kolmannes oli tarkoitettu kotimaan markkinoille ja 14-15 prosenttia vientituotteiksi.

SITC-luokituksen antama kuva toimeksiantojen kohteena olleista korkeateknologian tuotteista on yhdensuuntainen aikaisemman yritysasiakkaiden toimialaluokituksen antaman kuvan kanssa: Tarkastellussa aineistossa toimeksiantajien ja toimeksiantojen pääosa edustaa korkeateknologian aloja ja tuotteita.

8.4 Teknologia profiili

Toimeksiantoprojektien kohteena olevia teknologioita luokiteltiin kirjallisuudessa käytettyjen teknologiatyyppien mukaan. Teknologiaan liittyviä käsitteitä on ensin syytä esitellä (ks. esim. Autio 1993, 15–25). Avainkäsitteet teknologia, innovaatio ja innovaatioprosessi voidaan määritellä seuraavasti (Community..., 50):

*A **technology** can be interpreted broadly as the whole complex of knowledge, skills, routines, competence, equipment and engineering practice which are necessary to produce a product. A new product rests on a change in this underlying technology.*

***Innovation** occurs when a new or changed product is introduced to the market, or when a new or changed process is used in commercial production.*

Teknilliset innovaatiot ryhmitellään tavallisesti tuote- ja prosessi-innovaatioihin sekä parannus- ja radikaali-innovaatioihin (ks. esim. Dosi 1988 b, 231–2). Vastaavalla tavalla luokitellaan myös tutkimustoimintaa (esim. OECD 1992, 130). Näille käsitteille ei ole tarkkaa standardoitua sisältöä, mutta eräiden lähteiden mukaan ne voidaan määritellä seuraavasti: Tuote-innovaatio on kokonaan uusi tai sellainen olennaisesti parannettu tuote, joka ominaisuuksiltaan olennaisesti poikkeaa aikaisemmin tuotetuista; Prosessi-innovaatio on uuden tai olennaisesti parannetun tuotantomenetelmän soveltaminen; Parannus-innovaatio on olennainen parannus olemassaoleviin tuotteisiin tai prosesseihin; Radikaali-innovaatiolle esimerkiksi tietotekniikan, biotekniikan tai uusien materiaalien alueella on ominaista, että se muuttaa vähitellen teknologista kehitysuraa ja sen käyttöönotto edellyttää myös täydentäviä teknologisia ja organisatorisia innovaatioita (OECD 1991, 130; OECD 1992; Community..; Freeman, Clark, Soete 1982)²⁰.

Nopeutettuun käymiseen perustuvan hiivan kehittäminen

Toimeksiantaja oli Oy Panimolaboratorio–Bryggerilaboratorium Ab, laajuus 10 htv (vuosina 1985–1990) ja Panimolaboratorion lisäksi sitä rahoitti, TEKES ja Stiftelsen Svensks Etanol-utveckling. Oluen valmistuksen hitain vaihe on varastokäyminen, jonka pääasiallinen tarkoitus on pääkäymisen aikana syntyneen diasetyylin pitoisuuden alentaminen. Tavoitteena oli kehittää panimohiiva, joka pystyy dekarboksyloimaan hiivasolussa diasetyylin esiasteen suoraan asetoiiniksi, jolloin hidasta varastokäymistä ei tarvita. α -asetolaktaattidekarboksylaasia koodaava geeni eristettiin ja karakterisoiittiin kahdesta eri bakteerista. Geenit siirrettiin panimohiivaan autonomisesti monistuvassa plasmidissa tai liitettiin hiivan kromosomiin. Yhdistelmähiivakannoilla oli yhtä hyvät panimo-ominaisuudet kuin vertailukannalla, ainoa ero oli diasetyylin muodostumisessa käymisen aikana. Varastokäymisaika voitiin lyhentää 2-3 viikosta muutama vuorokautteen. Nämä hiivat ovat teknisesti valmiita teolliseen käyttöön. Hiivojen käytöllä saavutettaisiin huomattavia säästöjä panimoiden tila- ja jäähdytystarpeessa. Geenitekniikalla kehitettyjä mikro-organismeja ei toistaiseksi ole käytetty elintarviketeollisuudessa. Erityislainsäädäntö geenitekniikan alalla on kesken-eräinen eikä kuluttajien suhtautumista tunneta. Lääketeollisuus sen sijaan valmistaa geenitekniikkaan perustuvia tuotteita, esimerkiksi insuliiniä. Hankkeessa saavutettiin teknillinen valmius uuden tyyppisten panimohiivojen teolliseen käyttöönottoon, joka johtaa huomattavasti edullisempaan prosessiin. (Tutkimusprofessori Matti Linko, Biotekniikan laboratorio)

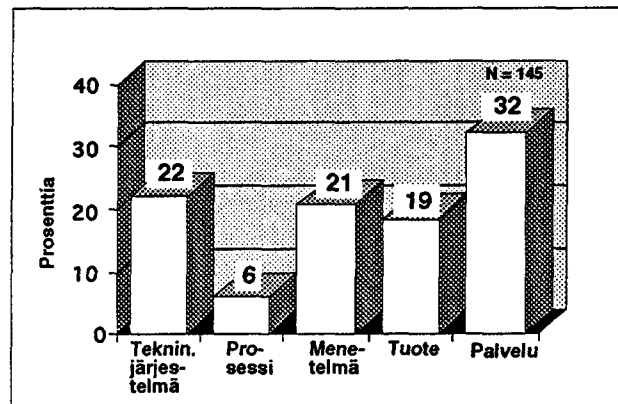
Teknologian määrittely riippuu mm. siitä, kenen kannalta sitä tarkastellaan. Esimerkiksi tuotantoprosessi on prosessi käyttäjän kannalta, mutta sen myyjän kannalta tuote. Teknologiat voidaan jakaa kokonais- tai osittaisratkaisuihin sekä kokonaan uusiin tai ole-

²⁰ Freemanin and Perezin laaja innovaatiokäsite kattaa myös teknologisen systeemin muutokset sekä teknillis-taloudellisen paradigman muutokset (ks. esim. 1988, 45–47).

massaolevien parannuksiin. Ne voidaan ryhmitellä myös sen mukaan, liittyvätkö ne pääasiassa hardwaren tai softwaren kehittämiseen sekä sen mukaan, käsittelevätkö ne generisiä, laajasti eri aloille soveltamismahdollisuuksia omaavia uusia teknologioita vai joihinkin rajoitettuihin spesifisiin käyttöihin sopivia teknologioita. Lisäksi ne voidaan ryhmitellä sen mukaisesti, onko kohteena esimerkiksi järjestelmän tai tuotteen prototyyppi tai esimerkiksi prosessin pilot-vaihe.

Seuraavassa toimeksiantoprojektien kohteena olevat teknologiat luokitellaan ominaisuuksiensa perusteella prosesseihin, tuotteisiin, teknillisiin järjestelmiin, menetelmiin ja palveluihin²¹. Toimeksiantoprojekti voi olla myös *vain* palvelutoimintaa (testaus, kemiallinen analyysi, riskianalyysi jne.), mutta teknologian kehittämishankkeeseenkin liittyy usein laajahkojakin palveluluonteisia testaus- tms. tehtäviä.

Luokittelussa käytetään hyväksi edellä esitettyjä määritelmiä, joita vielä täsmennetään tarkastelun yhteydessä. Ryhmittely ei sinänsä osoittautunut kovin vaikeaksi, joskin ilman luokittelustandardia sen käyttökelpoisuus esimerkiksi vertailuja ajatellen jää epätarvaksi. Ryhmittely kuitenkin täydentää kuvaa toimeksiantoprojektisalkun sisällöstä ja on siten käyttökelpoinen. Vastedes teknologioita tullaan luokittelemaan yhä tarkemmin innovaatiotoimintaa koskevissa kyselyissä (ks. Community...). Teknologioiden luokittelu järjestelmiin, prosesseihin, menetelmiin, tuotteisiin ja palveluihin esitetään kuvassa 2.8.



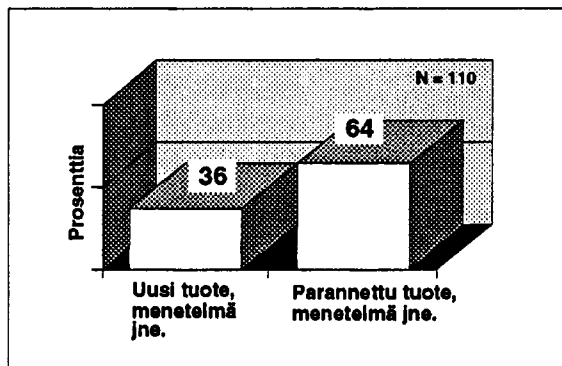
Kuva 2.8

Toimeksiantoprojektien jakauma teknologiaominaisuuksien mukaan sekä palvelutyyppisten hankkeiden osuus (viimemainituista osa on päällekkäisiä muiden kanssa, minkä takia lukumäärä on 145).

Teknisiin järjestelmiin kuuluivat esimerkiksi sähköaseman videovalvontajärjestelmä, polttokattilan valvonta- ja ohjausjärjestelmä sekä konenäköjärjestelmät. Menetelmiin kuuluvat esimerkiksi optisen mittausmenetelmän kehittäminen, josta jatkoprojektissa kehitetään anturituote, tai turpeen kuivaukseen tarkoitettu menetelmällinen ratkaisu, joka ei ole tuotantoprosessi. Tuotteiden ominaisuuksia käsiteltiin aiemmin luvussa 3.3.

Palvelut olivat suurin yksittäinen ryhmä, mutta huomattava osa niistä liittyy teknologioiden kehittämistä koskeviin hankkeisiin eli ovat päällekkäisiä niiden kanssa (siksi lukumäärä 145). Hankkeisiin on liittynyt tuotteen tai prosessin kehittämisen lisäksi konsulttityyppistä palvelutoimintaa. Osa projekteista on ollut pelkkiä palveluprojekteja (esimerkiksi testaukset, analyysit tai turvallisuus- ja käyttövarmuuden riskianalyysit). Kaksi-kolmasosaa projekteista liittyi olemassaolevien teknologioiden parantamiseen ja runsaassa kolmasosassa kehitettiin uusia teknologioita (kuva 2.9).

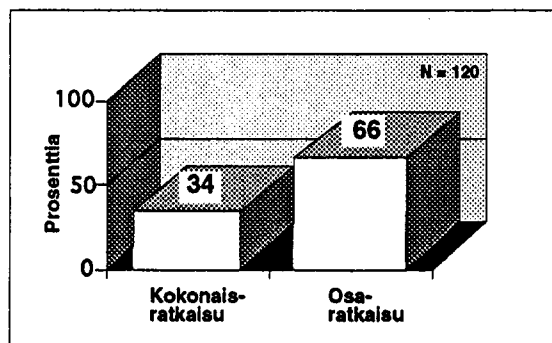
²¹ Mm. European Industrial Research and Management Association (EIRMA) on käyttänyt tämäntyyppistä luokitusta.



Kuva 2.9
Toimeksiantoprojektien jakauma uusiin- ja parannusteknologiaihin.

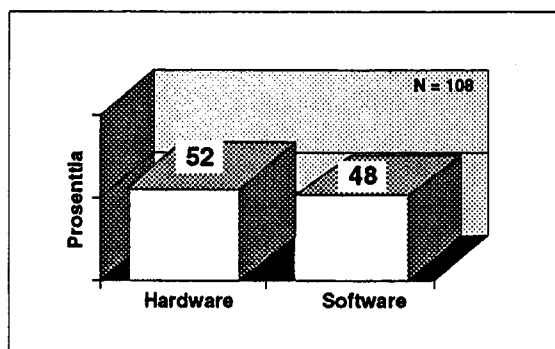
Profiili vastanee teknologisen muutoksen yleistä trendiä. Muutos tapahtuu pienin askelin olemassaolevien tekniikoiden jatkuvana parannusprosessina. Muutos perustuu uusien radikaalien teknologioiden, erityisesti tietotekniikkaan, mutta myös esimerkiksi biotekniikkaan ja uuden materiaalitekniikan soveltamisena eri aloille. Tarkastelluissa toimeksiannoissa on esimerkkejä näistä kaikista eri teollisuudenaloilla.

Uusien ja parannusteknologioiden suhteesta voi jo karkeasti päätellä, että teknologioiden kokonaisratkaisut ovat osittaisratkaisuja harvinaisempia. Tätä jakaumaa kuvataan kuvassa 2.10.



Kuva 2.10
Toimeksiantoprojektien jakauma kokonais- ja osaratkaisuihin.

Toimeksiannot pyrittiin jakamaan myös sen mukaan, käsittelevätkö ne painotetusti hardware- vai software-teknologiaa. Vajaan viidennekseen toimeksiantoprojekteista liittyi sekä hardware'n että software'n kehittämistä. Kuvan 2.11 jakauma esittää, missä määrin hankkeet painottuvat jompaankumpaan.



Kuva 2.11
Toimeksiantoprojektien jakauma hardware- ja software-teknologiaihin.

Software'n roolin kasvu on osa informaatiotekniikan sovelluksiin liittyvää tietoteknistä

paradigmaa. Tietotekniikkaa sovelletaan sekä tuotteisiin että tuotantoon²². Software´en liittyvät toimeksiantoprojektit olivat selvimmillään pelkkiä ohjelmistoräätälöintejä asiakkaiden tarpeisiin, mutta software-sovellutuksia liittyi laajasti tuotteisiin, järjestelmiin, prosesseihin sekä menetelmiin (mm. sulautetut järjestelmät, toiminnan suunnittelujärjestelmät sekä valvonta-, testaus- ja tuotannonohjausjärjestelmät).

Teknologiat erotetaan ominaisuuksiensa mukaisesti siten, ovatko ne generisiä eli useille eri aloille sopivia kuten monet tietotekniikan sovellukset (esimerkiksi erilaisiin tehdasympäristöihin soveltuva tuotannonohjausjärjestelmä) vai onko kysymys spesifistä erityiseen sovellukseen liittyvästä teknologiasta. Toimeksiantoprojektien kohteena oli pääasiassa tiettyihin spesifeihin tarkoituksiin liittyviä teknologioita. Osassa toimeksaintoja kehitettiin useisiin samantyyppisiin käyttökohteisiin tarkoitettuja generisiä tekniikoita (esimerkiksi erilaisiin palamistilanteisiin ja -ympäristöihin tarkoitettu valvontajärjestelmä, useisiin käyttökohteisiin soveltuvat anturit tai pysäytysjärjestelmät jne.).

Tuotteen, järjestelmän tms. prototyypistä oli kysymys runsaassa viidenneksessä toimeksiantoja ja pilot-prosessista runsaassa 10 prosentissa.

Muitakin toimeksiantoprojektien teknologiaprofiiliin liittyviä seikkoja pyrittiin selvittämään, kuten tekniikan alkuperä (kotimaa, ulkoma), mutta käytettävissä olleet projekti-raportit eivät antaneet vastauksia näihin kysymyksiin. Esimerkiksi teknologian kotimaisuusastetta on vaikea arvioida. Merkittävä osa kotimaassa käytettävistä komponenteista, järjestelmistä ym. perustekniikoista esimerkiksi informaatiotekniikan alalla on tunnetusti ulkomaista alkuperää ja tehtävänä on niiden soveltaminen kotimaisten asiakkaiden tarpeisiin. Tuodun teknologian räätälöinti sopii monessa tapauksessa hyvin tutkimuskeskuksen tehtäväksi.

IMOLOS-ORAS

Toimeksiantaja oli ORAS Oy ja projekti oli osa isompaa FAMOS-kokoonpanohanketta (IMOLOS), johon kuului ORAS Oy, Abloy Oy, Oy G.W.Sohlberg Ab, Nokia Tutkimuskeskus sekä Saksasta Metabo, IAO (Fraunhofer Institut), Lacs ja IFA. Tavoitteena oli ORAS Oy:n vipuhanojen automaattisen kokoonpanon kehittäminen sekä laatia "Allas Safira"-vipuhanan kokoonpanon automatisoimiseksi 2-3 vaihtoehtoista suunnitelmaa. Hankkeen laajuus oli yksi henkilötyövuosi ja kesto yksi vuosi. Projektin tuloksena oli suunnitelma "Allas Safiran" kokoonpanon automatisoimiseksi sekä suunnitelman mukaiset tarjoukset järjestelmätoimittajilta laitteiston rakentamiseksi. Tarjouksen teki 4 suomalaista, 2 saksalaista ja 2 sveitsiläistä yritystä. Projektin tulosten pohjalta ORAS Oy jatkoi hankkeen toteuttamista. ORAS osti itseltään puuttuvan osaamisen VTT:ltä. Toimitus perustui ORAS-yhtiön ja VTT:n väliseen pitkään asiakassuhteeseen. (Paavo Voho, Konepajan tuotantotekniikan laboratorio)

Toimeksiantoprojektit voidaan luokitella tutkimustoiminnan kehitysvaiheiden mukaisesti. Tutkimustyyppit määritellään tavallisesti OECD:n Frascati Manual'in mukaan perustutkimukseen, soveltavaan tutkimukseen sekä kokeelliseen kehitystyöhön. Sopimustutkimushankkeet ovat pääosin kokeellista kehitystyötä²³. Muutamat projektit sijoittuivat

²² Jaakkolan mukaan tietotekniikan tuotantosovelluksiin yrityksiä ovat kannustaneet pääasiassa tuotantokustannusten alentaminen sekä laadun parantaminen ja tuotesovellutuksiin puolestaan tuotteiden laadun ja ominaisuuksien parantaminen (1992).

²³ "Experimental development is systematic work, drawing on existing knowledge gained from research and/or practical experience that is directed to producing new or substantially improved materials, products, devices, services, systems or methods, including design and development of prototypes and processes" (OECD 1992).

soveltavan tutkimuksen vaiheeseen. Tutkimusmarkkinoilla siis on kysyntää myös esikilpailulliselle soveltavalle tutkimukselle. Muutamissa tällaisissa projekteissa yritysasiakas osallistui kansalliseen teknologiaohjelmaan saaden rahoitusta myös TEKESistä ja tähän liittyen alihankintana osti tutkimuspalveluja VTT:sta.

Tuotteen, järjestelmän jne. prototyypistä oli kysymys runsaassa viidenneksessä projekteista ja pilot-prosessista runsaassa kymmenesosassa toimeksiantoja. Toimeksiantoprojekteista joka viidennen kohteena oli asiakkaan tuotteen tms. kohteen testaus. Projektit olivat kuitenkin pääosin vaativia testaushankkeita, joiden toteuttaminen edellytti sekä korkeatasoista koulutettua henkilökuntaa että kehittyneitä mittaustekniikan laitteistoja.

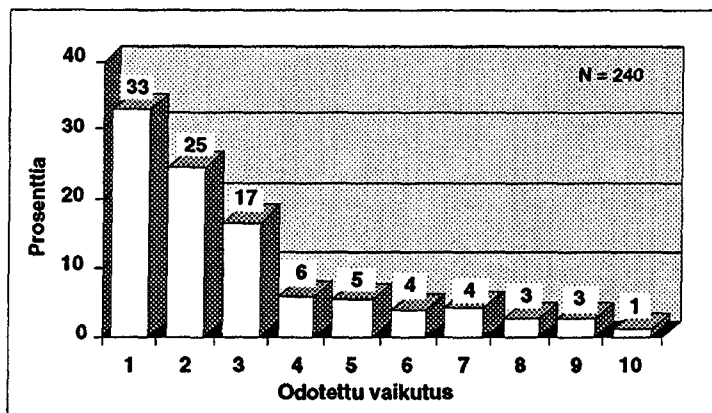
8.5 Projektien odotetut vaikutukset

Kaupallisten tutkimustoimeksiantojen arvioinnin keskeinen kriteeri on, miten hyvin asiakkaiden tarpeet on kyetty tyydyttämään. Yritys asettaa toimeksiantoille teknilliset tavoitteet ja niihin perustuvat taloudelliset tavoitteet. Taloudelliset vaikutukset vaihtelevat hanketyypin mukaisesti. Esimerkiksi uusien myytäviksi tarkoitettujen tuotteiden ja järjestelmien menestys ilmenee kaupallisina tuottoina, kun taas uudistettujen tuotantoprosessien ja menetelmien vaikutusa ilmenee tuottavuuden kasvuna ja tuotantokustannusten säästöinä. Uusien ja parannettujen, teknologisesti kilpailukykyisten tuotteiden taloudellinen menestys ja kilpailukyky edellyttää huomattavia panostuksia tutkimusvaiheen jälkeen markkinointiin. Menestys riippuu usein ratkaisevasti markkinoinnin onnistumisesta, mikä edellyttää myös siihen suuria panostuksia tutkimusinvestoinnin lisäksi (ks. esim. Brown). Markkinaosuuksia tms. liiketaloudellisia vaikutuksia koskevat tavoitteet asettaa asiakasyritys.

Vaikka tutkimuskeskuksen keskeinen rooli rajoittuu tutkimushankkeen toteuttamiseen, sen on tunnettava myös hankkeen taloudellisia näkökohtia. Mitä kokonaisvaltaisemmin keskuksen tutkijat ymmärtävät teknillisten seikkojen lisäksi asiakkaan tarpeet ja odotukset myös hankkeiden taloudellisten vaikutusten osalta, sen paremmin ne tulevat myös hankkeen toteuttamisessa otetuksi huomioon.

Laboratorioiden raporteissa oli arvioitu toimeksiantojen odotettuja vaikutuksia. Vaikka raporttipyyntöissä ei annettu täsmällisiä ohjeita vaikutusten esittämisestä, laboratorioiden luonnehdinnat kuvannevat toimeksiantajien odotuksia (kuva 2.12). Toimeksiantoprojektien pääasiallisiksi odotetuksi vaikutukseksi arvioitiin laadun parantaminen, toiseksi kilpailukykyyn kohottaminen ja sitten tuottavuuden nostaminen. Näiden lisäksi hankkeiden arvioitiin säästävän työtä, raaka-ainetta, ympäristöä, pääomaa ja energiaa sekä parantavan turvallisuutta ja pienentävän hävikkiä. Monet esitetyistä vaikutuksista, esimerkiksi tuottavuuden nostaminen ja säästäminen, kuvaavat samaa asiaa eri näkökulmasta. Useilla projekteilla esitettiin olevan useita näistä vaikutuksista (tästä syystä lukumäärä on 240).

Laboratoriot korostivat useissa projektiraporteissa, että hankkeilla on huomattava merkitys mm. tuottavuuden kasvuun ja kilpailukykyyn parantumiseen. Projektien avulla uudistettujen tai parannettujen teknologioiden menestys testataan kuitenkin vasta tutkimusvaiheen jälkeen markkinoilla. Menestykseen vaikuttavat tutkimuksen ohella ratkaisevasti yrityksen muut teknologian kehittämiseen, kaupallistamiseen, markkinointiin jne. liittyvät seikat. Tässä vaiheessa, useampi vuosi hankkeen päättymisen jälkeen, tiedämme, että osa tarkastelluissa hankkeissa kehitetyistä tai parannetuista tuotteista ja muista teknologioista on menestynyt, mutta osa ei.



Kuva 2.12

Toimeksiantoprojektien pääasiallinen odotettu vaikutus: 1 = parantaa laatua, 2 = parantaa kilpailukykyä, 3 = nostaa tuottavuutta, 4 = säästää työtä, 5 = parantaa turvallisuutta, 6 = säästää raaka-ainetta, 7 = säästää ympäristöä, 8 = säästää pääomaa, 9 = pienentää hävikkiä, 10 = säästää energiaa.

Tutkimusvaiheen merkityksen arvioiminen lopputuotteiden menestymisessä on hankalaa, mutta onnistunut tutkimusvaihe on välttämätön joskaan ei riittävä edellytys menestymiselle. Näistä syistä tutkimuskeskuksen roolin arvioimisessa korostuu palvelutoiminnan tehokkuuden ja tutkimushankkeen muun onnistumisen merkitys. Näitä indikoivat asiakkaiden tyytyväisyys tutkimuskeskukseen hankkeen toteuttajana.

Yritystaloudellisen merkityksen lisäksi projekteilla on myös kansantaloudellinen merkityksensä sekä muut yhteiskuntaan ja mm. fyysiseen ympäristöön liittyvät vaikutuksensa (ks. kuva 2.1 s.15). Tarkasteltujen hankkeiden osalta näitä vaikutuksia ei tutkittu. Makrotaloudelliset vaikutukset ilmenevät yksittäisten innovaatioiden yhteisvaikutuksena ja merkittäviä makrotaloudellisia vaikutuksia on erityisesti tietotekniikalla ja muilla ns. radikaaleilla teknologioilla. Uusien tai uudistettujen vientituotteiden kehittämisprojektien taloudelliset hyötyvaikutukset ilmenevät mm. kauppataseen paranemisena. Energiatms. infrastruktuurihankkeiden hyödyt saattavat ilmetä välillisemmin esimerkiksi tuotantokustannusten alenemisena. Ympäristösuojeluun liittyvien hankkeiden hyödyt ilmenevät esimerkiksi raaka-ainesäästöinä tai rahamääräisesti vaikeammin arvioitavina ympäristön paranemisena ja viihtyvyyden lisääntymisenä.

Tuoreiden aihoiden jatkuvatoiminen kuivaus

Toimeksiantaja oli Prowood Oy ja projektin kesto 1 vuosi vuonna 1990. Toimeksiantajan idean pohjalta tutkittiin, onko mahdollista aikaansaada jatkuvatoiminen kuivausprosessi, jossa tuoreet ahiot kuivattaisiin muutamassa tunnissa, kun kuivausajat nyt ovat useita vuorokausia. Kyseessä oli esitutkimus. Esitutkimuksessa onnistuttiin löytämään kuivauskaava, jolla kuusiaihiot voitiin kuivata 5-6 tunnissa ilman kuivausvaurioita ja tuottaa tavoitteeksi asetettu taloudellinen tulos. Mäntyä kuivattaessa kokeilluilla ohjelmilla syntyi sisähalkeamia. Tuloksen hyödyntäminen edellyttää laajempaa jatkotutkimusta. Mahdollinen hyödyntäminen vaatii myös nykyisestä tavasta poikkeavaa toimintalinjaa ahioteollisuudessa. Kuivausprosessista tehtiin kaksi patenttihakemusta. Toimeksiantaja on tarjonnut tuloksia kiinnostuneiden hyödynnettäväksi. (Tuula Vihavainen / Puulaboratorio)

8.6 Yhteisprofiili

Toimeksiantoprojekteja on edellä profiloitu asiakasyritysten rakenteen, koon ja huipputekniikkaan sijoittumisen perusteella, samoin niitä on ryhmitelty koon mukaan sekä kohteena olevien tuote- ym. teknologioiden luonteenpiirteiden mukaisesti jne. Seuraavaksi tarkastellaan sitä, millaisia projektijoukkoja sekä tehdyn profiloinnin että muidenkin tar-

kastelukriteerien perusteella toimeksiannoista muodostuu. Projektiryhmien tarkastelu täydentää näkemystä siitä, miten hyvin ja laajasti tarkastellut projektit täyttävät julkisen tutkimuskeskuksen toimeksiantoprojekteille asetettavia kriteereitä ja vaatimuksia (ks. luku 7).

Silmiinpistäväksi piirteeksi yhteisprofiilissa näyttää muodostuvan se, että tarkastellut projektit jakautuivat karkeasti kahteen ryhmään. Yhtäältä on erotettavissa projekteja, joita voidaan luonnehtia monien kriteerien – koko, asiakasrakenne, aikajänne, odotettu taloudellinen vaikutus, teknologia, ambitiotaso jne – kannalta *merkittäviksi*. Toinen ryhmä koostui vastaavien kriteerien mukaan vaatimattomammista hankkeista. Merkittävillä projekteilla oli seuraavia ominaisuuksia:

- *projektit olivat kooltaan sekä markka- että henkilötyövuosimääräisesti suuria,*
- *yrittäjien tutkimushanke, johon projekti liittyi, oli myös useimmiten laaja (2 – 8 v.),*
- *kohdeteknologioiden elinkaari ja kehittämisen aikajänne ovat keskimääräistä pidemmät,*
- *asiakkaat olivat tunnettuja suuria suomalaisia yhtiöitä,*
- *asiakkaat olivat vahvoilta perinteisiltä ventialoilla (mm. paperi- ja selluteollisuus) tai tärkeillä hightech-ventialoilla (puhelin- ja viestintä, muu elektroniikkateollisuus) toimivia suuria mutta myös pk-yrityksiä,*
- *ne olivat lisäksi keskeisiä infrastruktuurialan (energia jne.) tai muita yhteiskunnan kannalta merkittäviä (esim. ympäristö- tai työsuojelu) yrityksiä,*
- *tuotteiden kehittämisprojektit liittyivät strategiaan niche-tuotteisiin kansainvälisillä kasvavilla markkinoilla,*
- *prosessien kehittämisprojektit olivat pääasiassa tekniikoiden parannushankkeita,*
- *useisiin hankkeisiin liittyy ilmeisen suuria teknillisiä ja taloudellisia riskejä,*
- *useisiin hankkeisiin liittyy merkittäviä myönteisiä yhteiskunnallisia ja/tai ympäristövaikutuksia pitkällä ajanjaksolla,*
- *useissa hankkeissa yhteistyö tutkimuskeskuksen kanssa oli jatkunut pitkään*
- *useiden hankkeiden teknologia- ja tutkimusalalla tutkimuskeskuksessa oli ennen toimeksiantoa tehty useita vuosia esikilpailullista strategista tutkimusta.*

Merkittäviä projekteja oli kaikista tarkastelluista projekteista noin kaksi kolmasosaa. Ne olivat kooltaan vähintään 0,5 miljoonaa markkaa ja henkilötyövuosiltaan vähintään yhden vuoden projekteja. Vaikka projektien riskejä koskevat tiedot raporteissa olivat rajattuja, merkittävät projektit näyttivät olevan merkittäviä myös taloudellisilta ja teknillisiltä riskeiltään²⁴. Tällaisia hankkeita olivat esimerkiksi uuden laivatekniikan kehittäminen, seuraavan sukupolven puhelintekniikan kehittäminen, paperikoneen rullan toiminnan tehostaminen, ydinjätteen loppusijoitusratkaisu, sekä vaarallisten jätteiden käsittelytekniikan kehittäminen sekä metsäteollisuuden prosessijätettä hyödyntävä pilot-laitos. Joskus oletetaan, että yritykset hankkivat erityisesti strategisen tiedonvuodon riskien takia ulkopuolelta tutkimuspalveluja, jotka edustavat vain kapeaa ja suppeaa viipaletta strategisesta hankkeesta ja ovat merkitykseltään yrityksille verrattain vaatimattomia. Tämän tutkimuksen perusteella yritysten toimeksiannot tutkimuskeskukselle liittyvät myös strategiaan hankkeisiin. Mm. yllä mainittujen hankkeiden merkitys asiakasyrityksille oli ilmeisen strateginen²⁵. Merkittävää teknologiaa kehittävä yritys tietenkin vastaa hankekokoisuuden hallinnasta, mutta tutkimuskeskuksella on vastuu verrattain laajojenkin teknologiakokonaisuuksien kehittämisestä. Keskeinen edellytys tällaisille toimeksiannoille on tutkimuskeskuksen tutkijoilta vaadittavan asiantuntemuksen lisäksi asiakasyrityksen ja tutkijoiden välinen luottamus. Luottamus syntyy useiden vuosien kuluessa tiiviin yksilötason yhteistyön tuloksena.

On huomattava, että ylläolevassa yhteisprofiilissa toimeksiantojen kokoamistavan takia

²⁴ Riskeistä lähemmin ks. esim. Fahrni and Spätig 1990.

²⁵ Laboratorioita ei pyydetty raportoimaan kohdeteknologioiden suojauksesta, mutta useiden kohdeteknologioiden kohdalla sillä on yritykselle ilmeisen olennainen merkitys.

merkittävien hankkeiden määrä ylikorostuu. Mikäli kohteena olisivat olleet kaikki kyseisenä vuonna päätetyt projektit, pienten ja vaatimattomampien projektien osuus olisi ollut suurempi.

Yleisesti toimeksiantoprojektien ominaisuusprofiilissa korostuvat viimeaikaiset innovaatiotutkimuksen trendit – informaatioteknologian laajavaikutteinen soveltaminen monille teollisuudenaloille ja erilaisiin kohteisiin. Monissa suurissa ja vaativissa kuin pienemmissäkin projekteissa kehitettiin elektroniikkaan ja uuteen tietotekniikkaan perustuvia sulautettuja ja automaattisia mittaus-, valvonta- yms. järjestelmiä tuotantoprosessien toiminnan sujumiseksi tehokkaasti ja häiriöttä mm. puu- ja paperiteollisuudessa, energiateollisuudessa ja muilla aloilla.

Vastakkain pyörvien laivapotkureitten suunnitteluohjelmisto

Toimeksiantaja oli Aquamaster-Rauma Ltd (AQM) ja hankkeen kesto aika alle kaksi vuotta. Toimeksiannossa kehitettiin vastakkainpyörivän laivapotkuriparin suunnitteluohjelmisto. Ohjelmisto valmistui 1987 ja sillä suunniteltiin Aquamaster-Rauman valitsemalle rannikko-liikenteen rahtilaivalle potkuripari. Tätä potkuriparia kokeiltiin ensin mallimittakaavassa mallipotkureilla Otaniemen altaassa. Mallikokeissa potkuriparin hyötysuhde todettiin erittäin hyväksi. Saatu hyvä tulos perustui VTT:n potkureitten vuorovaikutusvirtauksen mallittamiseen käyttämään ns. kiihdytyskiekkomenetelmään. Tämän jälkeen AQM valmisti laivamittakaavaisen potkuriparin ja laivalla suoritettiin koeajo. Koeajossa laivan nopeus kasvoi, ohjailukokeessa kääntöympyrä pieneni ja komentosillalla potkurin aiheuttamat värähtelyt alenivat oleellisesti. Suunnitteluohjelmisto on siirretty myös AQM:n käyttöön, joka on tehnyt siihen useita käyttäjämukavuutta lisääviä parannuksia. Erityisesti suunnittelun lähtöarvojen syöttö ja laskennan tulostus ovat saatu mukavammiksi. Ohjelmisto on jatkuvasti AQM:n käytössä.

Tavanomaisen yksittäisen potkurin jättövirtaus on pyörimisliikkeessä. Tämä pyörimisliike on virtaushäviötä. Vastakkainpyörivässä potkuriparissa etu- ja takapotkurin jättövirtausten pyörimisliikkeet ovat erisuuntaisia ja osittain kumoavat toisensa, mikä parantaa laitteen virtausteknistä hyötysuhdetta. Vastakkainpyörivän potkuriparin edut ovat parhaimmillaan suurilla ja myös keskisuurilla nopeuksilla. Perämoottoria muistuttavaan työntölaitteeseen vastakkainpyörivä potkuripari on helppo sijoittaa. Verrattuna yksittäiseen potkurin periaatteessa tarvitaan vain toinen akseli, yksi laakeri ja kulmavaihte lisää. (Jaakko V. Pylkkänen, Laivatekniikan laboratorio).

9 Verkostot ja yhteistyö

Teknologian siirron onnistumisen olennaisia kriteereitä ovat mm. nopeus ja kustannus-
tehokkuus ja asiakastyytyväisyys. Erityisesti nopeus on yhä kriittisempi tekijä uuden
teknologian siirtämisessä markkinoille. Asiakastyytyväisyys riippuu mm. projektien to-
teuttamisesta kustannustehokkaasti ja sopimuksen mukaisesti mm. aikataulun osalta.
Asiakkaiden tyytyväisyys saamaansa palveluun vaikuttaa erityisesti vanhojen asiakkai-
den pysymiseen mutta myös uusien asiakkaiden hakeutumiseen tutkimuskeskuksen pal-
velujen käyttäjäksi. Tutkimus ei tuonut esille erityisiä ongelmia tässä suhteessa. Aikai-
semmin tehtyjen tutkimusten mukaan tutkimuskeskuksen imago koetaan pääosin hyvä-
nä.

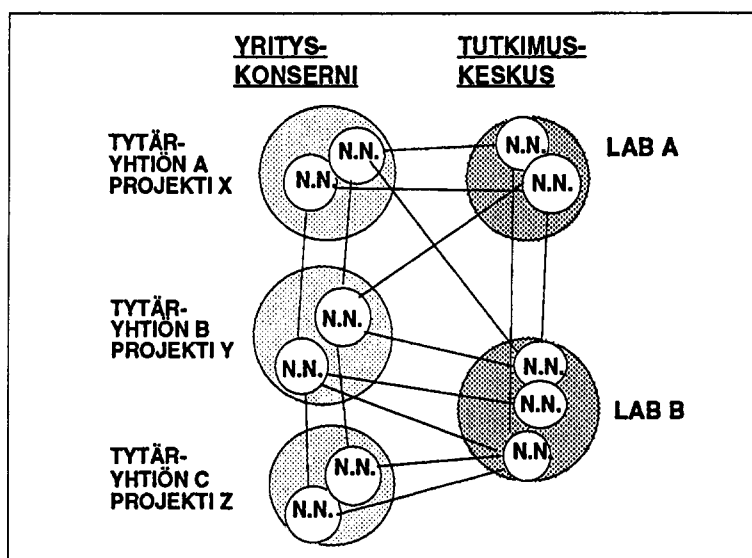
Projektiraportit eivät sisältäneet tutkimuksen konkreettiseen toteuttamistapaan liittyviä
tietoja. Joitakin päätelmiä näitä koskevista seikoista eri projektiraporttien rinnakaistar-
kastelun perusteella on kuitenkin tehtävissä. Päätelmät koskevat verkostoja, yhdessäte-
kemistä ja interaktiivista oppimista, jotka viimeaikaisen tutkimuksen mukaan ovat kes-

keisiä menestyvien tutkimushankkeiden ja teknologian siirron ominaisuuksia. Verkostot voivat olla muodollisia tai epämuodollisia. Pitkäaikaisilla yhteistyösuhteilla asiakkaiden kanssa on olennainen merkitys informaation välittömälle ja tehokkaalle liikkumiselle projektin aikana.

Näitä suhteita voidaan luoda mm. strategisten hankkeiden yhteistyöryhmissä. Tietyillä teknologian alueilla kotimainen asiantuntijaverkosto on pieni ja pienen maan etuna onkin se, että useimmat näistä tuntevat toisensa. Henkilökohtaisten kontaktien merkitystä näissä verkostoissa tuskin voidaan ylikorostaa.

Toimeksiantohankkeisiin vaikuttavia verkostoja on asiakkaiden ja tutkimuskeskuksen välillä sekä tutkimuskeskuksen sisällä laboratorioden välillä. Kukin tutkimushanke muodostaa tällaisen verkoston ja suurehkojen hankkeiden kohdalla muodostuu lisäksi verkosto esimerkiksi konserniyhtiön eri yritysten ja tutkimuskeskuksen laboratorioden välillä.

Yksi tarkasteltuun aineistoon perustuva verkosto yrityskonsernin kolmen yksikön ja tutkimuskeskuksen kahden laboratorion välillä esitetään kuvassa 2.13.



Kuva 2.13

Esimerkki yhtä tuotetta käsittelevään kolmeen toimeksiantoprojektiin liittyvästä verkostosta konserniyhtiön kolmen yrityksen ja tutkimuskeskuksen kahden laboratorion välillä.

Esimerkissä yrityskonserni on kehittämässä korkeateknologian tuotetta maailmanmarkkinoille. Konsernin tytäryhtiöt kehittävät ja valmistavat tuotteen eri komponentteja, osia tai järjestelmiä ja kukin tytäryhtiö hyödyntää tarpeidensa mukaan tutkimuskeskuksen yhden tai usean laboratorion asiantuntemusta. Laboratoriot voivat myös tehdä yhteistyötä hankekokonaisuuden onnistumiseksi. Tällainen laajasti eri laboratorioita työllistävä asiakaskonserni on tutkimuskeskukselle strateginen partneri. Tarkastelluissa toimeksiantoprojekteissa tutkimuskeskuksen sisäisestä yhteistyöstä raportoitiin vajaassa kymmenessä prosentissa projekteista, joista useimmat liittyivät tietotekniikkaan.

Eräillä aloilla yritykset toteuttavat oma-aloitteisesti tai teollisuusliittojen tai esimerkiksi myös TEKESin koordinoimana ja rahoittamana yhteistyöhankkeita alan teknologian uudistamiseksi. Usein näin toimivat erityisesti pk-yritykset talouden taantuvilla aloilla. Tarkastelluista projekteista yhteistutkimushankkeita oli noin viidennes. Yleisin yhteistyötahojen määrä oli kaksi, mutta esimerkkejä oli myös lähes kymmenen yrityksen rypäistä mm. rakennusteollisuudessa. Esimerkit kertovat yritysten ja muiden tahojen välisistä 'innovaatioklustereista', joissa myös tutkimuskeskus on mukana.

Teknologian siirtoa edistävien ja välittävien viranomaistahojen toiminta painottuu esikilpailulliseen tutkimukseen ja niiden merkitys kaupallisissa toimeksiannoissa on verrattain vähäinen. Tarkastelluissa projektiraporteissa viranomaistahoista oli mainintoja vain muutamien yhteishankkeiden yhteydessä yhtenä monista rahoittajista. Yksi tehokkaan yhdessätekemisen ja teknologian siirtämisen muoto on tutkijan sijoittaminen projektin tai sen osan ajaksi yritykseen. Tilapäisestä siirtymisestä yrityksiin informoitiin tarkasteltujen projektien kohdalla vain muutamissa projekteissa. Tutkimusyhteistyön jatkumisesta asiakasyrityksen kanssa projektin valmistumisen jälkeen raportoitiin noin viidenneksessä projekteista. Näissä tapauksissa päättynyttä projektia päätettiin jatkaa hieman uudelleensuunnattuna tai laajennettuna.

Uudenaisten karheerien toimivuusien tutkiminen

Toimeksiantaja oli Vapo Oy ja hankkeen laajuus oli kymmeniä henkilyökuukausia. Projekti liittyi Optimiturve-tutkimusohjelmaan ja myöhemmin Bioenergia-tutkimusohjelmaan. Tavoitteena oli parantaa karheen keruusuhdetta siten, että jättämä pienenesi nykyisestä 40-50 %:sta 20 %:iin. Projektissa tutkittiin, kehitettiin ja testattiin erilaisia karheeria. Koeajoissa 1993 ja 1994 olivat mukana perinteinen peltiviivotinkarheeria (JVK-9), jyrshinturpeen pyörivä harjakarheeria (JPK-9H) sekä uusi jyrshinturpeen karheeria (JVK-9HP). Vertailumittaukset tehtiin kolmella suolla. Keskimääräisissä saannoissa pyörivä harjakarheeria (JPK-9H) oli ylivoimainen. 9-metrinen, pyörillä varustetun harjakarheen (JVK-9HP) saanto oli hitaammalla ajonopeudella (7 km/h, käytetään ajettaessa karheeria ja jyrshinturpeen yhdessä) 17 %-yksikköä huonompi ja perinteinen viivotinpeltikarheeria (JVK-9) 18 %-yksikköä huonompi.

Viivotinakarheeria (JVK-9HP) oli ajo-ominaisuuksiltaan aikaisempia parempi. Se oli kevyempi työntää (kevyempi painoltaan, ei kerännyt turvetta), joten karheaminen ja jyrshintä voitiin tehdä yhtäaikaan ja siihen riitti keskikokoinen traktori. Karheeria meni suurempaan ja pysyi hyvin saralla. Kuljettaja kykeni keskittymään karheamiseen ja yhdistämään monisatotuotannossa karheet yhteen, jolloin ne olivat säteen sattuessa paremmin turvassa. Lisäksi karheerien tulipaloriski pieneni olemattomiin. Karheerit poikkesivat myös karheiden kosteuksien osalta. Kuivinta saatiin keskimäärin harjoilla varustetulla karheerilla. Uudenaisten karheeria on valmistettu vuonna 1994 yli 100 kappaletta ja vuonna 1995 tullaan tekemään myös saman verran uusia karheeria tuotantokäyttöön. Koska pyörivä harjakarheeria oli saannoltaan erinomainen, sen kehitystä jatketaan parantamalla kahta olemassaolevaa prototyyppiä ja tekemään siitä tuotantokarheeria.
(Veli-Juhani Aho, Poltto- ja lämpötekniikan laboratorio)

10 Johtopäätökset

Kaupalliset tutkimustoimeksiannot ovat keskeinen yritysten aloitteeseen perustuva teknologian siirron muoto tutkimuskeskuksen ja yritysten välillä. Tietämystä siirtyy yritys- sektorille lisäksi spin-off-yritysten, tutkijoiden rekrytointien yms. kanavien kautta. Tässä tapaus selvityksessä tarkastellaan tutkimuskeskuksen toimeksiantoprojekteja ja luokitellaan niitä erilaisten kriteerien mukaan. Projektit kuvaavat yritysten välittömiä tutkimustarpeita ja niiden tuntemus palvelee osaltaan tutkimuskeskuksen toiminnan suunnattamista ja valmiuksien kehittämistä tulevan tutkimuskysynnän tyydyttämiseksi.

Asiakasprofiili. Tutkimuskeskuksen toimeksiantotutkimus palvelee pääasiassa viennin ja kansantaloudellisen merkityksen kannalta merkittäviä yrityksiä. Asiakkaina ovat sekä huipputekniikan keskeiset suuret ja pk-yritykset että perinteisillä vientialoilla (mm. metsäteollisuus) toimivat yritykset. Toimeksiantojen kohteena ovat asiakasyritysten kilpailukyvyille olennaiset tuote-, prosessi- ym. teknologiat. Näitä yrityksiä palvelemalla tut-

kimuskeskus osallistuu osaltaan maan teknologiaperustan ja -tason kehittämiseen²⁶. Monet asiakasyrityksistä toimivat kansainvälisillä markkinoilla ja yhteistyö antaa keskuksen tutkijoille mahdollisuuden täydentää tietojaan alan uusimmista tuotanto- ja tuoteteknologioista sekä niihin liittyvästä kansainvälisestä kilpailusta. Yhteistyö johtavien yritysten kanssa kannustaa ylläpitämään osaamisen ja välineet ajan vaatimalla korkealla tasolla. Ulkomaisten asiakkaiden määrä on tarkastellussa aineistossa alhainen. Tutkimuskeskus osallistuu kuitenkin kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön laajasti. Tämä yhteistyö on tärkeätä teknologian siirtämisessä ulkomailta Suomeen ja sen räälöimiseksi täällä olevien yritysten käyttöön.

Teknologiaprofiili. Tuotteiden kehitysprojektit kohdistuvat pääasiassa perinteisiin sekä uusiin huipputeknologian alan vientituotteisiin sekä niiden valmistusprosesseihin (mm. matkapuhelimet ym. tietoliikenne, sähkömoottorit, laivateknologia). Asiakas- ja teknologiaprofiilissa korostuu infrastruktuurin ja muiden yhteiskunnalle tärkeiden alojen (mm. energia, ympäristö, työturvallisuus) teknologian kehittäminen. Teknologinen muutos toimeksiantojen kautta näyttää tapahtuvan pääasiassa teknologiaparannusten kautta. Muutos tapahtuu pääasiassa geneerisen informaatio- ja elektroniikkatekniikan sovellusten muodossa.

Yhteisprofiili. Yhteisprofiilin silmiinpistävä piirre on se, että tarkastellut projektit jakautuivat karkeasti kahteen ryhmään. Yhtäältä on erotettavissa projektijoukko, joita voidaan sanoa monien kriteerien (koko, asiakasrakenne, aikajänne, odotettu taloudellinen vaikutus, teknologia, ambitiotaso jne.) kannalta *merkittäviksi*. Toinen ryhmä koostui vastavien kriteerien mukaan vaatimattomammista hankkeista. Merkittäviä projekteja oli tarkastelluista projekteista noin kaksi kolmasosaa ja ne olivat kooltaan vähintään 0,5 miljoonaa markkaa ja henkilötyövuosiltaan vähintään yhden vuoden projekteja. Vaikka projektien riskejä koskevat tiedot olivat rajattuja, merkittävät projektit näyttivät omaavan myös huomattavia taloudellisia ja teknillisiä riskejä. Hankkeiden kohteena olevat tuotteet, prosessit, järjestelmät jne. edustavat Suomen viennin kannalta olennaisia aloja. Tutkimusprojektit ovat keskimäärin verrattain suuria, mutta testaustoimeksiannot verrattain pieniä. Korkeateknologian pk-yrityksille toteutetuissa toimeksiannoissa ambitiotaso oli korkea, mutta muille pk-yrityksille toteutetuissa hankkeissa vaatimattomampi. Toimeksiantojen kokoamistavan takia merkittävien hankkeiden määrä tarkastellussa projektijoukossa ylikorostuu.

Hankkeiden vaikutukset ja hyödyt. Toimeksiantoprojektien pääasialliseksi odotetuksi vaikutukseksi arvioitiin laadun parantaminen, toiseksi kilpailukykyyn kohottaminen ja sitten tuottavuuden nostaminen. Lisäksi hankkeiden arvioitiin säästävän työtä, raaka-ainetta, ympäristöä, pääomaa ja energiaa sekä parantavan turvallisuutta. Monet esitetyistä vaikutuksista kuvaavat saamaa asiaa eri näkökulmasta. Hyödyt ovat välittömästi yritystaloudellisia, mutta useiden projektien kohdalla korostuneesti myös yhteiskunnallisia (mm. työsuojelu, energiatalous, ympäristönsuojelu). Hankkeiden vaikutusten ja hyötyjen arviointiin tutkimusvaiheessa liittyy epävarmuuksia. Onnistuneenkin projektin kohdalla teknologian siirtymiseen markkinoille ja mahdolliseen menestykseen vaikuttavat markkinointi ja muut innovaatioprosessin myöhemmät vaiheet. Lopullinen hyötykustannustase on laskettavissa vasta usean vuoden jälkeen tutkimusvaiheen päättymisestä.

Toimeksiantojen kytkentä esikilpailulliseen tutkimukseen. Useita merkittäviä toimeksiantoja on tutkimuskeskuksessa edeltänyt pitkäaikainen esikilpailullinen tutkimus. Esikilpailulliseen tutkimukseen tehtyjen pääasiassa julkisten panostusten hyväksymisen kannalta on olennaista, tuleeko esikilpailullisissa hankkeissa tuotettu tietämys ja osaaminen riittävästi hyödynnettyä kaupallisissa toimeksiannoissa. Useiden tarkasteltujen *merkittävien* toimeksiantojen tutkimusalueella on tutkimuskeskuksessa tehty aikaisem-

²⁶ "Tietointensiivisen yritystoiminnan edellytysten parantaminen Suomessa on kansallisen innovaatiojärjestelmän keskeisiä tehtäviä" (Tiedon ja osaamisen..., s.43).

min useita vuosia esikilpailullista strategista tutkimusta. Näitä hankkeita on rahoitettu tutkimuskeskuksen budjettirahoituksesta (mm. keskuksen tutkimusohjelmat) sekä muista julkisista rahoituslähteistä. Tässä yhteydessä ei ollut mahdollista systemaattisesti selvittää strategisessa tutkimuksessa tuotetun uuden tietämyksen siirtymistä toimeksiantoihin. Tätä tulisi vastedes selvittää ja samoin muutenkin tiedon siirtymistä koskevaa tietopohjaa vahvistaa.

Projektien laajuus ja kustannukset. Tutkimusprojektin riittävän suurta kokoa pidetään olennaisena seikkana kriittisen massan sekä taloudellisen tehokkuuden saavuttamiseksi. Toimeksiantojen kokojakauma on näissä suhteissa tavoitetilan suuntainen. Tutkimuskeskus on non-profit-organisaatio, jonka palvelujen hinta määrätään omakustannusperiaatteiden mukaan. Vaikka tässä selvityksessä ei selvitetty palvelujen hinnan sopivuutta asiakkaille, asiakaskyselyissä se ei ole noussut olennaiseksi ongelmaksi.

Hankkeiden toteutus. Useita merkittäviä toimeksiantoja on tutkimuskeskuksessa edeltänyt saman asiakkaan kanssa monivuotinen yhteistyö ja monet aiemmat toimeksiannot. Yhteistyön kuluessa ja muutoin muodostuneilla verkostoilla yritysasiakkaiden ja tutkimuskeskuksen välillä ja myös keskuksen sisällä on merkityksensä toimeksiantojen toteuttamisessa. Pitkäaikaiset verkostosuhteet, yhdessätekeminen ja keskinäinen oppiminen ovat keskeisiä edellytyksiä menestyvälle teknologian siirtymiselle.

Toimeksiannot näyttävät tukeneen asiakasyritysten teknologian uudistamista ja tutkimuskeskus osaltaan myötävaikuttaa yritysten teknologian uudistamiseen. Toimeksiantojen kohteena olleiden uusien tuotteiden ym. teknologioiden kaupallinen menestys testataan kuitenkin usein vasta tutkimusvaiheen jälkeen markkinoilla. Siten onnistunut tutkimusvaihe on tulevan menestyksen välttämätön, muttei riittävä edellytys. Lopullinen menestys riippuu ratkaisevasti markkinoinnin ym. yrityksen toimien onnistumisesta. Tuleva menestys ei voi olla tiedossa välittömästi tutkimusvaiheen päätyttyä. Tarkasteltujen toimeksiantojen kohdalla on nyt muutaman vuoden jälkeen tiedossa, että osa teknologioista on menestynyt, mutta eivät kaikki. Siten *tutkimuskeskuksen tehtävien osalta* toimeksiantoprojektien onnistumisen välittömänä mittarina on asiakkaiden tyytyväisyys projektiin yhteydessä saamaansa palveluun. Aiemmat asiakaskyselyt ovat antaneet tästä pääsääntöisesti myönteisen kuvan ja kyselyt ovat antaneet runsaasti hyödyntämiskelpoista kritiikkiä toiminnan kehittämiseen.

Tutkimuskeskuksen yrityksille toteuttamien toimeksiantojen määrä on markkamääräisesti yritysten tutkimuspanostuksesta verrattain alhainen. Tutkimuskeskuksen yksityisen sektorin tulojen osuus on viime vuosina vaihdellut 4–5 prosenttiin koko yrityssektorin tutkimusmenoista. Tutkimuskeskuksen toiminnan volyymi yritysten tutkimuspanostuksesta on puolestaan runsaat 10 prosenttia. Verrattaessa VTT:ta vastaaviin siihen rinnastettavissa oleviin eri maiden tutkimuskeskuksiin, nämä luvut edustavat hyvää tasoa (ks. taulukot 1.2 ja 1.3). Kaupallisiin toimeksiantoihin liittyvä yhteistyö voisi kuitenkin olla huomattavasti laajempaa. Palvelujen laajempi käyttö yritysten piirissä riippuu monista seikoista.

III Yhteenvedo ja jatkotutkimus

Ulkopuolisten teknologian hankintalähteiden käyttö yrityksissä riippuu monista seikoista, ei vähiten niiden suhtautumisesta ja aktiivisuudesta t&k-toimintaan. Julkinen tutkimuskeskus on yrityksille yksi teknologialähde useiden joukossa. Kyselytutkimukset osoittavat, että yritykset kokevat tutkimuskeskuksen niille toteuttaman tutkimuksen pääsääntöisesti myönteisenä. Tämä indikoi, että yhteistyön laajentamiseen ei ole tässä suhteessa esteitä. Jatkossa tutkimuskeskuksen kaupallisia toimeksiantoja ja muuta tutki-

musyhteistyötä yritysten kanssa voidaan ja pyritään lisäämään monilla toimilla. Tutkimuskeskuksen ja muiden teknologialähteiden tunnettuutta yrityksissä voidaan lisätä ja mm. laajentaa yhteistyötä esikilpailullisessa tutkimuksessa, tehostamalla keskuksen markkinointia sekä mm. lisätä pitkäjänteisiä tutkimuksen yhteistyösopimuksia. Joillakin teollisuuden aloilla on merkkejä, että yritykset joustavuus- ja kustannussyistä vähentävät tutkimustoimintaa ja lisäävät ulkopuolisten tutkimuspalvelujen käyttöä. Tällaiset trendit lisäävät mahdollisuuksia tutkimuskeskuksenkin palvelujen laajentamiselle.

Monet toimeksiantotutkimuksen päätelmistä ovat alustavia ja kaipaavat jatkotutkimusta. Tuloksia voidaan pitää hypoteesinomaisina perusteellisempaa jatkotutkimusta ajatellen. Tutkimuksella on ollut kokeellinen tarkoituksensa: Siinä on testattu ja kehitelty ideoita toimeksiantoprojektien profiloimiseksi ja luokittelemiseksi. Toimeksiantoja koskevan projektisalkun tuntemus tukee tutkimuskeskuksen toiminnan suuntaamista ja valmiuksien kehittämistä yritysten kysynnän ja eri teknologioiden ja niiden kehitysnäkymien mukaisesti. Vastedes tarkastelua olisi kiintoisaa kehittää mm. teknometrisen analyysin suuntaan eli projektien kohteena olevien teknologioiden spesifikaatioiden yksityiskoh- taisempaan erittelyyn.

Tämän tutkimuksen mukaan tutkimuskeskus on mukana kehittämässä teollisuuden ja yhteiskunnan kannalta olennaisia ja kansainvälisestikin merkittäviä teknologioita. Tarkoituksena ei ole ollut osoittaa VTT:n erinomaisuutta yritysten teknologialähteenä, mutta ei sitä vähätelläkään. Tässä yhteydessä voisi soveltaen lainata SITRAN aiempaa yliasiamiestä, professori C.E. Carlsonia²⁷: VTT:lla ei ole tapana ripustaa saavutuksistaan päänahkoja seinälleen ihailtavaksi – kunnia kuuluu yrityksille, joiden tutkimustarpeita VTT osaltaan voi tyydyttää ja joista tutkimuksen avulla kehitettyjen teknologioiden kaupallinen menestys lopulta riippuu.

Julkisten tutkimuskeskusten on kyettävä vastaamaan tulevaisuudessa moniin haasteisiin. Julkistalouden tiukkenemisen takia niiden perusrahoitusosuus valtion budjetista saattaa alentua ja kasvava osa tuloista on hankittava muista julkisista ja yksityisistä lähteistä. Tutkimusmarkkinoilla menestyminen edellyttää tehokkuuden, kaupallisuuden ja palveluhenkisyyden lisäämistä eli huomattavia kulttuurin muutoksia aikaisempaan verrattuna. Myös johtamisen merkitys kasvaa. Talouden ja teknologian kansainvälistymisen myötä myös tutkimusmarkkinat kansainvälistyvät. Euroopan integraation myötä eurooppalaista tutkimusjärjestelmää tultaneen vastedes yhä laajemmin koordinoimaan myös tutkimusorganisaatioiden osalta²⁸. Kansainvälistymisestä ja muista haasteista huolimatta julkisten tutkimuslaitosten uskotaan edelleen pysyvän olennaisena osana kansallista innovaatiojärjestelmää (Nelson (Ed), 519). Muutostrendeistä huolimatta niiden uskotaan perinteidensä ja muuttumiskykynsä pohjalta pärjäävän myös tulevaisuudessa:

“...government research establishments never die, they survive through various transformations while at the same time retaining a strong sense of tradition” (OECD 1989, 19).

²⁷ “On hyvin epätodennäköistä, että SITRAN 20 vuoden aikaisten suomalaisten rahoitushankkeiden joukosta voisi löytyä yhtään valmista, suurta merkkitapahtumaa. Sen sijaan on helppo osoittaa, miten monet hankkeet ovat olleet osia Suomen teknisen ja taloudellisen kehityksen huomattavista saavutuksista ja jopa kansainvälisestikin merkittäviä edistysaskeleita. SITRAlla ei kuitenkaan ole ollut tapana ripustaa tällaisia päänahkoja seinälleen ihailtavaksi. Kunnia kuuluu kyllä niille, jotka tekevät työn ja kantavat vastuun, ei rahoittajille” (Carlson 1987, 66).

²⁸ “Will there be any place in the European Union for 10 or 12 Technical institutes in the footwear sector competing with each other and duplicating many of their efforts? What forms of rationalization, cooperations and mergers should, or will, emerge? If some centres are not to disappear altogether, they will at least have to radically change the focus of their activities. In any case, making the RTOs open to competition should certainly spur them into action.” (Miege, 7).

Lähteet

Arnold, R.H. 1992 Pitfalls of Decentralization, or Setting the Fox to Guard the Chicken Coop, *Research - Technology - Management*, May-June 1992, 9-11.

Arrow, K.J. 1962 Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, teoksessa *The Rate and Direction in Inventive Activity*, tai myös teoksissa *Economics of Information and Knowledge* (ed. J. Lamberton, Harmondsworth, 1971, ss. 141-59), ja *The Economics of Technical Change*, ed. N. Rosenberg, Harmondsworth, 1971, ss.164-81).

Arundel, A. and Soete, L.1993 *The Role of R&D Centres in Innovation, Economic Growth and Technical Change, Mission or Market? The Challenge for R&D Centres in Europe*, 8th Symposium of ISC, 103-124.

Autio, E. 1993 *Spinn-Off Companies as Agents of Technology Transfer. An Empirical Study of the Spinn-Off Companies of the Technical Research Centre of Finland*, VTT Publications 151, Technical Research Centre of Finland, Espoo.

Blume, S. 1990 "Transfer Sciences: Their Conceptualization, Function and Assessment", Paper Prepared for the *Technology / Economy Programme Conference on the "Consequences of the Technology / Economy Programme for the Development of New Science and Technology Indicators"*, OECD, July 1990.

Brown, M.A. 1990 *The Cost of Commercializing Energy Inventions*, *Research Policy* 19, 147-155.

Carlson, C.E. 1987 20 vuotta suomalaista tuotekehitystä, Tilastollinen tutkimus SITRAn rahoittamista tuotekehityshankkeista, SITRA Sarja B nro 93.

Community., 1994 *The Community Innovation Survey, Status and Perspectives*, European Commission, DG XIII, ECSC.EC-EAEC, Brussels-Luxembourg.

CSO 1992 *Teollisuuden innovaatiotoiminta 1991 (Industrial Innovation Activities)*, Central Statistical Office (CSO), 12.11.1992.

CSO 1991 *Industrial Innovation in Finland*, Central Statistical Office of Finland (CSO), Studies 184/1991.

Dasgupta, P. and Stoneman, P. (Eds) 1987 *Economic Policy and Technological Performance*, Centre for Economic Policy Research, Cambridge University Press.

Dosi, G, 1988 a *Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation*, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVI, No. 3.

Dosi, G. 1988 b *The Nature of Innovation Process*, teoksessa *Technical Change and Economic Theory*, Ed.by G.Dosi, C.Freeman, R.Nelson, G.Silverberg and L.Soete, Pinter Publishers, 221-238.

Edqvist, C. 1994, *Technology Policy: The Integration between Governments and Markets*, teoksessa Aichholzer, G. and Schienstock, G. (Eds), *Technology Policy, Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*, Walter de Gruyter, Berlin, New York. Aichholzer and Schienstock, 67-95.

The European Report on Science and Technology Indicators 1994, European Commission, Studies 1, Report EUR 15897 EN, October 1994.

Fahmi, P. and Spätig, M. 1990 *An Application-oriented Guide to R&D Project Selection and Evaluation methods*, *R&D Management* 20, 2, 155-171.

- Foray, D. and Freeman, C. (Eds.), 1993, *Technology and the Wealth of Nations, The Dynamics of Constructive Advantage*, Pinter Publishers.
- Fransman, M. *The Markets and Beyond, Cooperation and Competition in Information Technology Development in the Japanese System*, Cambridge University Press 1990.
- Freeman, C. 1992, *The Nature of Innovation and Evolution of the Productive System, in The Economics of Hope, Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, Pinter Publishers, London and New York, 73-92.
- Freeman, C. 1993 Introduction to Part I, teoksessa Foray, D. and Freeman, C. (Eds.), 25-28.
- Freeman, C. and Perez, C. 1988 *Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behavior*, teoksessa Dosi et al., 38-66.
- Freeman, C., Clark, J., Soete, L. 1982 *Unemployment and Technical Innovation, A Study of Long Waves and Economic Development*, Frances Pinter (Publishers), London.
- Future..., 1994 *The Future of Research and Technology Organizations in Europe*, European Commission, DG XIII, 219-232.
- Globalaalitalous ja Suomi, Toim. Leppänen, S. ja Romppanen, A. *Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (VATT), Suomen itsenäisyyden juhluvuoden rahasto (SITRA), 1995.*
- Granstrand, O., Oskarsson, C., Sjöberg, N., Sjölander, S. 1990, *Business Strategies for New Technologies*, teoksessa E. Deiaco, E. Hornell, E. and G. Vickery, *Technology and Investment, Crucial Issues for the 1990s*, OECD, IVA, Pinter Publishers, London, 64-92.
- Hillebrand, G. and Ernst, W. 1992 *Executive Summary, Business Orientation of R&D-Centres in Europe*, Forschungszentrum Seibersdorf.
- Hippel, E., von 1988 *The Sources of Innovation*, Oxford University Press.
- Jaakkola, H. 1992 *The Diffusion of Information Technologies in Finnish Industry*, teoksessa Vuori, S. and Ylä-Anttila, P. (Eds) *Mastering Technology Diffusion - The Finnish Experience*, ETLA, Helsinki.
- Johnson, B. 1992 *Institutional Learning*, in Lundvall (Ed), 23-42.
- Kandel, teoksessa *The Future of Research and Technology Organizations in Europe*, European Commission, DG XIII, 219-232.
- Kansallinen teollisuusstrategia 1993, KTM 1/1993.
- KM 1990:2, *Teknologiaohjelmatoiminnan linjat 1990-luvulle, Teknologiaohjelmien kehittämistoimikunta, Valtion painatuskeskus, Helsinki.*
- Lovio, R. 1988 *21 innovaatiota Suomen elektroniikkateollisuudessa: Taustaa, menestystekijöitä ja ongelmia*, Espoo 1988.
- Lundvall, B-Å 1988, *Innovation as an Interactive process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation*, teoksessa *Technical Change and Economic Theory*, Ed.by G.Dosi, C.Freeman, R.Nelson, G.Silverberg and L.Soete, Pinter Publishers, 349-369.
- Lundvall, B-Å (Ed) 1992, *National Systems of Innovation, Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London.
- Mannerkoski, M. 1993 *VTT:n reaktio, VTT:n kansainväliseen arviointiin liittyvä seminaari 10.6.1993, pyydetty puheenvuoro, pääjohtaja Markku Mannerkoski, VTT.*

-
- Michelsen, K-E. 1993 Valtio, teknologia, tutkimus. VTT ja kansallisen tutkimusjärjestelmän kehitys, Espoo.
- Miege, R. 1994 Strategic Issues Relevant to RTOs, teoksessa Future., 5-14.
- Mordchelles-Regnier, G. 1994 Competition or Collaboration between RTOs and CROs, teoksessa The Future...
- Martin, B. and Irvin, J. 1989 Research Foresight, Priority-Setting in Science, Pinter.
- Nelson, R.R. (Ed) National Innovation Systems, A Comparative Analysis, Oxford University Press.
- Niskanen, P. 1993 Valtion tutkimus- ja kehittämismenot vuoden 1993 talousarvioesityksessä, Suomen Akatemia, Helsinki.
- Nordic..., 1991 Nordic Industrial Fund Newsletter 4-1991, Oslo.
- OECD 1989 The Changing Role of Government Laboratories, OECD, Paris.
- OECD 1991 Technology in a Changing World, TEP, The Technology / Economy Programme, OECD, Paris.
- OECD 1992 Frascati Manual, NESTI 1992 Version, DSTI/STII/STP/NESTI (92)4
- Pavitt, K. 1989 What do we know about the Strategic Management of Technology, SPRU, Sussex, Dec. 28, 1989.
- Roussel, P.A., Saad, K.M., Erickson, T.J. 1991 Third Generation R&D, Managing the Link to Corporate Strategy, Arthur D. Little, Inc., Harvard Business School Press.
- Schimank, U. 1990 Technology Policy and Technology Transfer from State-financed Research Institutions to the Economy: Some German Experiences, Science and Public Policy, Vol. 17, No 4, August 1990, 219 - 228.
- SPRINT / EIMS.. 1993 SPRINT/EIMS Policy Workshops: Public Policies to Support Tacit Knowledge Transfer, European Innovation Monitoring System (EIMS), Publication No 8.
- STIP 1992, Science and Technology Indicators Publication, Ministries of Education and Science and Economic Affairs, The Netherlands.
- Stoneman, P. 1987 The Economic Analysis of Technology Policy, Clarendon Press.
- Suomen ekoviennin...1995, Suomen ekoviennin mahdollisuudet, KM 1995:3.
- Technology for America's Economic Growth, A New Direction to Build Economic Strength, President William J. Clinton, Vice President Albert Gore, Jr., February 22, 1993.
- Tiedon ja osaamisen Suomi, kehittämisstrategia 1993, Tiede- ja teknologianeuvosto.
- Tilastokeskus 1994, Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan kansainvälistyminen, Tiede ja teknologia 1994:1A.
- TNO-Strategie 2000, Achtergronddocument, November 1994.
- VTT:n strateginen... 1994 VTT:n strateginen suunnitelma 1994, Espoo.