

ETLA

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 609 900 Telefax 601753

Keskusteluaiheita - Discussion papers

No. 477

Synnöve Vuori

**YRITYSTEN JA TOIMIALOJEN
VÄLISET TEKNOLOGIAKYTKENNÄT
SUOMEN TEOLLISUUDESSA**

VUORI, Synnöve, YRITYSTEN JA TOIMIALOJEN VÄLISET TEKNOLOGIAKYTKENNÄT SUOMEN TEOLLISUUDESSA. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1994. 41s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 477).

TIIVISTELMÄ: Tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitykseen Suomen teollisuustoimialoilla 1980-luvulla. Tarkastelussa mukana olevia teknologiapanoksia ovat yritysten oma tutkimustoiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituote- ja investointipanoksiin sisältyvä teknologia sekä ns. tahattomat teknologiavirrat. Tulosten mukaan yritysten oma tutkimustoiminta vaikuttaa myönteisesti toimialoittaiseen kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitykseen. Muiden teknologiapanosten vaikutusten toteaminen osoittautui hankalaksi eri muuttujien välisten vuorovaikutusten takia. Näiden panosten tarkastelu yhdessä yritysten oman tutkimustoiminnan kanssa on kuitenkin tärkeää. Mahdollisia, muttei vielä riittävän vahvasti osoitettuja positiivisia vaikutuksia tuottavuuteen oli myös tahattomilla teknologiavirroilla sekä kotimaisiin välituotteisiin ja ulkomaisiin pääomapanoksiin sisältyvällä teknologialla.

AVAINSANAT: tutkimus- ja kehitystoiminta, teknologian diffuusio, välilliset teknologiapanokset, teknologiavarannot, tuottavuus

Yritysten ja toimialojen väliset teknologiakytkennät Suomen teollisuudessa

Sisällysluettelo

	Sivu
Yhteenveto	
1 Johdanto	1
1.1 Välillisten teknologiapanosten vaikutukset - aikaisempia tutkimustuloksia	2
1.2 Tutkimuksen tavoitteet	4
2 Kone- ja laiteinvestointeihin sekä välipanoksiin sisältyvä teknologiapanos Suomen teollisuudessa	5
2.1 Panoksiin sisältyvän teknologian arviointiin liittyviä periaatteita	5
2.2 Suomen aineistosta laskettuja keskeisiä tuloksia	6
3 Teknologiakytkentöjen analyysissä käytettävien mallien täsmennys ja tutkimusaineisto	9
3.1 Mallien täsmennys	9
3.2 Aineisto	10
Tilastokeskuksen tutkimusintensiiteettiaineisto	10
Tahattomat teknologiavirrat	11
Tuottavuus	13
4 Eri teknologiapanosten tuottavuusvaikutukset	18
4.1 Teknologiapanosten vaikutukset kokonaistuottavuuden muutoksiin	18
4.2 Teknologiapanosten vaikutukset työn tuottavuuden muutoksiin	28
5 Johtopäätökset	32
Lähteet	34
Liite 1. Vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisten työn tuottavuuden muutosten laskeminen	36
Liite 2. Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla keskimäärin vuodessa v. 1980-85 ja 1985-91, %	41

Yhteenveto

Monilla toimialoilla merkittävä osa teknisestä kehityksestä tulee käyttöön hankittaessa tuotannossa käytettäviä koneita ja laitteita tai välituotteita tai ostettujen teknologian käyttöoikeuksien, esim. lisenssisopimusten muodossa. Pienten maiden yrityksille muilta yrityksiltä, toimialoilta tai ulkomailta hankittu teknologia on usein tärkeämpää kuin niiden oman T&K:n tulokset. Oma tutkimustoiminta on kuitenkin yleensä tarpeen, jotta muualla kehitettyä teknologiaa osattaisiin tehokkaasti hyödyntää.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia Suomen teollisuustoimialojen tuottavuuskehitykseen. Analysoitavina ovat vaikutukset sekä kokonaistuottavuuteen että työn tuottavuuteen. Tarkastelussa mukana olevia teknologiapanoksia ovat yritysten oma tutkimustoiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituote- ja investointipanoksiin sisältyvä teknologia sekä ns. tahattomat teknologiavirrat (technological spillovers).

Teknologiapanosten vaikutuksia tuottavuuskehitykseen analysoitiin poikkeileikkausaineistojen avulla, ja erikseen tarkasteltiin 1980-luvun alku- ja loppupuoliskon keskimääräistä tuottavuuskehitystä. Tulosten mukaan näiden ajanjaksojen välillä näyttää olevan eroja. Aikaisemmalla periodilla kokonaistuottavuuteen vaikuttivat voimakkaimmin tahattomat teknologiavirrat, jälkimmäisellä yritysten oma tutkimustoiminta. Ostetuilla teknologiapanoksilla näytti joiltakin osin olevan negatiivisia vaikutuksia tuottavuuskehitykseen. Eri muuttujien erillisistä vaikutuksista ei kuitenkaan saatu tarkkaa kuvaa, koska niiden välillä näyttää olevan vuorovaikutusta.

Tarkasteltaessa koko 1980-lukua koskevaa yhdistettyä aineistoa yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutukset kokonaistuottavuuteen näyttävät olevan selkeästi positiivisia. Kokonaistuottavuuden jousto omasta tutkimuspanoksesta muodostetun teknologiaintensiteetin suhteen oli suuruusluokkaa 0,2, ts. tämän intensiteetin kasvaessa prosentin, kokonaistuottavuus kasvaisi 0,2 prosenttia. Koska muiden teknologiapanosten vaikutukset kuitenkin jäivät pääosin täsmentymättä, tätä arviota on pidettävä suuntaa-antavana.

Oma tutkimuspanos vaikutti myönteisesti myös työn tuottavuuden kehitykseen 1980-luvulla, erityisesti vuosikymmenen alkupuoliskolla. Tärkeiltä näyttivät myös kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvä teknologia. Vaikka ostettujen teknologiapanosten vaikutuksista tuottavuuskehitykseen ei tutkimuksessa vielä saatu täsmällistä kuvaa, tulokset osoittavat kuitenkin, että niiden huomioon ottaminen on tärkeää kokonais kuvan saamiseksi teknologiapanosten vaikutuksista.

1 Johdanto¹

Pienen maan yritysten kannalta on usein ratkaisevan tärkeää, miten hyvin ne pystyvät hyödyntämään ja soveltamaan omiin tarpeisiinsa muualla kehitettyä teknologiaa, koska niiden on mahdotonta kehittää kaikkea tarvitsemaansa teknologiaa itse. Monilla toimialoilla merkittävä osa teknisestä kehityksestä saadaankin käyttöön erilaisten liiketoimien kautta: uutta teknologiaa sisältyy tuotannossa käytettäviin pääomatavaroihin ja väli-tuotteisiin, tai sitä hyödynnetään hankkimalla käyttöoikeuksia esimerkiksi lisenssisopi-musten välityksellä. Teknologian diffuusio (leviäminen) voi myös tapahtua ilman liiketoimia ja enemmän tai vähemmän organisoidusti: koulutuksen, työharjoittelun ja muun tekemällä oppimisen (learning by doing) kautta sekä erilaisen muun tiedonväli-tyksen ja henkilökontaktien kautta. Osa viimeksi mainituista leviämistavoista syntyvät ns. tahattomien teknologiavirtojen (technological spillovers) tuloksena (ks. Vuori 1993).

Yritysten omaa tutkimus- ja kehitystoimintaa voidaan luonnehtia välittömien teknolo-giapanosten käytöksi ja muita edellä mainittuja teknologian välittymismekanismia - liiketoimiin perustuvan teknologian käyttöä ja muuta teknologian diffuusiota - välil-

Kuvio 1. Tuotantoon sisältyvän teknologian lähteet

Välittömät teknologiapanokset	Välilliset teknologiapanokset
Lopputuotteiden valmistajan suorittama T&K	Välipanoksiin sisältyvä teknologia <ul style="list-style-type: none">- Kotimaiset välipanokset- Tuodut välipanokset Pääomapanoksiin sisältyvä teknologia <ul style="list-style-type: none">- Kotimaiset pääomapanokset- Tuodut pääomapanokset Muu liiketoimiin perustuva teknologia (patentit, lisenssit ym.) Muu teknologian diffuusio <ul style="list-style-type: none">- Tahattomat teknologiavirrat- Koulutus, oppiminen jne.

¹ Tutkimus on osa ETLAssa toteutettavaa teknologiatutkimusta, jota TEKES rahoittaa.

listen teknologiapanosten käytöksi (ks. kuvio 1). Välittömien teknologiapanosten vaikutuksista yritysten tuottavuuden, kannattavuuden yms. suorituskykyä kuvaavien muuttujien kehitykseen on olemassa laaja kansainvälinen kirjallisuus. Myös Suomessa, erityisesti ETLAssa on tutkittu T&K-toiminnan vaikutuksia tuottavuuteen (esim. Wyatt 1983, Vuori 1984 ja Vuori 1992). Välillisten teknologiapanosten vaikutuksia sen sijaan Suomessa ei tiettävästi aikaisemmin ole tutkittu.

Viime vuosina on useissa maissa kiinnostuttu yhä enemmän myös välillisen tutkimuspanostuksen vaikutuksista, ja sen merkityksen on useissa tutkimuksissa todettu olevan jopa paljon suurempi kuin yritysten itsensä suorittaman tutkimustoiminnan vaikutukset. Tällainen tulos on tärkeä paitsi yritysten myös teknologiapolitiikan kannalta: mikäli teknologian diffuusio osoittautuu merkittävämmäksi teknistä kehitystä ja yritysten menestymistä vauhdittavaksi tekijäksi kuin niiden oma tutkimustoiminta, diffuusion edistäminen eri keinoin nousee keskeiseksi teknologiapolitiittiseksi tavoitteeksi. Selvää on kuitenkin, että oma tutkimus ja diffuusio eivät ole toisensa poissulkevia vaihtoehtoja, vaan myös diffuusion, ts. muualla kehitetyn teknologian tehokas hyväksikäyttö edellyttää osaamista, jonka kehittämisessä oma tutkimus ja kehityksen seuraaminen on keskeistä.

1.1 Välillisten teknologiapanosten vaikutukset - aikaisempia tutkimustuloksia

Schmookler (1966) esitteli menetelmän, jolla voidaan mitata tutkimustoiminnan tulosten siirtymistä tutkimusta tehneiltä toimialoilta niille toimialoille, jotka ostavat niiden tuotteita. Tältä pohjalta esim. Scherer laati Yhdysvaltoja koskevan toimialojen välisiä teknologiavirtoja kuvaavan matriisin, jonka avulla voitiin tutkia ostettuihin tuotantohyödykkeisiin sisältyvän tutkimuspanoksen vaikutuksia toimialojen taloudelliseen suorituskykyyn. Hän käytti apunaan yksityiskohtaisia patenttitietoja sekä panos-tuotostaulukoita jakaessaan tutkimusmenot uudelleen alkuperätoimialoilta käyttäjätoimialoille.

Schererin tulosten mukaan tutkimuspanosta sisältävien tuotteiden ostolla samoin kuin omalla prosessien kehittelytyöllä saavutettiin melko korkeita tuottoasteita, kun taas oma tuotekehittely ei tuottanut yhtä hyviä tuloksia. Myös Grilichesin ja Lichtenbergin (1984) toimiala-aineistolla saamien tulosten mukaan "käyttäjän teknologiapanoksen", johon sisältyi sekä oma prosessien kehittäminen että ostettu teknologia, kertoimet olivat korkeampia kuin oman tuotekehittelypanoksen kertoimet. Sen sijaan Schererin tuloksista poiketen myös oman tuotekehittelyn vaikutus tuottavuuteen oli merkittävä. Käyttäjän teknologiapanoksen komponenteista tärkeämpi oli oma prosessinkehittäminen (ks. Griliches ja Lichtenberg 1984 sekä Scherer 1982 ja 1984).

Samantyyppisistä lähtökohdista tutkimusta suorittivat 1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella erilaisilla Yhdysvaltoja koskevilla aineistoilla myös esim. Terleckyj (1980), Link (1983) ja Sveikauskas (1981). Terleckyjn mukaan ostettuihin pääoma- ja välipa-

noksiin sisältyvän teknologian vaikutukset toimialojen tuottavuuden kasvuun olivat selvästi suuremmat kuin niiden oman tutkimustoiminnan vaikutukset. Julkisen sektorin rahoittamalla tutkimustoiminnalla ei voitu osoittaa olevan välittömiä vaikutuksia tuottavuuteen. Globermanin (1980) mukaan Terleckyjn arvioimat tuottoasteet, joissa oli mukana sekä tutkimustoiminnan välittömät että välilliset vaikutukset, olivat selvästi korkeampia (100-110 %) kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (30-60 %), joskin tulokset muuten olivat samansuuntaisia. Myös Sveikauskasin (1981) toimiala-aineistolla saamien tulosten mukaan pääomapanoksiin sisältyvän tutkimuspanostuksen tuottoasteet ovat varsin korkeita, ja lisäksi tutkimusintensiivisten toimialojen tuottamien pääomapanosten vaikutukset olivat voimakkaimpia.

Link (1983) käytti yritys-kyselyyn perustuvia tietoja yritysten oman tutkimustoiminnan osuudesta niiden koko teknologiseen kehitykseen arvioidessaan ulkopuolelta tulevien teknologiavirtojen vaikutusta. Tulosten mukaan sekä ostettu teknologiapanos että oma tutkimustoiminta vaikuttivat merkittävästi kokonaistuottavuuden kehitykseen.

1980-luvun jälkipuoliskolla kiinnostus toimialojen välisiä teknologiavirtoja kohtaan lisääntyi entisestään (esim. Jaffe 1986, Bernstein ja Nadiri 1988, Bernstein 1989, Goto ja Suzuki 1989). Panos-tuotos-aineistojen lisäksi myös uudemmissa tutkimuksissa on hyödynnetty patenttiaineistoja.

Goto ja Suzuki arvioivat Japania koskevalla aineistolla ostettuihin välituotteisiin ja pääomapanoksiin sisältyvät teknologiavirrat painottamalla panoksia tuottavien toimialojen tutkimusmenot näiden ostojen määrällä. Kokonaistuottavuuden muutoksia selitettiin mallilla, jossa selittävinä muuttujina olivat oma tutkimusintensiivisyys (tutkimusmenot jaettuna tuotannon määrällä) sekä panosostojen kautta toimialalle tuleva teknologiavirta jaettuna tuotannon määrällä. 50 toimialaa käsittäneellä poikkileikkausaineistolla saatujen tulosten mukaan molemmat selittäjät olivat merkittäviä, mutta panoksiin sisältyvän teknologiavirran vaikutus tuottavuuteen oli suuruudeltaan noin kolminkertainen oman tutkimustoiminnan vaikutuksiin verrattuna.

Englander, Evenson ja Hanazaki (1988) tarkastelevat Kanadan osalta tutkimuspanoksen vaikutuksia sekä tutkimustulosten tuottajien että niiden käyttäjien kokonaistuottavuuteen toimialatasolla. He käyttävät apunaan Kanadan patenttiluokitusten pohjalta laadittuja "vastaavuustaulukoita" (concordance matrices) keksintöjen sekä tutkimusmenojen jakautumisesta alkuperä- ja käyttäjätoimialoille, joiden pohjalta he laativat kullekin toimialalle tuottajan ja käyttäjän tutkimuspanoksista kertyvät tutkimuspääomakannat. Analyysissä oli mukana 7 maata ja 17 toimialaa, ja se koski pääosin vuosia 1970-83.

Teollisuuden osalta tutkimuspanoksen vaikutus kokonaistuottavuuteen käyttäjätoimialoilla oli voimakas seitsemällä toimialalla kahdeksasta. Kemian ja koneteollisuudessa, joihin tutkimustoiminta on voimakkaasti keskittynyt, sekä käyttäjän että tuottajan tutkimuspanoksen vaikutus on merkittävä. Useiden vaihtoehtoisten mallikokeilujen pohjalta käyttäjän tutkimuspanoksen yhteys kokonaistuottavuuden kehitykseen näytti

olevan selvempi kuin tuottajan. Toimialoittaiset vaihtelut tutkimuspanostuksessa selittivät suuremman osan tuottavuuden vaihtelusta kuin maittaiset erot. Tulosten perusteella oli myös pääteltävissä, että tutkimustoiminnan tuottomahdollisuudet olisivat alentuneet 1970-luvun öljykriisien jälkeen.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Yhteistä edellä esitettyjen Kanadaa, Japania ja Yhdysvaltoja koskevien tutkimusten tuloksille on se, että niiden kaikkien mukaan välillisillä teknologiapanoksilla - välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvällä teknologialla - oli positiivinen vaikutus yritysten ja toimialojen tuottavuuskehitykseen. Useissa tapauksissa ostettuihin panoksiin sisältyvän teknologian vaikutus oli suurempi tai jopa moninkertainen yritysten oman tutkimuspanoksen vaikutuksiin verrattuna.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään, onko tilanne Suomessa samanlainen, ts. mikä on toisaalta oman tutkimuspanoksen ja toisaalta välillisten teknologiapanosten vaikutus teollisuustoimialojen tuottavuuskehitykseen ja millainen näiden panosten merkitys on toisiinsa verrattuna. Mikäli tulos olisi vastaava kuin muita maita koskeissa tutkimuksissa, ts. että ostettujen panosten vaikutus olisi suurempi kuin yritysten oman tutkimuspanoksen, tämä olisi erittäin tärkeää ottaa huomioon teknologiapolitiikan muotoilussa.

Tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia teollisuustoimialojen tuottavuuskehitykseen. Tarkastelun kohteena ovat vaikutukset sekä kokonaistuottavuuteen että työn tuottavuuteen. Teknologiapanoksia, joiden vaikutuksia pyritään analysoimaan, on tässä työssä enimmillään kuusi erilaista (ks. edellä kuvio 1): yritysten oma T&K-toiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituotepanoksiin sisältyvät sekä kotimaisiin ja ulkomaisiin investointipanoksiin sisältyvät teknologiapanokset sekä lisätekijänä tahattomat teknologiavirrat. Panosten vaikutuksia tarkastellaan myös siten, että eri tekijöitä yhdistetään toisiinsa ja selvitetään niiden mahdollinen yhteisvaikutus. Teknologiapanoksia koskeva aineisto poikkeaa jonkin verran ulkomaisissa tutkimuksissa käytetyistä aineistoista, mutta pääperiaatteiltaan lähestymistapa on tässä tutkimuksessa samanlainen kuin niissä.

Tutkimus etenee seuraavasti. Luvussa 2 käydään läpi investointi- ja välituotepanoksiin sisältyvän teknologian arviointitapoja ja Suomessa tehdyn selvityksen tuloksia, joita tässä tutkimuksessa käytetään osana aineistoa. Luvussa 3 esitellään tuottavuusvaikutusten analyysissä käytettävät mallit ja empiirinen aineisto. Luku 4 sisältää varsinaisen analyysin ja luku 5 johtopäätökset.

2 Kone- ja laiteinvestointeihin sekä välituotteisiin sisältyvä teknologiapanos Suomen teollisuudessa

2.1 Panoksiin sisältyvän teknologian arviointiin liittyviä periaatteita

Kuten luvussa 1 on todettu, useat tutkijat muualla kuin Suomessa ovat selvittäneet välillisten tutkimuspanosten vaikutuksia erityisesti yritysten ja toimialojen tuottavuuskehitykseen. Näissä yhteyksissä on tehty arvioita mm. Yhdysvaltoja, Kanadaa, Japania ja Saksaa koskevilla aineistoilla välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvän teknologiapanoksen suuruudesta. Ensimmäiset Suomea koskevat arviot on laadittu Tilastokeskuksessa ja julkaistu vuonna 1993 (Virtaharju ja Åkerblom 1993).

Tilastokeskuksen tekemät arviot poikkeavat useimmista muista arvioista mm. siten, että niissä on otettu huomioon teknologian kumuloituva luonne, ts. teknologiaa on tarkasteltu vuosittaisista virtasuureista (menoista) muodostuvina varantoina sen sijaan, että olisi rajoitettu vain mainittujen virtojen tarkasteluun. Periaatteessa tällä on huomattava merkitys sekä yritysten oman tutkimustoiminnan että investointitavaroihin sisältyvän teknologian osalta, koska tutkimus- ja kehitystoiminnan tuottama tieto ja osaaminen säilyy ainakin osaksi käyttökelpoisena pitemmän ajan kuin vain sen vuoden ajan, jolloin tieto on tuotettu. Teknologian kumuloituvuus aiheutuu osaksi siitä, että suuri osa uudesta tiedosta rakentuu vanhan tiedon pohjalle, eikä vanha tieto näin ollen välttämättä kokonaan syrjäydy, vaikka se ei yksinään enää olisikaan kovin hyödyllistä.

Teknologisen tiedon vanhenemisvauhdista on käyty taloustieteellisessä teknologia-tutkimuskirjallisuudessa paljonkin keskustelua. Voidaan erottaa toisistaan liiketaloudellinen vanheneminen ja kansantaloudellinen vanheneminen. Liiketaloudellisen vanhenemisen on katsottu tapahtuvan nopeammin kuin kansantaloudellisen. Kun eri tutkimustarkoituksia varten on pyritty arvioimaan tutkimusmenojen pohjalta ns. tutkimuspääomakantoja, on käytetty esimerkiksi 10, 15 tai 20 prosentin suuruisia vuotuisia poistoja tutkimuspääomakannasta.

Edellä mainitussa Tilastokeskuksen selvityksessä toimialoittaiset teknologiavarannon lisäykset muodostuvat yhteen painotetuista yritysten vuosittaisista T&K-menoista. Sovelletussa laskentamenetelmässä jokainen varannon lisäys säilyy varannossa ensin 3 vuotta sellaisenaan ja vähenee sen jälkeen tasaisesti 7 vuoden ajan, ts. kunkin vuoden teknologialisäys vaikuttaa tuotantoon 10 vuotta. Vuotuiset poistot tehdään 15 prosentin suuruisina (Virtaharju ja Åkerblom 1993, s. 12). Vastaavansuuruisia poistoa ovat käyttäneet tutkimuspääomakannan laskennassa mm. Patel ja Soete (1988).

Toisen lähestymistavan mukaan kaikki teknologinen tieto säilyy jatkuvasti käyttökelpoisena eikä poistoja tarvitse laskea. Tällaisesta oletuksesta on se etu, että tällöin vuosittaiset tutkimusmenot vastaavat suuruudeltaan tutkimuspääomakannan lisäystä, joka

on esimerkiksi joihinkin mallitarkasteluihin riittävä indikaattori, jolloin itse tutkimuspääomakannan suuruutta ei tarvitse arvioida.

Teollisuuden tuotannossaan käyttämän kokonaisteknologian arvioinnissa Tilastokeskuksen selvityksessä sovelletaan varantoajattelua sekä yritysten omasta T&K-panostuksesta muodostuvan teknologian että investointitavaroihin sisältyvän teknologian määrän laskennassa. Koska välituotteet käytetään tuotannossa vain kertaalleen, niihin sisältyvän teknologian arvioinnissa ei käytetä varantomenettelyä. Tuotannossa käytettyihin tuontitavaroihin sitoutuneen teknologian arvioinnissa on käytetty tietoja tärkeimpien tuojamaiden T&K-intensiteeteistä (laskentamenettelyjä on kuvattu tarkemmin Virtaharjun ja Åkerblomin raportin luvussa 2 ja sen liitteessä III).

Tässä tutkimuksessa käytetään edellä mainittuja Tilastokeskuksen laatimia arvioita välittömästä sekä pääomatavaroihin ja välituotteisiin sisältyvästä teknologiasta arvioidaessa välittömien ja välillisten teknologiapanosten vaikutuksia toimialojen tuottavuuskehitykseen.

2.2 Suomen aineistosta laskettuja keskeisiä tuloksia

Seuraavassa tarkastellaan joitakin Tilastokeskuksen teknologiaintensiteettiselvitykseen (Virtaharju ja Åkerblom 1993) sisältyviä keskeisiä tuloksia kone- ja laiteinvestointeihin sekä välituotteisiin sisältyvästä teknologiapanoksesta mm. eri toimialoilla. Tehdasteollisuuden lopputuotekäyttöön menneen tuotannon kokonaisteknologian intensiteetti, ts. välittömien ja välillisten teknologiapanosten arvon suhde tuotannon bruttoarvoon, kasvoi 1980-luvulla nopeasti. Vuonna 1981 se oli 6 %, vuonna 1985 vajaat 9 % ja vuonna 1989 runsaat 12 %. Näistä luvuista välittömän teknologiapanoksen, siis yritysten omasta tutkimustoiminnasta muodostuvan panoksen, osuus oli kunakin vuonna vähintään puolet ja se kasvoi 1980-luvulla.

Välitön teknologiaintensiteetti oli 3,2 % vuonna 1981 ja 6,7 % vuonna 1989. Näitä tutkimuspääomakantojen pohjalta laskettuja intensiteettejä voidaan verrata perinteisiin intensiteettimittareihin, joissa kunkin vuoden tutkimusmenot suhteutetaan suoraan tuotannon arvoon. Tällä tavoin laskettu tutkimusintensiteetti oli tuotannon bruttoarvon suhteen laskettuna 0,83 % vuonna 1981 ja 1,94 % vuonna 1989. Varantokäsitteen käyttäminen nosti siis tässä tapauksessa teknologiaintensiteetin 3,5-4-kertaiseksi perinteiseen mittariin verrattuna ja se sekä välillisten teknologiapanosten mukaan ottaen yhdessä 6-7,5-kertaiseksi.

Eräs keskeinen tulos Virtaharjun ja Åkerblomin selvityksessä on se, että eri toimialojen teknologiaintensiteettien suuruusjärjestys ei paljonkaan muutu, kun välillinen teknologia lasketaan intensiteetteihin mukaan, koska oman tutkimustoiminnan osuus on niin huomattava. Keskimäärin pääomapanokseen sisältyvän teknologian osuus teknologia-

Kuvio 2. Eri teknologialähteiden osuudet lopputuotteiden kokonaisteknologiasta teollisuudessa, %



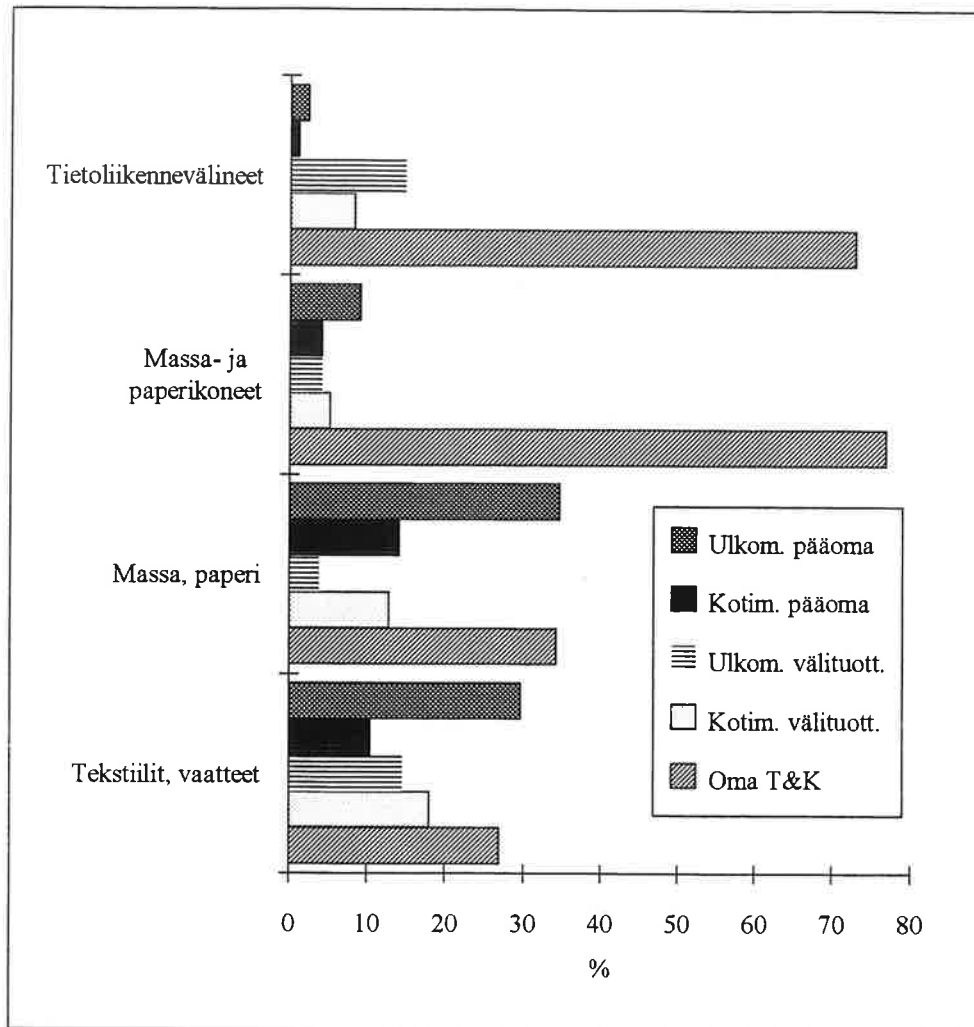
Lähde: Virtaharju ja Åkerblom 1993

panoksista oli 1980-luvulla noin 20-23 % ja välituotteisiin sisältyvän teknologian osuus noin 20-25 % (ks. kuvio 2).

Eri lähteiden merkitys vaihtelee kuitenkin toimialoittain huomattavasti: joillakin toimialoilla pääosa teknologiasta saadaan käyttöön oman tutkimustoiminnan kautta, toisilla taas ulkopuolelta ostettu, välituotteisiin ja/tai investointitavaroihin sisältyvä teknologia on ratkaisevan tärkeää. Esimerkiksi lääketeollisuudessa, teollisuuden sähkölaitteita valmistavassa ja tietoliikennevälineitä valmistavassa teollisuudessa ollaan varsin "omavaraisia" teknologian suhteen, kun taas esimerkiksi tekstiiliteollisuudessa ja puuteollisuudessa riippuvuus koneisiin ja laitteisiin sisältyvästä teknologiasta on suuri (Virtaharju ja Åkerblom 1993, luku 3.3). Kuviossa 3 on esitetty eri teknologialähteiden osuudet toimialojen kokonaisteknologiasta muutamalla esimerkkitoimialalla.

Virtaharjun ja Åkerblomin tulosten mukaan toimialat voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään teknologiasisältönsä mukaan: toisessa ryhmässä olevien toimialojen kokonaisteknologiaintensiteetti on korkea ja myös välittömän (omaan tutkimustoimintaan pohjautuvan) teknologian osuus on suuri, toisessa ryhmässä kokonaistensiteetti on melko

Kuvio 3. Eri teknologialähteiden osuus eräiden toimialojen kokonaisteknologiasta, %



Lähde: Virtaharju ja Åkerblom 1993

matala ja välillisen teknologian merkitys on suuri. Tämä liittyy edellä mainittuun seikkaan, että teknologiaintensiiviset yritykset ovat yleensä sitä riippumatta siitä, lasketaan-ko välillinen teknologia mukaan vai ei. Erityisen korkean teknologiaintensiteetin aloina erottuvat lääkkeiden valmistus ja tietoliikennevälineiden valmistus.

3 Teknologiakytkentöjen analyysissä käytettävien mallien täsmennys ja tutkimusaineisto

3.1 Mallien täsmennys

Luvussa 4 tarkastellaan toimialojen välisiä teknologiakytkentöjä regressiomallien avulla. Tavoitteena on osoittaa, millä tavoin eri teknologiapanokset vaikuttavat toimialojen kokonaistuottavuuden tai työn tuottavuuden kehitykseen. Käytettäville malleille on olemassa esikuvia ulkomaisissa tutkimuksissa, joiden lähestymistapaa on sovellettu edelleen tämän tutkimuksen tarpeisiin. Perusmuodossaan mallit ovat seuraavantyyppisiä:

$$(1) \quad TF = a_0 + \sum a_i X_i, \text{ tai}$$

$$(2) \quad LPRO = b_0 + \sum b_i X_i,$$

missä TF on kokonaistuottavuuden keskimääräinen muutosvauhti tarkasteltavalla periodilla (1980-85 tai 1985-91), LPRO on vastaavasti työn tuottavuuden (tuotannon määrä/tehdyt työtunnit) keskimääräinen muutosvauhti (1980-85 tai 1985-90), a_0 ja b_0 ovat vakiotekijöitä, X_i :t ovat tarkasteltavia teknologiapanosmuuttujia ja a_i :t ja b_i :t ovat estimoitavia joustoja, jotka kuvaavat teknologiapanoksen muutoksen vaikutusta tuottavuuden muutokseen.

Yksinkertaisimmassa muodossaan mallit sisältävät vain yhden teknologiapanosmuuttujan, yritysten omien tutkimusmenojen pohjalta lasketun välittömän teknologiaintensiiteetin. Tämä on ollut tyypillinen lähestymistapa lukuisissa aikaisemmissa tutkimuksissa, ja tässä tutkimuksessa tällaiset malliversiot muodostavat lähinnä vertailukohtan muille malleille. Varsinaisena tarkoituksena on kuitenkin selvittää sekä välittömän teknologiapanoksen ("oman" tutkimustoiminnan) että välillisen teknologiapanoksen (ostopanoksiin sisältyvän teknologiapanoksen ja sen eri komponenttien) ja tahattomien teknologiavirtojen vaikutuksia.

Välillinen teknologiapanos on malleissa mukana joko yhtenä kokonaisuutena tai eri komponentteihin jaoteltuna. Enimmillään näitä komponentteja on neljä: kotimaisiin ja ulkomaisiin välituotteisiin sekä kotimaisiin ja ulkomaisiin pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteetit. Eri tarkasteluissa komponentteja on yhdistetty joko kotimaisen ja ulkomaisen välillisen teknologian intensiteeteiksi tai välituotteisiin ja pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteeteiksi. Tahattomat teknologiavirrat ovat tarkastelussa intensiteettimuodossa eli ne on jaettu tuotannon arvolla. Regressiomallien tuloksia esittelevissä taulukoissa käytettyjen muuttujasymbolien sisältö on selvitetty taulukossa 1 s. 18.

Mallit (1) ja (2) ovat melko samantyyppisiä kuin esimerkiksi Terleckyj'n (1980) käyttämät mallit. Terleckyj jakaa kuitenkin teknologiaintensiteettimuuttujansa hieman erilaisiin osiin: yksityisen sektorin rahoittamaan ja julkisin varoin rahoitettuun T&K-toimintaan sekä samalla tavoin rahoituslähteen mukaan jaoteltuun muilta toimialoilta ostettuihin panoksiin sisältyvään teknologiaan. Lisäksi hänellä on malleissaan mukana joitakin muita selitystekijöitä. Erona tämän tutkimuksen malleihin on lisäksi se, että Terleckyj'n teknologiaintensiteetit perustuvat tutkimusmenojen vuosittaisiin virtoihin eivätkä niistä kertyneisiin varantoihin.

Samantyyppiset lähtökohdat on ollut myös esimerkiksi Sveikauskasin (1981) ja Linkin (1983) tutkimuksissa. Goto ja Suzuki (1989) tarkastelevat mm. mallia, jossa toimialoitusta kokonaistuottavuuden kehitystä selitetään omasta T&K:sta muodostuvan tutkimusintensiteetin lisäksi ostopanoksiin sisältyvän teknologian intensiteetillä. Toisessa malliversiossa on näiden kahden tekijän lisäksi selittäjänä elektroniikka-aloilta muille toimialoille kulkeutuvien tahattomien teknologiavirtojen intensiteetti. Tahattomat teknologiavirrat on laskettu samaan tapaan kuin tässä tutkimuksessa, mutta ainoastaan siis elektroniikka-aloille. Välillistä teknologiapanosta ei myöskään ole jaettu eri komponentteihin.

Tutkimuspanoksen vaikutuksia kokonaistuottavuuden muutoksiin analysoiva malli kehitettiin alunperin tuotantofunktio tarkastelun pohjalta, ja siinä ainoana selittäjinä olivat "autonominen" tekninen kehitys ja tutkimuspanos, sovelletuista oletuksista riippuen joko tutkimusintensiteetti (tutkimusmenot jaettuna tuotannolla) tai tutkimuspääomakannan muutos (ks. esim. Terleckyj 1980). Sen sijaan tässä tarkastellut ja edellä viitatu mallit perustuvat vain osittain teoriaan; ei ole esimerkiksi selvää, pitäisikö välillinen teknologiapanos jakaa komponentteihin esitetyllä tavalla tai jollain muulla, ovatko eri muuttujat additiivisia ja onko lineaarinen malli lainkaan sopiva tässä tutkittavan ilmiön ja eri tekijöiden vaikutusten tarkasteluun. Tutkimuksen lähtökohta on siis empiirinen: pyritään selvittämään, voidaanko esitetynkaltaisilla malleilla osoittaa eri teknologiapanosten vaikuttavan tietyllä tavalla toimialojen tuottavuuskehitykseen.

3.2 Aineisto

Tilastokeskuksen tutkimusintensiteettiaineisto

Välitöntä ja välillistä teknologiaintensiteettiä koskevat tiedot on saatu Tilastokeskuksen tutkimusintensiteettiselvityksen (Virtaharju ja Åkerblom 1993) aineistosta. Tutkimuksessa on käytetty vuosia 1981 ja 1985 koskevia varantopohjaisia välittömän teknologian, koti- ja ulkomaisiin välituotteisiin sekä koti- ja ulkomaisiin pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteettejä, jotka on julkaistu em. raportissa. Toimialoittaisia intensiteettilukuja on tämän tutkimuksen tarpeita varten jonkin verran yhdistetty, jolloin painotuksessa on käytetty kunkin toimialan tuotannon bruttoarvoja.

Tilastokeskuksen julkaisemassa materiaalissa toimialoja on 28. Työn tuottavuuden selitysmalleja varten on yhdistetty kemian teollisuuden toimialat kemikaalit ja muut kemialliset tuotteet, jolloin tarkastelussa on mukana 27 toimialaa. Koska kokonaistuottavuuslaskelmat olivat kansantulotilaston aineiston pohjalta saatavissa vain 16 toimialalle, kokonaistuottavuuden selitysmalleja varten teknologiaintensiiviteetti-tietoja jouduttiin yhdistelemään vastaavasti enemmän. Toimialajako ilmenee mm. liitteestä 2.

Tahattomat teknologiavirrat

Tahattomat teknologiavirrat (technological spillovers) aiheutuvat siitä, että osa tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksista siirtyy myös muiden kuin niiden tuottajien käytettäväksi, ilman että niiden luovuttajat tai lähettäjät olisivat tähän pyrkineet ja että niistä saataisiin jokin vastike. Tietoa lisäävät tahattomat teknologiavirrat syntyvät siten, että yrityksen tai sektorin tekemä tutkimus- ja kehitystyö hyödyttää, ilman mitään liiketoimia, myös muita talousyksiköitä, koska tietoja ei voida tai halutakaan täysin eikä yleensä pitkään salata muilta, ts. luotuun tietoon ei liity täydellistä hallintaoikeutta (appropriability). Teknologiseen tietoon liittyy monia ns. julkishyödykkeen ominaisuuksia. Sitä voidaan mm. usein jakaa useille käyttäjille ilman merkittäviä lisäkustannuksia ja ilman että joku joutuisi siitä luopumaan ("Spillovers arise because knowledge is widely considered to be a partially excludable and non-rivalrous good"; ks. Papaconstantinou ja Wyckoff 1992; ks. myös Vuori 1991 ja 1993).

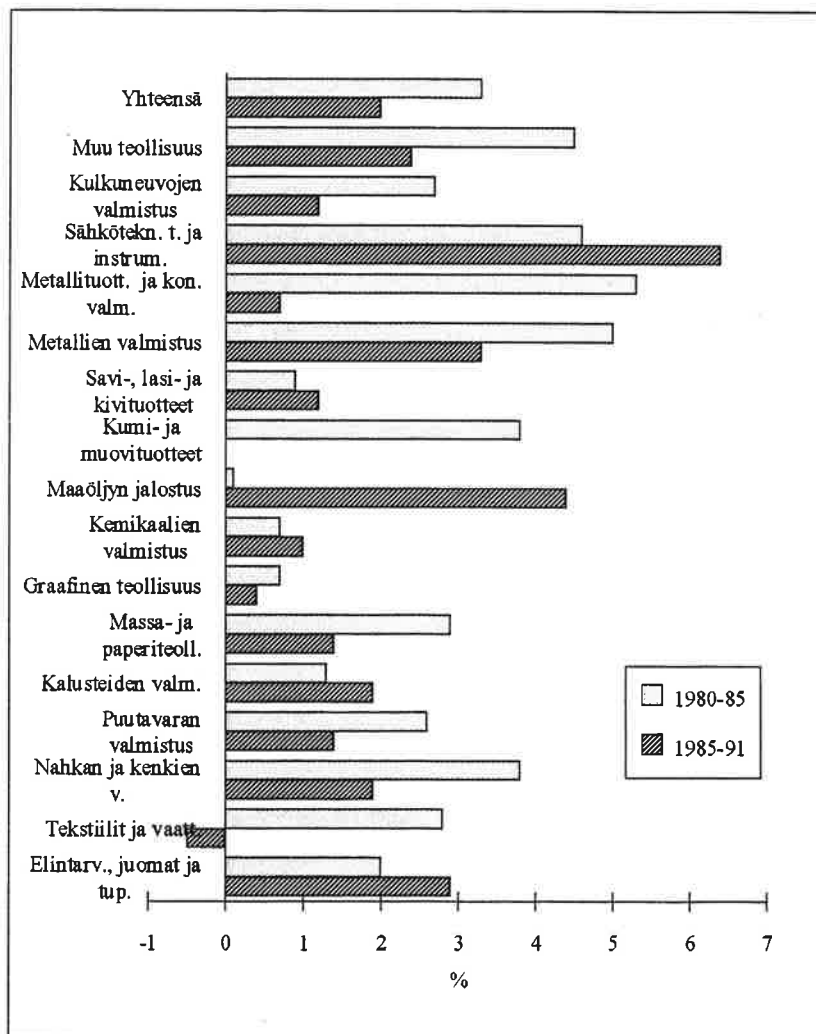
Tahattomien teknologiavirtojen kuvaamiseen käytetään tässä tutkimuksessa toisessa yhteydessä laskettuja arvioita (Vuori 1993) näiden virtojen suuruudesta Suomen teollisuustoimialoilla vuosina 1985 ja 1989. Nämä arviot perustuvat ajatukseen, että samoilla teknologia-alueilla tutkimusta tekevät yritykset hyötyvät eniten toistensa tutkimustuloksista. Toimialojen teknologista läheisyyttä toisiinsa voidaan kuvata niiden tutkimusmenojen tuoteryhmittäisten jakautumien korrelaatioiden avulla. Mitä korkeampi tämä korrelaatio on, sitä enemmän toimialat saavat tietoonsa ja voivat käyttää toistensa tuottamia tutkimustuloksia. Arvio "lähetetyistä" tahattomista teknologiavirroista saadaan kertomalla toimialan tutkimusmenot sen läheisyysindikaattorilla (korrelaatiolla) toiseen toimialaan nähden, ja laskemalla yhteen eri toimialoille lähetetyt virrat (ks. Vuori 1993 sekä Goto ja Suzuki 1989).

Vuosien 1985 ja 1989 tahattomat teknologiavirrat on suhteutettu vastaanottavan toimialan tuotannon bruttoarvoon käytettäessä niitä selittävänä muuttujana tuottavuuden muutoksia selittävissä malleissa. Menettely on hieman ristiriidassa malleissa muuten sovelletun ajattelun kanssa, eli sen että eri teknologiapanokset ovat pääasiassa varantyyppisiä, ts. pitkävaikutteisia. Vastaava varantokäsite tahattomille teknologiavirroille kuin esimerkiksi yritysten omille tutkimusmenoille on kuitenkin huomattavasti hankalammin hahmotettavissa, ja lisäksi käytettävissä oleva aineisto asettaa rajoituksia useamman vuoden virtojen huomioon ottamiselle. Tahattomien teknologiavirtojen ar-

vioita on pidettävä varsin alustavina, joten tähän muuttujaan on suhtauduttava melko suurin varauksin.

Tutkimuksessa on käytetty vuotta 1985 koskevia arvioita tahattomista teknologiavirroista edeltävän viisivuotisperiodin (1980-85) kokonaistuottavuuden selitysmalleissa ja vuoden 1989 tahattomia teknologiavirtoja periodin 1985-91 kokonaistuottavuuden selitysmalleissa. Koska tutkimusmenot ovat jatkuvasti kasvaneet ja näin ollen myös tahattomien teknologiavirtojen määrä on kasvanut, periodin lopulle sijoittuvan yksittäistä vuotta koskevan arvion voidaan katsoa olevan ainakin hieman lähempänä jonkinlaista varantoarviota aikaisemmille vuosille, mutta joka tapauksessa tuloksia koskevat tulkin-
nat on tehtävä varovasti. Työn tuottavuutta koskevissa selitysmalleissa tahattomat tek-

Kuvio 4. Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla keskimäärin vuodessa v. 1980-85 ja 1985-91, %



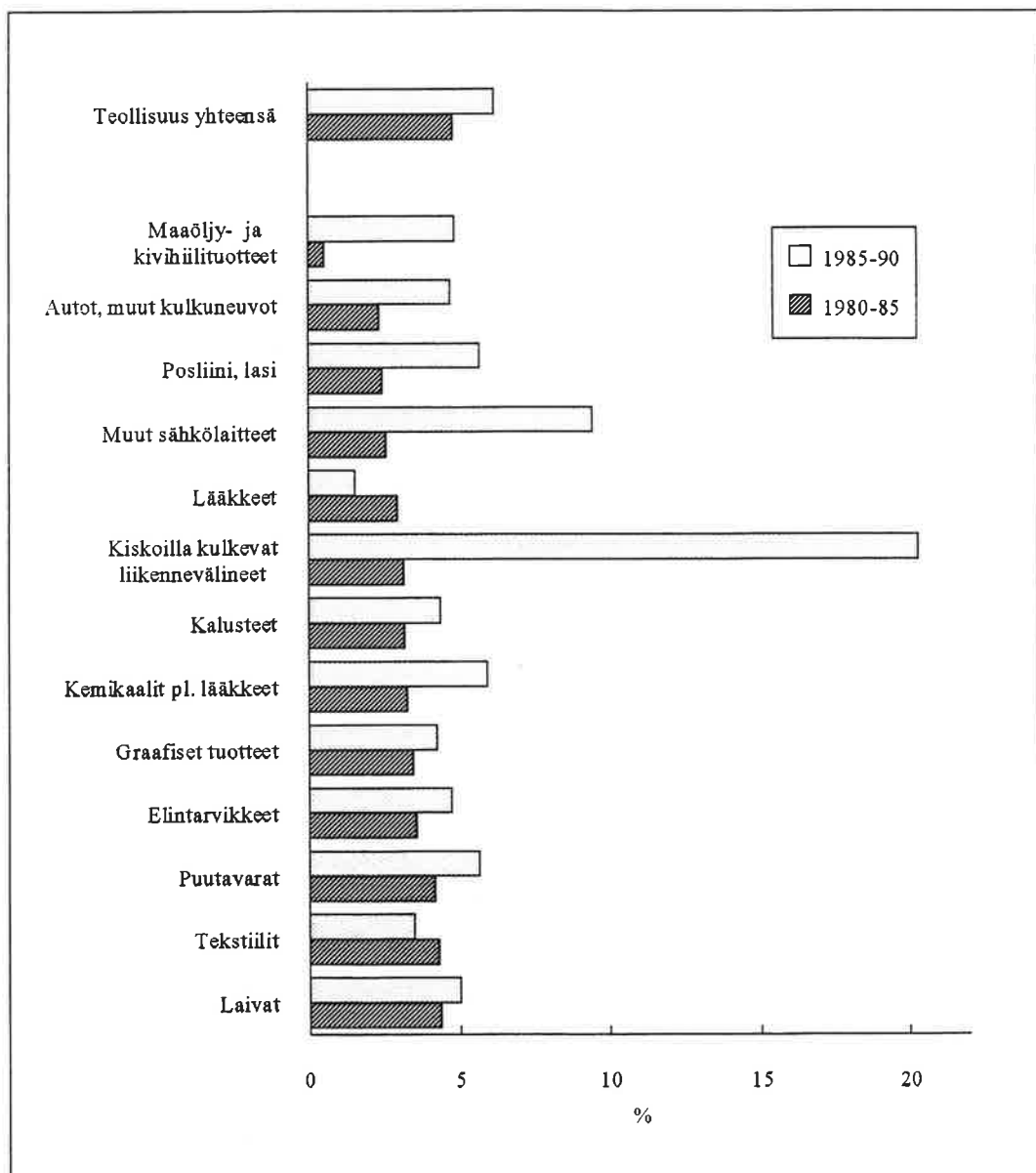
Lähde: Tilastokeskus

nologiavirrat eivät ole mukana, koska niitä koskevia tietoja ei ollut käytettävissä yhtä yksityiskohtaisina kuin muita teknologiamuuttujia ja tuottavuutta koskevat tiedot olivat ja koska tähän tarkasteluun haluttiin ottaa mukaan mahdollisimman monta toimialaa.

Tuottavuus

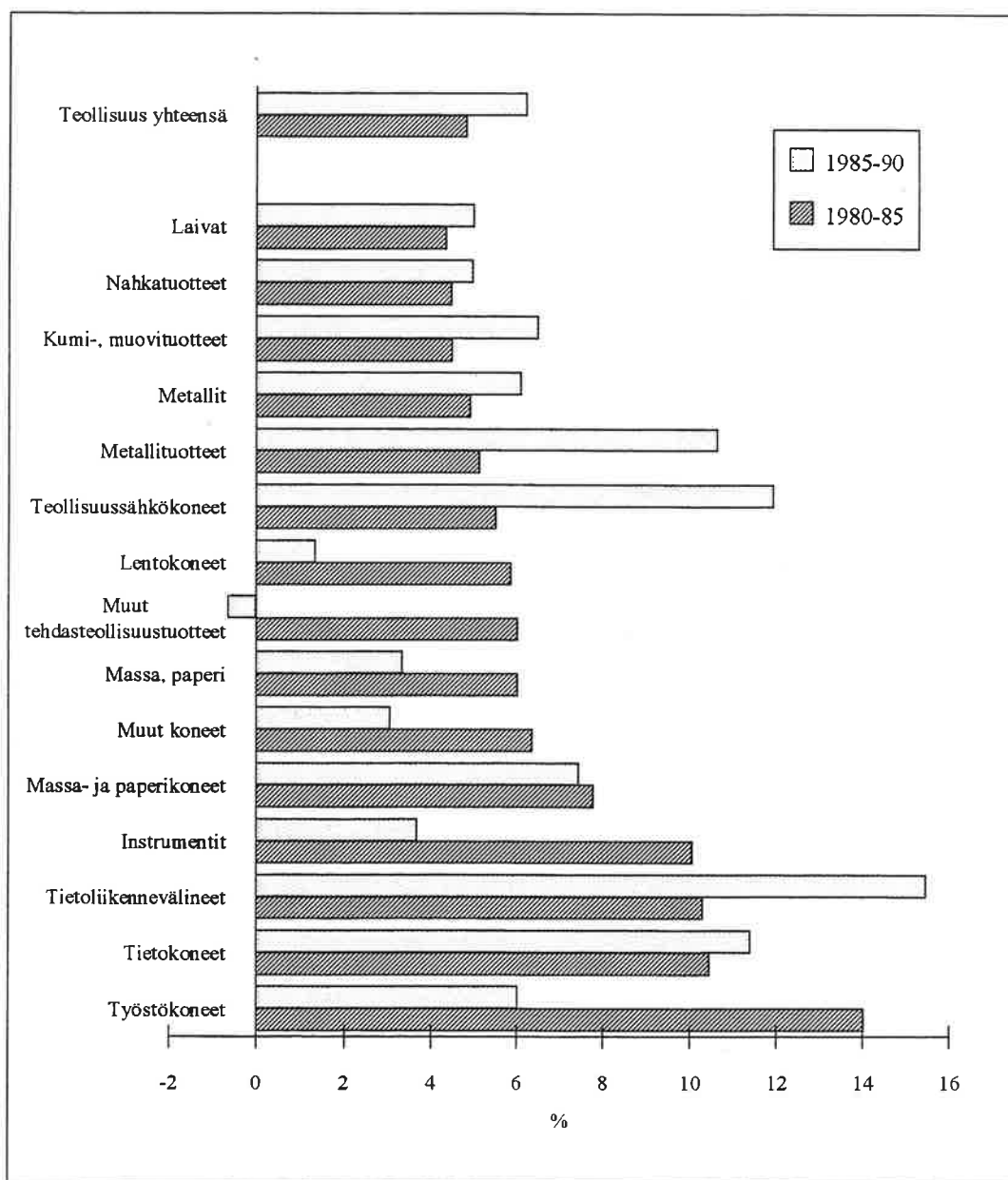
Kokonaistuottavuuden keskimääräiset vuosimuutokset vuosille 1980-85 ja 1985-91 on saatu Tilastokeskuksesta. Laskelmat koskevat 16 toimialaa. Kokonaistuottavuuden

Kuvio 5a. Työn tuottavuuden muutokset teollisuudessa toimialoittain keskimäärin v. 1980-85 ja 1985-90, %



muutos kuvaa sitä osaa tuotannon kasvusta, jota ei voida selittää tavanomaisten tuotantopanosten kuten työn ja pääoman käytön määrän muutoksilla. Kokonaistuottavuuden muutokset on laskettu siten, että tuotannon muutoksesta on vähennetty työ- ja pääomapanoksen vastaavilla kustannusosuuksilla painotettujen muutosten summa. Työpanoksena on käytetty tehtyjä työtunteja ja pääomapanoksena nettopääomakantaa. Tiedot perustuvat kansantulotilaston aineistoon. Kokonaistuottavuusluvut on esitetty liitteessä 2 ja graafisesti kuviossa 4.

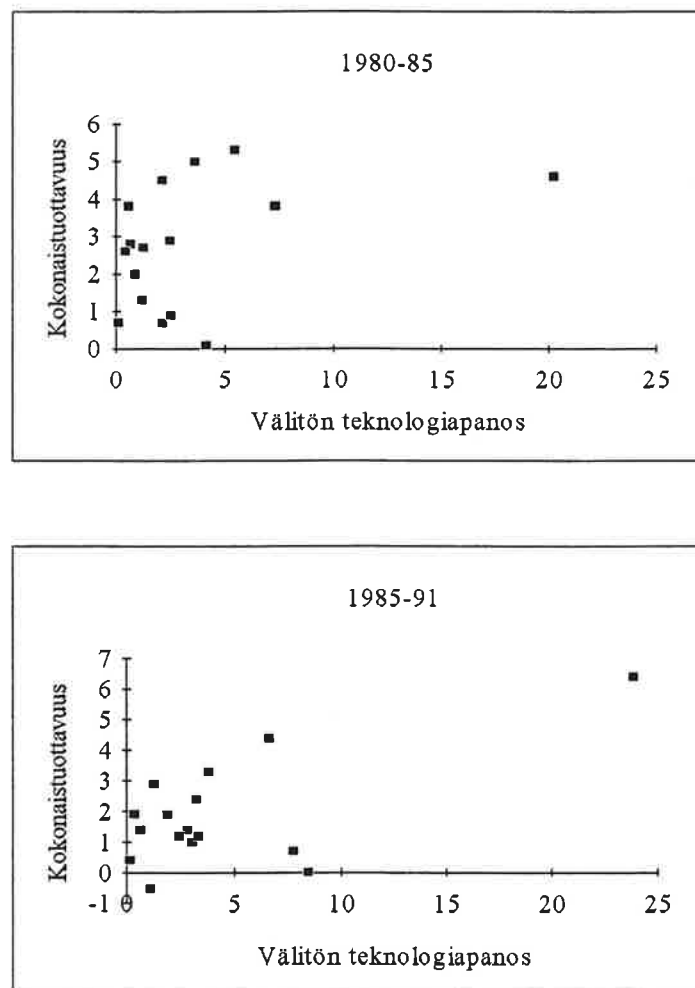
Kuvio 5b. Työn tuottavuuden muutokset teollisuudessa toimialoittain keskimäärin v. 1980-85 ja 1985-90, %



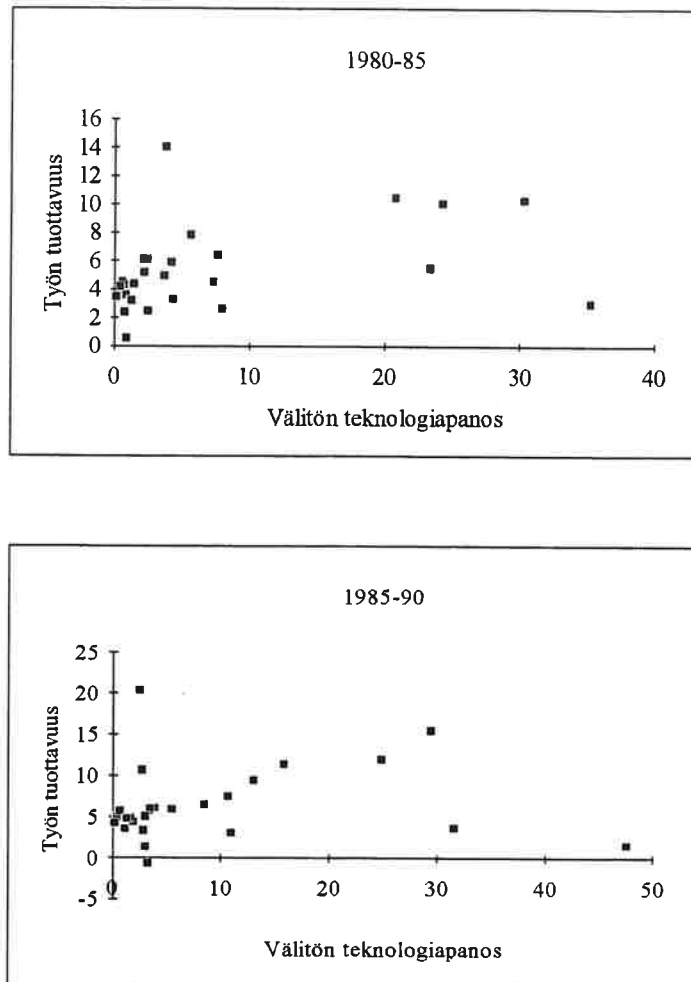
Tuottavuustarkastelua on täydennetty vastaavantyyppisillä työn tuottavuutta selittävillä malleilla. Teollisuustilaston aineistoa käyttämällä on voitu lisätä tarkasteltavien toimialojen määrää 27:ään. Laskettaessa toimialoittaisia työn tuottavuuden muutoksia ajanjaksoille 1980-85 ja 1985-90 aineistoa jouduttiin muokkaamaan uudestaan teollisuustilaston luokitusmuutosten ja toisaalta Tilastokeskuksen tutkimusintensiiteettiaineiston jossain määrin poikkeavien luokitusten vuoksi. Tehdyt ratkaisut ja työn tuottavuutta koskevat luvut on esitetty liitteessä 1 ja kuvioissa 5a ja 5b.

Kuten kuvioista havaitaan, tuottavuus vaihtelee huomattavasti toimialoittain. Vaihtelut ovat erityisen suuria työn tuottavuuden osalta, mikä ainakin osittain aiheutuu siitä, että tarkastellaan pienempiä toimialakokonaisuuksia. Toimialat on kuvioissa 5a ja 5b esitet-

Kuvio 6. Toimialoittainen kokonaistuottavuuden muutos keskimäärin v. 1980-85 ja välitön teknologiapanos v. 1981 (yläkuva) sekä kokonaistuottavuuden muutos keskimäärin v. 1985-91 ja välitön teknologiapanos v. 1985 (alakuva), %



Kuvio 7. Toimialoittainen työn tuottavuuden muutos keskimäärin v. 1980-85 ja välitön teknologiapanos v. 1981 (yläkuva) sekä työn tuottavuuden muutos keskimäärin v. 1985-90 ja välitön teknologiapanos v. 1985 (alakuva), %



ty vuosien 1980-85 keskimääräisen työn tuottavuuden mukaisessa järjestyksessä. Kuvioista nähdään myös se, että tuottavuuskehityksessä tapahtuu suuria muutoksia ajan kuluessa. Vuosina 1980-85 työn tuottavuus kasvoi erityisen nopeasti instrumenttien, tietoliikennevälineiden, tietokoneiden ja työstökoneiden valmistuksessa. Jälkimmäisellä periodilla (1985-90) nopean tuottavuuden kasvun aloja olivat tietoliikennevälineiden ja tietokoneiden valmistuksen ohella mm. kiskoilla kulkevien liikennevälineiden ja teollisuussähkökoneiden valmistus. Työn tuottavuuden kasvu on useimmilla toimialoilla nopeutunut. Sen sijaan kokonaistuottavuuden kasvu on keskimäärin hidastunut 1980-luvun jälkipuoliskolla sen alkupuoliskoon verrattuna.

Kuvioissa 6 ja 7 on vielä esitetty tuottavuuslukujen ja välitöntä teknologiapanosta (omasta tutkimuspanostuksesta muodostuvaa panosta) koskevien lukujen toimialoit-

taiset hajonnat kummallakin periodilla. Kuvioissa huomattava osa toimialoja koskevista havaintopisteistä sijoittuu varsin lähelle toisiaan, ja sekä tuottavuuskehityksen että välittömän teknologiapanoksen osalta itseisarvoltaan suuret luvut ovat poikkeuksia. Kuvioiden perusteella tuottavuuden ja välittömän teknologiapanoksen yhteys toisiinsa ei näytä ainakaan täysin suoraviivaiselta.

4 Eri teknologiapanosten tuottavuusvaikutukset

4.1 Teknologiaapanosten vaikutukset kokonaistuottavuuden muutoksiin

Seuraavassa tarkastellaan aluksi sellaisilla lineaarisilla regressiomalleilla saatuja estimointituloksia, joissa selitettävänä muuttujana on vuosien 1980-85 keskimääräinen vuosittainen kokonaistuottavuuden prosenttimuutos. Sen jälkeen tuloksia verrataan tuloksiin, jotka on saatu kun selitettävänä on myöhempää periodia (1985-91) koskeva kokonaistuottavuuden muutos sekä molemmat periodit kattavalla yhdistetyllä aineistolla saatuihin tuloksiin. Toimialoja on tarkasteluissa mukana 16. Muuttujasymbolien sisältö on esitetty taulukossa 1. Taulukossa 2 on esitetty perustulokset malleista, joissa on selittäjinä eri teknologiapanokset hieman eri tavoin ryhmiteltyinä (mallit T1-T6).

Taulukko 1. Regressioanalyseissä mukana olevat muuttujat

Muuttujan symboli taulukoissa	Muuttujan sisältö
tf	kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos tietyssä ajanjaksona
lpro	työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos tietyssä ajanjaksona
dti	välitön teknologiaintensiteetti, yritysten T&K-menoista muodostetun teknologiavarannon suhde tuotannon bruttoarvoon, %
hii	kotimaisiin välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
fii	ulkomaisiin välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
hci	kotimaiseen pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
fci	ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
spq	toimialan vastaanottamat tahattomat teknologiavirrat/tuotannon bruttoarvo, %
tind	hii + fii + hci + fci, välillisen (välituotteisiin ja pääomapanokseen sisältyvän) teknologian intensiteetti yhteensä
tii	hii + fii, välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti yhteensä
tci	hci + fci, pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti yhteensä
hti	hii + hci, kotimaisen välillisen teknologian intensiteetti yhteensä
fti	fii + fci, ulkomaisen välillisen teknologian intensiteetti yhteensä
timed	dummy-muuttuja, periodilla 1980-85 = 0, periodilla 1985-90 = 1

Taulukko 2. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana on kokonais-tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos (%) v. 1980-85

Muuttuja	Malli T1	Malli T2	Malli T3	Malli T4	Malli T5	Malli T6
Vakio	2,2478 (4,61)	3,1774 (2,51)	3,8300 (3,23)	3,3721 (2,81)	4,1378 (3,15)	3,3945 (2,63)
dti81	0,1398 (1,68)	0,1789 (1,84)	-0,2017 (-0,96)	-0,2777 (-1,32)	-0,2764 (-1,12)	-0,3034 (-1,22)
tind81		-0,3385 (-0,80)	-0,5007 (-1,28)			
spq85			0,6189 (1,99)	0,8177 (2,44)	0,6943 (2,04)	0,8334 (2,28)
tii				-0,9126 (-1,88)		
tci				0,2291 (0,35)		
hti					-1,0452 (-1,10)	
fti					-0,2325 (-0,40)	
hii						-1,2075 (-1,17)
fii						-0,8544 (-1,34)
hci						-3,77 (-1,27)
fci						1,8805 (1,42)
Korjattu R²	0,1090	0,0853	0,2553	0,3027	0,2161	0,3117
SEE	1,5760	1,5968	1,4409	1,3942	1,4783	1,3852
F-arvo	2,8346	1,6992	2,7137	2,6281	2,0338	2,1319
Havaintojen lukumäärä	16	16	16	16	16	16

t-arvot suluissa kertoimien arvon alapuolella.

Malli T1 on perusmalli, johon tuloksia voidaan verrata; siinä on selittävänä muuttujana vain yritysten oma tutkimuspanostus (dti) vuonna 1981. Tällainen malli vastaa aikaisemmissa koti- ja ulkomaisissa tutkimuksissa yleisimmin käytettyä tarkastelutapaa. Mallin mukaan dti:n kerroin on positiivinen mutta merkitsevä vain 10 prosentin tasolla, ja lisäksi valtaosa selittävän muuttujan vaihtelusta jää selittämättä. Mallissa T2 selittäväksi muuttujaksi on lisätty koko välillisen teknologian, ts. välituotteisiin ja pääomapanokseen sisältyvän teknologian, intensiteetti (tind) ja mallissa T3 lisäksi tahattomat teknologiavirrat tuotannon bruttoarvoon suhteutettuina (spq). Mallissa T2 dti:n kerroin on merkitsevä 5 prosentin tasolla, mutta spq:n mukaanotto (malli T3) vaikuttaa siten, että dti:n kerroin muodostuu negatiiviseksi ja ei-merkitseväksi, tahattomia teknologiavirtoja kuvaavan muuttujan kerroin sen sijaan on positiivinen ja merkitsevä. Muuttujien lähempi tarkastelu osoittaa, että dti ja spq ovat hyvin voimakkaasti korreloituneita (taulukko 3). Muuttujien väliset mahdolliset riippuvuudet saattavat vaikuttaa kertoimien arvoon. Vastoin odotuksia myös tind-muuttujan kerroin on negatiivinen ja ei-merkitsevä.

Malleissa T4-T6 välillisen teknologian intensiteetti on jaettu komponentteihinsa eri tavoin: mallissa T4 ovat erikseen välipanoksiin ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia, mallissa T5 koti- ja ulkomainen välillinen teknologia ja mallissa T6 erikseen kaikki neljä eri komponenttia (koti- ja ulkomaisiin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia). Kaikissa kolmessa tapauksessa tahattomien teknologiavirtojen vaikutus näyttäisi olevan positiivinen ja merkitsevä, mutta muiden teknologiapanosten vaikutus enimmäkseen negatiivinen ja ei-merkitsevä. Poikkeuksen muodostaa ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvä teknologia (fci) mallissa T6, jonka vaikutus on positiivinen. Muuttujien välisten voimakkaiden korrelaatioiden (taulukko 3) vuoksi kertoimista ei kuitenkaan voida sanoa näiden tulosten perusteella mitään kovin varmaa. Vaikka vapausasteilla korjatut selitysasteet ovatkin malleissa T3-T6 selvästi korkeampia kuin perusmallissa T1, ne jäävät edelleen huolestuttavan alhaisiksi. Nämä mallispesifikaatiot eivät näytä riittävästi pystyvän kuvaamaan muuttujien välisiä vaikutussuhteita.

Taulukko 3. Selittävien muuttujien korrelaatiot

	dti81	tind81	hii81	fii81	hci81	fci81	spq85	tii81	tci81	hti81	fti81
dti81	1										
tind81	0,5029	1									
hii81	0,1068	0,5834	1								
fii81	0,6758	0,7747	0,2718	1							
hci81	-0,087	0,3295	-0,000	-0,154	1						
fci81	-0,010	0,4703	0,0211	-0,038	0,7476	1					
spq85	0,9326	0,5340	0,2912	0,6817	-0,174	-0,090	1				
tii81	0,5828	0,8656	0,6443	0,9111	-0,123	-0,021	0,6665	1			
tci81	-0,036	0,4514	0,0153	-0,079	0,8754	0,9755	-0,123	-0,056	1		
hti81	0,0635	0,6664	0,9173	0,1880	0,3979	0,3170	0,1979	0,5423	0,3625	1	
fti81	0,6060	0,9184	0,2554	0,8858	0,2080	0,4300	0,5742	0,8133	0,3819	0,3171	1

Taulukko 4. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana on kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.

Muuttuja	Malli T7	Malli T8	Malli T9	Malli T10
Vakio	3,4140 (2,64)	5,1006 (2,43)	3,1941 (2,41)	3,0997 (2,47)
dti81	-0,0255 (-0,09)	-1,0018 (-1,00)	0,2154 (0,51)	0,5646 (1,19)
tind81	-0,4886 (-1,23)	-1,1333 (-1,52)		
spq85	0,6999 (2,13)	0,8889 (2,36)	0,1703 (0,33)	-0,6114 (-0,80)
dti*spq	-0,0183 (-0,86)	-0,0927 (-1,22)		0,2573 (1,34)
dti*tind		0,3657 (1,02)		
spq*fii			0,8238 (1,62)	0,6352 (1,27)
dti*fii			-0,5627 (-1,75)	-1,6892 (-1,89)
hii81			-1,5702 (-1,46)	-1,9438 (-1,84)
fii81			-0,6176 (-0,97)	1,8630 (0,96)
hci81			-4,1688 (-1,48)	-3,7797 (-1,41)
fci81			2,0958 (1,64)	1,8031 (1,47)
Korjattu R²	0,2386	0,2414	0,3864	0,4496
SEE	1,4569	1,4542	1,3079	1,2387
F-arvo	2,1753	1,9547	2,1807	2,3612
Havaintojen lukumäärä	16	16	16	16

t-arvot sulussa kertoimien arvon alapuolella.

Taulukko 5. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonais-
tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1985-91

Muuttuja	Malli T11	Malli T12	Malli T13	Malli T14	Malli T15
Vakio	1,0106 (2,32)	2,5182 (2,46)	2,7078 (2,30)	2,5833 (2,18)	2,9897 (1,95)
diti85	0,1952 (3,19)	0,2585 (3,85)	0,2449 (3,12)	0,2583 (3,69)	0,2374 (2,69)
tind85		-0,4287 (-1,78)			
spq89		0,0154 (0,44)	0,0121 (0,33)	0,0151 (0,42)	0,0100 (0,25)
tii85			-0,3617 (-1,18)		
tci85			-0,5615 (-1,30)		
hti85				-0,5233 (-0,65)	
fti85				-0,3870 (-0,91)	
hii85					-0,5760 (-0,64)
fii85					-0,2544 (-0,46)
hci85					0,1469 (0,05)
fci85					-0,9138 (-0,67)
Korjattu R²	0,3810	0,4579	0,4162	0,4098	0,2984
SEE	1,3635	1,2759	1,3241	1,3314	1,4516
F-arvo	10,2307	5,2242	3,6734	3,6033	2,0633
Havaintojen lukumäärä	16	16	16	16	16

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella.

Taulukossa 4 esitetyissä malleissa T7-T10 on pyritty ottamaan osittain huomioon selittävien muuttujien välillä vallitsevia riippuvuuksia lisäämällä malleihin vuorovaikutustekijöitä, jotka muodostuvat kahden selittävän muuttujan tuloina. Tulokset eivät kuitenkaan muodostu oleellisesti paremmiksi kuin taulukossa 2 esitetyt.

Vuorovaikutustekijöistä $dti \cdot fii$ on negatiivinen ja 5 prosentin merkitsevyydeltään tuntu-
massa, mutta sen molempien osatekijöiden kertoimet ovat ei-merkitseviä, joten näiden muuttujien kokonaisvaikutus ei tässä täsmenny. Tässä tarkastellut mallit viittavat siihen, että eri teknologiakomponentit ovat mukana vaikuttamassa kokonaistuottavuuden kehitykseen, mutta näiden mallispesifikaatioiden avulla näitä vaikutuksia ei saada riittävästi erotelluiksi toisistaan.

Seuraavaksi tarkastellaan jälkimmäistä tarkasteluperiodia koskevilla regressiomalleilla saatuja estimointituloksia. Selitettävänä muuttujana on vuosien 1985-91 keskimääräinen vuosittainen kokonaistuottavuuden prosenttimuutos. Taulukossa 5 on esitetty perustulokset malleista, joissa on selittäjinä eri teknologiapanokset eri tavoin ryhmiteltyinä (mallit T12-T15). Kussakin näistä neljästä mallista on selittäjinä yritysten oma T&K-panostus (dti) sekä tahattomat teknologiavirratt (spq). Lisäksi selittäjinä ovat väli- ja pääomapanoksiin sisältyvät teknologiapanokset, mallissa T13 jaoteltuina kokonaisvälipankoksiin ja kokonaisinvestointipankoksiin, mallissa T14 kotimaisiin panoksiin ja ulkomaisiin panoksiin sekä mallissa T15 erikseen kaikki neljä eri komponenttia: koti- ja ulkomaisiin väliuote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia. Vertailun vuoksi malli t1 sisältää jälleen vain yritysten oman tutkimuspanostuksen.

Tulokset poikkeavat aikaisempaa periodia koskevista tuloksista. Kaikissa viidessä mallissa oman tutkimuspanostuksen kerroin on positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan useiden muiden teknologiakomponenttien kertoimet ovat jälleen negatiivisia,

Taulukko 6. Selittävien muuttujien korrelaatiot

	dti85	tind85	hii85	fii85	hci85	fci85	spq89	tii85	tci85	hti85	fti85
dti85	1										
tind85	0,5150	1									
hii85	0,4700	0,6763	1								
fii85	0,6576	0,8413	0,6318	1							
hci85	-0,044	0,4774	-0,101	0,0465	1						
fci85	-0,158	0,4265	-0,135	-0,054	0,8735	1					
spq89	-0,013	-0,214	-0,086	-0,031	-0,285	-0,327	1				
tii85	0,6493	0,8591	0,8314	0,9560	-0,005	-0,090	-0,055	1			
tci85	-0,125	0,4552	-0,128	-0,023	0,9393	0,9875	-0,323	-0,065	1		
hti85	0,4198	0,8522	0,8895	0,6126	0,3649	0,2753	-0,211	0,7758	0,3119	1	
fti85	0,5066	0,9649	0,4954	0,8642	0,4816	0,4558	-0,192	0,8070	0,4773	0,6848	1

Taulukko 7. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1985-91. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.

Muuttuja	Malli T16	Malli T17	Malli T18	Malli T19
Vakio	3,1497 (2,39)	-3,6288 (-0,79)	2,3722 (1,18)	2,7514 (2,41)
d_{ti}85	0,2366 (2,82)	0,6594 (2,16)	0,3001 (1,68)	0,1929 (1,38)
h_{ii}85	-0,6052 (-0,71)	5,4306 (1,23)		
f_{ii}85	-0,2464 (-0,47)	1,0711 (0,50)		
h_{ci}85	0,1462 (0,05)	-1,1203 (-0,42)		
f_{ci}85	-0,9717 (-0,76)	-0,9344 (-0,65)		
sp_q89		13,5768 (2,21)	6,138 (1,82)	-0,0139 (-0,21)
d_{ti}85*sp_q89		0,6118 (2,20)	0,2825 (1,76)	0,0113 (0,54)
h_{ii}85*f_{ii}85		-1,1733 (-0,78)	0,2862 (0,27)	
f_{ii}85*sp_q89		-7,4306 (-2,17)	-3,8116 (-1,66)	
h_{ii}85*sp_q89		-11,4255 (-2,20)	-4,9138 (-1,87)	
h_{ii}*f_{ii}*sp_q89		2,7563 (2,21)	1,4014 (1,73)	
t_{ii}85			-0,3309 (-0,18)	
t_{ci}85			-0,6302 (-1,20)	
t_{ind}85				-0,4358 (-1,75)
Korjattu R²	0,3643	0,5086	0,4993	0,4238
SEE	1,3817	1,2148	1,2263	1,3155
F-arvo	2,7196	2,4114	2,6621	3,7584
Havaintojen lukumäärä	16	16	16	16

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella.

ja koko välillisen teknologian intensiteettin (tind) kerroin mallissa T12 lisäksi tilastollisesti merkitsevä, mutta muilta osin kertoimet jäävät alle merkitsevyystason. Kaikissa tapauksissa vapausastekorjattu selitysaste (R^2) on kuitenkin kohtalaisen korkea.

Myös tällä periodilla useat selittävästä muuttujista ovat keskenään korreloituneita, jotkut vieläpä hyvin voimakkaasti (taulukko 6). Näin ollen mahdolliset muuttujien väliset riippuvuudet saattavat olla osaselitys sille, että perusmalleilla ei saatu odotusten mukaisia tuloksia. On myös mahdollista, että kokonaistuottavuuden muutoksen ja tarkastelujen selittävien muuttujien välinen riippuvuus ei ole lineaarinen, kuten malleissa on oletettu. Näin ollen konstruointiin myös tälle periodille vaihtoehtoiset mallit, joissa tarkasteluun on otettu myös vuorovaikutustermejä. Ne on saatu kertomalla kaksi voimakkaasti korreloitunutta muuttujaa keskenään. Näitä tuloksia on esitetty taulukossa 7.

Malli T16 ei sisällä vuorovaikutustekijöitä eikä tahattomia teknologiavirtoja, mutta sen selitysaste muodostuu korkeammaksi kuin mallin T15. Mallissa T17 ovat mukana oma T&K, koti- ja ulkomainen välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvä teknologia, tahattomat teknologiavirratt sekä viisi vuorovaikutustermiä. Viimeksimainituista neljä on tilastollisesti merkitseviä, samoin kuin oman tutkimuspanostuksen (dti) ja tahattomien teknologiavirtojen (spq) kertoimet. Selittäviä muuttujia on tässä mallissa runsaasti havaintojen lukumäärään nähden, mutta vapausasteilla korjattu selitysaste nousee kuitenkin kohtuullisen korkeaksi. Sen sijaan malli T18, jossa välillisen teknologian komponentit on yhdistetty kahdeksi tekijäksi, välituotteisiin sisältyväksi teknologiaksi (tii) ja pääomapanokseen sisältyväksi intensiteetiksi (tci), tuottaa hieman "huonommat" tulokset. Myös malli T19, johon on malliin T12 verrattuna lisätty yksi vuorovaikutustekijä (dti*spq), tuottaa vähemmän tyydyttävän tuloksen.

Jälkimmäistä periodia koskevista malleista T17 näyttää siis tuottavan parhaat tulokset, tosin sekin varauksin. Osa selittävästä muuttujista ei saa merkitsevää kerrointa, joten niiden vaikutukset eivät tällä mallilla täsmenny. Perusmuuttujien kertoimista on myös huomattava, että niitä tulkittaessa on otettava huomioon myös vuorovaikutustekijöiden vaikutus. Siten mallissa T17 dti:n kerroin on suuruudeltaan ($0,659 + 0,612 \text{ spq}$), eli spq:n keskiarvon kohdalla noin 1,55. Vastaavasti spq:n kerroin on vuorovaikutustermiin sisältyvien muuttujien keskiarvojen kohdalla ($13,58 + 0,612 \text{ dti} - 7,431 \text{ fii} - 11,426 \text{ hii} + 2,756 \text{ hii*fii}$) eli noin -0.93.

Näin ollen ainoastaan oman tutkimustoiminnan vaikutus kokonaistuottavuuden kasvuun olisi positiivinen ja spq:n vaikutus olisi negatiivinen. Muiden tekijöiden vaikutuksesta ei voida tehdä tämän tarkastelun perusteella johtopäätöksiä. Vakiotermi, joka periaatteessa sisältää muiden vaikuttavien, mutta mallista puuttuvien muuttujien vaikutuksen, on arvoltaan varsin suuri ja negatiivinen, mikä on lisäsyys pitää tuloksia vain osittain uskottavina. Puuttuvien selitystekijöiden lisäksi tuloksiin voi vaikuttaa mallin mahdollinen väärä spesifointi; eri tekijöiden välinen vuorovaikutus, jota kyllä ilmeisesti on olemassa, on ehkä luonteeltaan monimutkaisempaa kuin tässä mallissa on oletettu. Selvimältä näyttää näiden tarkastelujen perusteella se, että yritysten omalla tutkimustoiminnalla on tuottavuuskehitykseen positiivinen vaikutus. Muut teknologiapanokset näyttävät vaikuttavan tavalla, jota tässä ei vielä ole pystytty täsmentämään.

Taulukko 8. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1981-85 tai 1985-91 ja joissa aineistot on yhdistetty. Malleissa T24 ja T25 selittävinä muuttujina myös vuorovaikutustermejä.

Muuttuja	Malli T20	Malli T21	Malli T22	Malli T23	Malli T24	Malli T25
Vakio	3,1541 (4,47)	3,2047 (4,15)	3,1149 (4,10)	2,9535 (3,30)	4,1655 (2,66)	4,3120 (4,18)
timed	-0,6585 (-1,17)	-0,6343 (-1,07)	-0,6772 (-1,15)	-0,6185 (-0,99)	-0,8614 (-1,40)	-0,8107 (-1,38)
dti	0,2189 (3,79)	0,2147 (3,38)	0,2210 (3,67)	0,2241 (3,29)	0,3071 (1,76)	0,2093 (3,29)
tind	-0,3861 (-1,79)					
spq	0,0182 (0,50)	0,0169 (0,45)	0,0184 (0,50)	0,0176 (0,45)	0,0384 (1,00)	0,0361 (0,98)
tii		-0,3595 (-1,35)				
tci		-0,4410 (-1,16)				
hti			-0,2976 (-0,51)			
fti			-0,4296 (-1,24)			
hii				-0,1641 (-0,26)	-1,9589 (-1,90)	-1,8752 (-1,94)
fii				-0,4716 (-1,12)	-2,1587 (-2,50)	-2,0525 (-2,52)
hci				-1,8856 (-0,90)	-2,5826 (-0,85)	-2,5422 (-1,30)
fci				0,1932 (0,20)	0,9894 (0,68)	0,9262 (0,97)
hii*fii					1,2914 (2,19)	1,1586 (2,21)
dti*fii					-0,0368 (-0,60)	
hci*fii					-0,0024 (-0,002)	
Korjattu R²	0,3361	0,3114	0,3114	0,2732	0,3270	0,3748
SEE	1,4092	1,4351	1,4352	1,4745	1,4188	1,3648
F-arvo	4,9243	3,8044	3,8040	2,6643	2,5065	3,3229
Havaintojen lukumäärä	32	32	32	32	32	32

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella.

Vaikka tarkasteltuja periodeja, vuosia 1981-85 ja 1985-91, koskevat tulokset näyttävätkin olevan erilaisia, pyrittiin vielä löytämään lisävalaistusta kokonaistuottavuuden kehityksen ja teknologiamuuttujien vaikutukseen yhdistämällä näitä periodeja koskevat aineistot. Tällöin ajatuksena on se, että riippuvuudet pohjimmiltaan olisivat näillä periodeilla samantyyppisiä, vaikka sitä ei esimerkiksi pieniin aineistoihin liittyvien satunnaistekijöiden mahdollisen suuren vaikutuksen vuoksi saatu esiin, eli havaintojen määrän kasvattaminen voisi parantaa tuloksia. Yhdistettyä aineistoa käytettäessä otetaan kuitenkin huomioon se mahdollisuus, että periodien välillä olisi tasosiirtymätyyppinen ero. Näin ollen tarkasteluissa on mukana myös dummy-muuttuja, joka saa aikaisemmalla periodilla arvon 0 ja jälkimmäisellä periodilla arvon 1.

Näiden tarkastelujen tulokset on esitetty taulukossa 8. Mallit ovat vastaavanlaisia kuin edellä esitetyt osaperiodeja koskevat. Havaintojen määrän lisääminen ei näytä parantavan tuloksia, jotka yleisesti todettuna jäävät heikommiksi kuin jälkimmäistä periodia koskevat tulokset. Tästä voidaan päätellä, että periodien välillä on niin selviä eroja, että etsittyjen riippuvuuksien toteaminen niillä saman mallin avulla näyttää mahdottomalta. Aikadummy-muuttuja ei kuitenkaan muodostu merkitseväksi missään tarkastelluista malleista, joten periodien välinen ero on toisen tyyppinen kuin tässä oletettiin. Näissäkin tarkasteluissa osa muuttujien välisistä vuorovaikutustekijöistä näyttää muodostuvan merkitseviksi, mutta kokonaisuutena eri muuttujien vaikutukset jäävät täsmentymättä. Selvimmältä näyttää tässäkin oman tutkimustoiminnan vaikutus.

Osaperiodeja koskevien tulosten erot viittaavat siihen, että tahattomia teknologiavirtoja koskeva muuttuja ei ehkä riittävän tarkasti kuvaa tarkastelun kohteena olevaa ilmiötä, eikä varsinkaan siinä tapahtuneita muutoksia. Kuten kappaleessa 3.2 todettiin, tähän muuttujaan liittyy parikin ongelmaa. Ensinnäkin tahattomia teknologiavirtoja laskeuttaessa vuosille 1985 ja 1989 on käytettävissä oleviin tilastolähteisiin liittyvien syiden vuoksi jouduttu käyttämään tietoja, joiden välinen vertailukelpoisuus luokitusmuutosten vuoksi ei ehkä ole riittävä. Tähän viittaavat toimialoittaisten virtojen suuruuden vertailussa näiden vuosien välillä todetut varsin suuret erot (ks. Vuori 1993, kappale 2.2 ja liitetaulukko 8). Lisäksi tahattomia teknologiavirtoja koskeva muuttuja poikkeaa muista mallitarkasteluissa käytetyistä muuttujista siinä, että se on luonteeltaan virtamuuttuja, kun taas muut ovat varantomuuttujia. Tämän ongelman lieventämiseksi tehty ratkaisu - vuoden 1985 virtojen käyttäminen kuvaamaan aikaisemman ajankohdan (1981) "varantoa" ja vuoden 1989 virtojen käyttäminen kuvaamaan vuoden 1985 "varantoa" on parhaimmillaankin karkea arvio. Tulevissa tutkimuksissa onkin pyrittävä tahattomien teknologiavirtojen tarkempaan arviointiin.

Ei myöskään ole selvää, miten eri tekijöiden vaikutukset tuottavuuden kehitykseen ajoittuvat. Vaikka kyseessä on poikkileikkaustarkastelu, muuttujien valinnassa tehdyt ratkaisut saattavat vaikuttaa tuloksiin. Tämä koskee sekä tahattomia teknologiavirtoja että muita teknologiapanosmuuttujia. On mahdollista, että selitettäessä esimerkiksi vuotta 1981 koskevilla teknologiamuuttujilla vuosien 1980-85 tuottavuuskehityksen sijasta jonkin hieman poikkeavan periodin, esim. 1982-86, kehitystä, saataisiin "oikeammat", ja mahdollisesti paremmat tulokset. Esimerkiksi Griliches ja Lichtenberg (1984) ovat käyttäneet samantapaista menettelyä, ts. käyttäneet yhden vuoden tutkimusin-

tensiteettimuuttujia (tosin virtatyyppejä varantomuuttujien sijasta) selittäessään usean vuoden keskimääräistä tuottavuuskehitystä ja todenneet niiden olevan kohtalaisia liikiarvioita vastaavan periodin intensiteeteille, koska ne muuttuvat hitaasti. On tietysti mahdollista, että Suomessa, missä tutkimusmenot ovat kasvaneet kansainvälisesti vertailtuna hyvin nopeasti, tilanne olisi tässä suhteessa toisenlainen. Tässä ei kuitenkaan ole mahdollista tutkia tarkemmin teknologiaintensiteettien vaikutusten ajoittumista.

Tulokset herättävät myös kysymyksen siitä, olisiko 1980-luvun alku- ja jälkipuoliskoa koskevien tulosten erojen taustalla kenties todellinen ja merkittävä muutos. Tulosten mukaanhan oman tutkimustoiminnan positiivisista vaikutuksista kokonaistuottavuuskehitykseen jälkimmäisellä periodilla saatiin melko vahva näyttö. Tämä tulos poikkeaa aikaisemmista Suomea koskevista tuloksista, joiden mukaan vuosien 1964-83 aineiston perusteella oman tutkimustoiminnan tuottoasteet olivat alhaisia tai jäivät täsmenytymättä (ks. esim. Vuori 1992). Nyt tehty tutkimus poikkeaa mainitusta tutkimuksesta paitsi tarkasteluperiodin osalta myös sikäli, että nyt on aikasarjatarkastelun sijasta käytetty poikkileikkausanalyysia. Uudet tulokset viittaisivat siis siihen, että voimakkaasti kasvaneet T&K-investoinnit olisivat 1980-luvun lopulla vihdoinkin alkaneet tuottaa tulosta. Mikäli näin on pysyvämminkin, tämä on jälleen osoitus teknologiapanostusten kumulatiivisesta luonteesta: yhden tai muutamakaan vuoden tutkimustoiminta ei vielä riitä parantamaan yritysten menestymistä, vaan tarvitaan jatkuvaa tutkimusta ja osaamisen kartuttamista.

4.2 Teknologiaapanosten vaikutukset työn tuottavuuden muutoksiin

Seuraavassa tarkastellaan malleja, joissa on samat selittävät muuttujat kuin edellä kohdassa 4.1, mutta selitettävänä ovat kokonaistuottavuuden muutosten sijasta työn tuottavuuden muutokset. Tarkasteltavina ovat keskimääräiset vuosittaiset työn tuottavuuden muutokset periodeilla 1980-85 ja 1985-90 sekä nämä periodit yhdistettyinä. Havaintojen, ts. toimialojen lukumäärä on näissä tarkasteluissa 27, yhdistetylle aineistolle 54. Koska tahattomia teknologiavirtoja koskevia tietoja ei ole arvioitu vastaavalla toimialajaolla kuin tässä on sovellettu, tämä muuttuja puuttuu näistä tarkasteluista.

Taulukossa 9 on esitetty sekä aikaisempaa periodia (mallit L1-L3) että myöhäisempää periodia (mallit L4-L5) koskevia tuloksia. Mallit L1 ja L4 ovat mallien perusversioita, jotka sisältävät kaikki viisi teknologiapanosten lajia. Aikaisemmalla periodilla oman tutkimuspanoksen kerroin (dti) on selvästi merkitsevä, ja kotimaisen väliotuotepanosmuuttujan sekä ulkomaisen pääomapanosmuuttujan kertoimet ovat merkitseviä 10 prosentin merkitsevyydellä. Selittävien muuttujien vuorovaikutustermien mukaanottaminen ei näytä oleellisesti parantavan malleja (mallit L2 ja L3).

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset ovat selvästi heikompia kuin aikaisempaa periodia koskevat. Suoritettujen mallitarkastelujen mukaan edes yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutus ei yleensä muodostu merkitseväksi. Mallissa L5 ostetut

Taulukko 9. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85 (mallit L1-L3) tai v. 1985-90 (mallit L4-L5). Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.

Muuttuja	Malli L1	Malli L2	Malli L3	Malli L4	Malli L5
Vakio	0,9044 (0,4369)	4,2155 (1,2639)	4,6374 (1,5083)	4,9003 (1,4795)	9,2154 (2,2224)
dti81(85)	0,1775 (2,0063)	0,2674 (2,1129)	0,2493 (2,1755)	0,0190 (0,2166)	0,3615 (1,1172)
hii81(85)	2,0790 (1,6638)	2,0496 (1,4321)	2,2844 (1,8097)	1,6672 (1,4963)	
fii81(85)	-0,5035 (-1,0701)	-0,1124 (-0,0655)	-0,5178 (-0,3933)	-0,4537 (-0,9013)	
hci81(85)	-5,7324 (-1,0645)	-13,9989 (-1,4137)	-15,0722 (-1,6246)	6,6025 (0,8462)	
fci81(85)	3,5861 (1,5627)	-0,0838 (-0,0242)	-0,3926 (-0,1194)	-3,0036 (-0,8332)	
hci*fci		7,6391 (1,0443)	8,4169 (1,2262)		
fii*fci		-0,5258 (-0,5975)	-0,4775 (-0,5612)		
dti*fii		-0,0134 (-0,3810)			
hti85					-1,8501 (-0,7589)
fti85					-2,9010 (-2,0800)
dti*hti					-0,1908 (-1,2412)
hti*fti					1,5211 (1,7945)
Korjattu R ²	0,1644	0,1635	0,2011	-0,0220	0,0944
SEE	2,7458	2,7473	2,6848	4,5095	4,2450
F-arvo	2,0229	1,6352	1,9352	0,8882	1,5420
Havaintojen lukumäärä	27	27	27	27	27

t-arvot suluissa kertoimien arvon alapuolella.

Taulukko 10. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85 tai v. 1985-90 ja joissa ai-neistot on yhdistetty. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.

Muuttuja	Malli L6	Malli L7	Malli L8	Malli L9
Vakio	3,1410 (1,8763)	3,1064 (1,8797)	2,1308 (1,0025)	5,8001 (2,5274)
timed	0,3222 (0,2633)			
dti	0,0761 (1,2736)	0,0778 (1,3234)	0,2672 (1,6336)	0,5446 (2,7765)
fii	-0,2624 (-0,8004)	-0,2829 (-0,8969)		
hii	1,6083 (2,0983)	1,6841 (2,3937)		
hci	-0,7970 (-0,1732)	-0,3441 (-0,0814)		
fci	0,5938 (0,2914)	0,5213 (0,2607)		
tii			1,0359 (1,5549)	
tci			1,1387 (1,0442)	
dti*tii			-0,0258 (-1,1129)	
dti*tci			-0,0676 (-0,8003)	
tii*tci			-0,2888 (-1,4691)	
hti				-0,4478 (-0,3184)
fti				-2,3009 (-2,1636)
dti*hti				-0,2124 (-1,9594)
dti*fti				-0,0154 (-0,7002)
hti*fti				1,2540 (2,1289)
Korjattu R²	0,0537	0,0720	0,0370	0,1691
SEE	3,7031	3,6670	3,7356	3,4700
F-arvo	1,5013	1,8230	1,3395	2,7976
Havaintojen lukumäärä	54	54	54	54

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella.

teknologiapanokset on yhdistetty kahdeksi muuttujaksi, kotimaiseksi ostetuksi panokseksi ja ulkomaiseksi ostetuksi panokseksi, ja lisäksi malli sisältää myös kaksi vuorovaikutustermiä. Näistä vain toinen oli merkitsevä. Lisäksi vakio-termi muodostuu epäilyttävän suureksi ja selitysaste alhaiseksi. Periodia koskevien tulosten "huonous" voi johtua monista tekijöistä, mutta vahva selitystekijäehdokaas on se, että tuottavuuslaskelmia varten tehdyt toimialaluokituskorjaukset eivät ehkä ole olleet riittävän yksityiskohtaisia, jolloin selittävien muuttujien ja selitettävän muuttujan luokitukset poikkeavat liikaa toisistaan jotta mahdollinen olemassaoleva toimialoittainen vaikutus voitaisiin havaita.

Taulukossa 10 on esitetty molemmat periodit sisältävällä yhdistetyllä aineistolla saatuja tuloksia. Mikäli tarkasteltavien muuttujien välinen riippuvuus olisi samantyyppinen molemmilla periodeilla, havaintojen määrän lisäämisen pitäisi periaatteessa vahvistaa saatuja tuloksia. Kun näin ei näytä olevan - joko todellisuudessa tai siksi että aineiston puutteellisuuksien vuoksi tätä ei saada esille - mallien selitysasteet jäävät vielä alhaisemmiksi kuin pelkästään aikaisempaa periodia koskevalla mallilla. Mallissa L6 on lisäselittäjänä periodia kuvaava dummy-muuttuja (aikaisemmalla periodilla arvoltaan 0, myöhemmällä 1), joka ei kuitenkaan muodostu merkitseväksi, ts. tasosiirtymätyyppistä eroa periodien välillä ei näyttäisi olevan.

Taulukon 10 tulokset poikkeavat mallien L1-L3 tuloksista mm. siten, että omaa tutkimuspanosta kuvaavan muuttujan d_{ti} kertoimen merkitsevyytaso on alempi, kun taas kotimaisiin välipanoksiin sisältyvä teknologia näyttää olevan voimakkaampi selitystekijä. Mallien tulokset näyttävät kuitenkin olevan varsin herkkiä käytetyille mallispesifikaatiolle. Mallissa L9 on kotimaiset ja ulkomaiset teknologiapanokset yhdistetty kahdeksi muuttujaksi ja mukana on tästä syystä myös eri vuorovaikutustekijöitä kuin mallissa L8; tällöin useiden selittäjien kertoimet muodostuvat merkitseviksi.

Tässä tarkastelluissa malleissa, joissa selitettävänä muuttujana on työn tuottavuuden muutos, varsin huomattava osa tämän muuttujan vaihtelusta jää selittämättä. Työn tuottavuuden kehitystä täytyisi siis selittää myös muilla tekijöillä kuin tässä esitetyillä, että päädyttäisiin tyydyttävään lopputulokseen. Pääomapanoksen muutoksilla voi olla huomattava vaikutus työn tuottavuuteen, joten sen jättäminen tarkastelun ulkopuolelle selittänee suuren osan eroista kokonaistuottavuuden selitysmalleihin verrattuna. Myös tahattomien teknologiavirtojen puuttuminen malleista vaikuttanee tuloksiin. Tässä tehtyjen tarkastelujen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että ainakin yritysten oma T&K-panostus ja kotimaisiin välituotteisiin sisältyvä teknologiapanos vaikuttaisivat myönteisesti yritysten työntuottavuuskehitykseen. Näitäkin tuloksia on vielä pidettävä alustavina.

5 Johtopäätökset

Tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia teollisuustoimialojen kokonaistuottavuus- ja työntuottavuuskehitykseen. Tarkastelussa mukana olevia teknologiapanoksia ovat yritysten oma tutkimustoiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituote- ja investointipanoksiin sisältyvä teknologia sekä tahattomat teknologiavirrat. Välillisten teknologiapanosten - välituotteisiin ja investointeihin sisältyvän teknologian - mukaanotto on tärkeää, koska useissa ulkomaisissa tutkimuksissa (ks. luku 1) on todettu, että niillä saattaa olla merkittävä ja jopa paljon suurempi vaikutus yritysten menestymiseen kuin niiden omalla tutkimustoiminnalla. Pienen maan yrityksille muiden kehittämällä teknologialla voi usein olla ratkaiseva merkitys.

Tutkimuksen mallitarkastelut suoritettiin poikkileikkausaineistoilla. Tarkasteltaessa vaikutuksia kokonaistuottavuuden kehitykseen mukana oli 16 tehdasteollisuuden toimialaa ja periodien 1980-85 ja 1985-91 keskimääräiset tuottavuuden muutokset, joita selitettiin vuosia 1981 ja 1985 koskevilla teknologiamuuttujilla. Analysoitaessa vaikutuksia työn tuottavuuden kehitykseen aineisto koski 27 toimialaa ja vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisiä tuottavuuden muutoksia.

Sekä kokonaistuottavuus- että työntuottavuustarkastelujen perusteella 1980-luvun alku- ja loppupuolisko näyttävät poikkeavan toisistaan siten, että eri teknologiapanokset vaikuttavat eri tavoin. Tulosten mukaan kokonaistuottavuuteen vaikuttivat aikaisemmalla periodilla voimakkaimmin tahattomat teknologiavirrat ja jälkimmäisellä periodilla yritysten oma tutkimustoiminta. Aikaisemmat tulokset huomioon ottaen tulokset viittaavat siihen, että yritysten oma T&K-toiminta olisi 1980-luvun loppupuoliskolla alkanut tuottaa parempia tuloksia - parantaa enemmän tuottavuutta - kuin 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa. Tästä tarvitaan kuitenkin vielä lisää näyttöä.

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset viittaavat myös siihen, että tahattomien teknologiavirtojen vaikutus kokonaistuottavuuteen voisi olla negatiivinen samanaikaisesti kun oman tutkimustoiminnan vaikutus on positiivinen. Myös joillekin muille teknologiamuuttujille saatiin mallispesifikaatiosta riippuen negatiivinen vaikutus. Tulosten tulokinnan tekee ongelmalliseksi se, että joidenkin selittävien muuttujien välillä näyttää olevan riippuvuuksia, joiden vaikutusta ei tässä toteutetulla tarkastelutavalla pystytä eliminoimaan. Tämän vuoksi yksittäisen muuttujan vaikutuksen suuruutta ei pystytä täsmällisesti osoittamaan. Eri tekijöiden positiivinen vaikutus ei kuitenkaan ole poissuljettu mahdollisuus näiden tarkastelujen perusteella.

Kun kumpaakin periodia koskevat aineistot yhdistettiin, tulokset eivät oleellisesti muuttuneet. Näiden tulosten mukaan oman tutkimustoiminnan vaikutukset kokonaistuottavuuteen näyttävät varsin voimakkailta. Välillisten teknologiapanosten vaikutukset näyttävät osaksi muodostuvan negatiivisiksi. Oman tutkimuspanoksen kerroin oli malleissa varsin tasaisesti 0,2:n suuruusluokkaa. Kerroin kuvaa kokonaistuottavuuden joustoa välittömän, ts. oman tutkimuspanoksen perusteella lasketun,

teknologiaintensiteetin suhteen. Näin ollen kun teknologiaintensiteetti nousee prosentin, kokonaistuottavuus kasvaisi 0,2 prosenttia. Tätä lukua on pidettävä lähinnä suunta-antavana, koska muiden teknologiapanosten vaikutukset jäivät osittain täsmentymättä. Luku ei ole suoraan vertailukelpoinen luvussa 1 esitettyihin aikaisempien tutkimustulosten mukaisiin tuottoasteisiin mm. koska tässä käytetyt intensiteetit perustuvat osaksi varantolaskelmiin.

Tarkasteltaessa vaikutuksia työn tuottavuuteen malleissa ei ollut mukana tahattomia teknologiavirtoja, mikä vaikuttanee ainakin jonkin verran tuloksiin. 1980-luvun alkupuoliskoa koskevien tulosten mukaan oman tutkimustoiminnan vaikutus työn tuottavuuden kehitykseen olisi merkitsevä. Myös kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvä teknologia näyttäisi vaikuttavan tuottavuuskehitykseen. Välittömän teknologiaintensiteetin kerroin oli noin 0,18-0,27, eli samaa suuruusluokkaa kuin kokonaistuottavuusmalleissa. Näihin kerroimiin liittyy kuitenkin suurempia varauksia mm. mallien alhaisten selitysasteiden takia. Malleista "puuttuu" tahattomien teknologiavirtojen lisäksi myös esim. pääomapanosta kuvaava muuttuja.

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset olivat heikompia kuin edellistä koskevat, eikä aineistojen yhdistäminen oleellisesti muuttanut tuloksia. Sekä kokonaistuottavuus- että työntuottavuusmalleissa näyttää yhtenä ongelmana vallitsevien riippuvuussuhteiden esillesaamisessa olevan se, että tarkasteltavat periodit ovat erilaisia, joko todellisuudessa tai siksi, että aineistoja ei ole saatu riittävän yhdenmukaisiksi mm. lukuisten luokitusmuutosten vuoksi.

Tiivistäen tuloksista voidaan todeta seuraavaa. Tulosten perusteella näyttää selvältä, että yritysten oma tutkimustoiminta parantaa toimialoittaista kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitystä. Myös muiden teknologiapanosten huomioonottaminen vaikutusten tarkastelussa on tärkeää, koska ne näyttävät vaikuttavan vuorovaikutuksessa oman tutkimuspanoksen kanssa. Mahdollisesti positiivisia vaikutuksia havaittiin myös tahattomien teknologiavirtojen sekä kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaisiin pääomapanoksiin sisältyvällä teknologialla. Eri teknologiamuuttujien väliset vuorovaikutussuhteet näyttävät kuitenkin olevan melko monimutkaisia, eikä niitä ole tässä tutkimuksessa riittävän täsmällisesti saatu selvitettyksi. Tarkempi analyysi jää myöhempien tutkimusten tehtäväksi.

Lähteet

- Bernstein, J.I. (1989). The structure of Canadian inter-industry R&D spillovers, and the rates of return to R&D, *Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXVII, No.3, p. 315-328.
- Bernstein, J.I. and M.I. Nadiri (1988), Interindustry R&D spillovers, rates of return, and production in high-tech industries, *American Economic Review*, AEA Papers and Proceedings, Vol. 78, No. 2, May, p. 429-434.
- Englander, A.S., R. Evenson and M. Hanazaki (1988), R&D, innovation and the total factor productivity slowdown. *OECD Economic Studies*, No. 11, Autumn, Paris: OECD.
- Globerman, S. (1980), Comment (ks. Terleckyj 1980), in: Kendrick and Vaccara (1980), p. 377-386.
- Goto, A. and K. Suzuki (1989), R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXXI, No. 4, November, p. 555-564.
- Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984), Interindustry technology flows and productivity growth: a reexamination, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXVI, No. 2, May, p. 324-329.
- Jaffe, A.B. (1986), Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits, and market value, *American Economic Review*, Vol. 76, No. 5, December, pp. 984-1001.
- Kendrick, J.W. and B.N. Vaccara (eds.)(1980), *New developments in productivity measurement and analysis. NBER Studies in income and wealth, Volume 44.* Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Link, A.N. (1983), Inter-firm technology flows and productivity growth, *Economics Letters*, Vol. 11, p. 179-184.
- Papaconstantinou, G. and A. Wyckoff (1992), Technology diffusion: Tracing the flows of embodied R&D in six major OECD countries, Paper submitted for the Seventh Congress of the European Economic Association, August 29-31, 1992, Dublin, Ireland.
- Patel, P. and L. Soete (1988), *Measuring the economic effects of technology*, Paris: OECD, STI Review, No. 4, December.
- Scherer, F.M. (1982), Inter-industry technology flows and productivity growth, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, No. 4, p. 627-634.
- Scherer, F.M. (1984), Using linked patent and R&D data to measure inter-industry technology flows, in: Griliches, Z. (ed.), *R&D, patents, and productivity*, Chicago and London: The University of Chicago Press, p. 417-464.

Schmookler, J. (1966), *Invention and economic growth*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Sveikauskas, L. (1981), Technological inputs and multifactor productivity growth, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXIII, No. 2, May, p. 275-282.

Teollisuustilasto 1980, osa 1 (1982), Helsinki: Tilastokeskus, SVT XVIII A:101.

Teollisuustilasto 1985, osa 1 (1987), Helsinki: Tilastokeskus, SVT XVIII A:106.

Teollisuuden vuosikirja 1990, osa 1 (1990), Helsinki: Tilastokeskus, SVT, Teollisuus 1990:16.

Teollisuuden vuosikirja 1992, osa 1 (1992), Helsinki: Tilastokeskus, Teollisuus 1992:7.

Terleckyj, N.E. (1980), Direct and indirect effects of industrial research and development on the productivity growth of industries, in: Kendrick and Vaccara (1980), p. 359-386.

Virtaharju, M. and M. Åkerblom (1993), Technology intensity of Finnish manufacturing industries, Helsinki: Statistics Finland (Tilastokeskus), SVT, Science and Technology 1993:3.

Vuori, S. (1984), Kokonaistuottavuus ja tutkimus- ja kehitystoiminnan tuottoaste Suomen ja Ruotsin teollisuustoimialoilla v. 1964-80. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Sarja C 32.

Vuori, S. (1991), Teknologiapanosten vaikutukset ja teknologian diffuusio: kirjallisuuskatsaus. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita No. 382.

Vuori, S. (1992), R&D, technology diffusion and productivity performance in Finnish manufacturing industries, in: Vuori, S. and P. Ylä-Anttila (eds.), *Mastering technology diffusion - The Finnish experience*. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy, Series B 82.

Vuori, S. (1993), Tahattomat teknologiavirrat Suomen teollisuudessa. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita No. 443.

Wyatt, G. (1983), Multifactor productivity change in Finnish and Swedish industries, 1960 to 1983. Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy, Series B No. 38.

Liite 1.

Vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisten työn tuottavuuden muutosten laskeminen

Toimialoittaiset vuosien 1980-85 keskimääräiset työn tuottavuuden muutokset on laskettu Tilastokeskuksen julkaisemien, vuosia 1980 ja 1985 koskevien teollisuustilastojen pohjalta (Teollisuustilasto 1980, osa 1 ja Teollisuustilasto 1985, osa 1). Toimialoja on yhdistetty siten, että ne mahdollisimman hyvin vastaisivat Tilastokeskuksen laatiman teknologiaintensiteettiselvityksen aineiston luokitusta (Virtaharju-Åkerblom 1993). Lisäksi on yhdistetty toimialat kemikaalit ja muut kemialliset tuotteet (toimialat 351 ja 352 pl. 3522) toimialaksi kemikaalit pl. lääkkeit, koska vastaava yhdistely jouduttiin suorittamaan myös vuosien 1985-1990 osalta. Tarkastelussa on näin ollen mukana 27 toimialaa, eli yksi vähemmän kuin em. teknologiaintensiteettiselvityksessä. Käytetyn luokituksen sisältö on esitetty taulukossa L1.

Tuotannon volyymin muutos on saatu erikseen Tilastokeskuksesta vuotta 1985 koskevista taulukoista, joissa on esitetty teollisuustuotannon toimialoittaiset volyyymi-indeksit 6-numerotasolla vuodelle 1985 siten, että perusvuotena on 1980. Julkaistussa tilastossa indeksit on esitetty vain 3-numerotasolla, ja tarkemmat tiedot tarvittiin toimialojen uudelleenryhmittelyn vuoksi. Niiltä osin kuin toimialoja on jouduttu aggregoimaan tai jakamaan uudestaan tavoiteltuun luokitukseen pääsemiseksi, volyyymi-indeksit on painotettu yhteen vastaavilla vuoden 1980 jalostusarvoilla. Työpanosmuuttujana on käytetty palkansaajien (toimihenkilöt + työntekijät) tekemien työtuntien määrää.

Vuosien 1985-90 keskimääräisiä työn tuottavuuden muutoksia laskettaessa tietoja jouduttiin ryhmittelemään uudelleen paljon enemmän kuin edellistä viisivuotisperiodia koskevia tietoja. Perustiedot saatiin vuosia 1985 ja 1990 koskevista teollisuustilastoista (Teollisuustilasto 1985, osa 1 ja Teollisuuden vuosikirja osa 1, Teollisuus 1992:7). Mainittujen vuosien tiedot on julkaistu eri toimialaluokitusten (toimialaluokitus 1979 ja toimialaluokitus 1988) mukaisina, minkä lisäksi tietoja on osittain jouduttu ryhmittelemään uudelleen vertailukelpoisuuden aikaansaamiseksi edellä mainitun teknologiaintensiteettiselvityksen aineiston luokituksen kanssa. Koska viimeksimainittukin perustuu kahteen eri luokitukseen (tutkimustilastoissa käytetyt vuosien 1985 ja 1989 luokitukset), täydelliseen yhdenmukaisuuteen ei ilmeisesti ole mahdollista päästä.

Tuotannon volyymin muutos on saatu vuotta 1990 koskevasta tilastosta, jossa on esitetty teollisuustuotannon toimialoittaiset volyyymi-indeksit vuodelle 1990 siten, että perusvuotena on 1985. Tässä yhteydessä tietoja uudelleen ryhmiteltäessä volyyymi-indeksit on painotettu yhteen vastaavilla vuoden 1985 jalostusarvoilla. Työpanosmuuttujana myös vuosille 1985 ja 1990 on käytetty palkansaajien tekemien työtuntien määrää. Vuoden 1985 tietoja on jouduttu ryhmittelemään paremmin vuoden 1990 tietoja vastaaviksi useilla toimialoilla. Tällöin on käytetty jakoperusteena vuoden 1988 teollisuustilastossa esitettyjä tietoja luokitusten vastaavuudesta (Teollisuuden vuosikirja osa

1, Teollisuus 1990:16, taulu C). Tässä yhteydessä on oletettu, että vuonna 1985 eri tuoteryhmien jalostusarvo-osuudet ja osuudet henkilökunnasta vastaavat vuoden 1988 osuuksia, ja lisäksi että työtunnit ovat jakautuneet vastaavasti kuin henkilökunnan määrä.

Jälkimmäisellä tarkasteluperiodilla toimialat kemikaalit (vuoden 1988 luokituksessa toimialat 181-185) ja muut kemian tuotteet (toimialat 186, 188 ja 189) on yhdistetty toimialaksi kemikaalit pl. lääkkeet, koska eri alaryhmiä koskevat tiedot eivät olleet riittävän yksityiskohtaisia. Joidenkin toimialojen kohdalla on lisäksi jouduttu ryhmittelemään tietoja hieman teollisuustilaston luokituksista poikkeavasti. Perodia 1985-1990 koskevien tietojen luokituksessa sovelletut ratkaisut käyvät ilmi taulukosta L2.

Keskimääräinen työn tuottavuuden vuotuinen muutos periodille 1985-1990 on laskettu tuotannon volyymin muutoksen ja työtuntien määrän muutoksen suhteesta "korkoa korolle" -periaatteella. Saadut keskimääräiset tuottavuuden muutokset vaihtelevat toimialoittain huomattavasti, aikaisemmalla periodilla välillä 2,4 - 14% ja jälkimmäisellä periodilla välillä -0,6 - 20,4% (ks. taulukko L3). Tehtyjen luokitusratkaisujen vuoksi laskettuihin tuottavuuden kasvulukuihin liittyy jonkin verran epävarmuutta, mutta pääpiirteittäin luvut kuvastanevat kohtuullisen hyvin toimialoittaisia eroja tuottavuuskehityksessä. Todettakoon lisäksi, että joiltakin osin toimialasisältö tarkastelluilla kahdella periodilla poikkeaa hieman toisistaan.

Taulukko L1. Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1980-1985 sovellettu toimialaluokitus

Toimiala	Sisältää vuosina 1985 ja 1980 luokat
Elintarvikkeet	31
Tekstiilit	321, 322
Nahkatuotteet	323, 324
Puutavarat	331
Kalusteet	332, 3812
Massa, paperi	341
Graafiset tuotteet	342
Kemikaalit pl. lääkkeet	351, 352 pl. 3522
Lääkkeet	3522
Maaöljy-, ja kivihiihtuotteet	353, 354
Kumi-, muovituotteet	355, 356
Posliini, lasi	36
Metallit	37
Metallituotteet	381 pl. 3812
Työstökoneet	3823
Massa- ja paperikoneet	38241
Tietokoneet	3825
Muut koneet	3821, 3822, 38242, 38249, 38299
Teollisuussähkökoneet	3831
Tietoliikennevälineet	3832
Muut sähkölaitteet	38291, 3833, 3839
Laivat	3841
Kiskoilla kulkevat liikennevälineet	3842
Lentokoneet	3845
Autot, muut kulkuneuvot	3843, 3844, 3849
Instrumentit	3851, 3852
Muut tehdasteollisuustuotteet	39

Taulukko L2. Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1985-1989 sovellettu toimialaluokitus

Toimiala	Vastaa v. 1985 tietojen osalta TOL-1979-luokituksen luokkia	Vastaa v. 1990 tietojen osalta TOL-1988-luokituksen luokkia
Elintarvikkeet	31	11
Tekstiilit	321, 322, 3851 osittain	12, 131
Nahkatuotteet	323, 324	132, 133
Puutavarat	331	14
Kalusteet	332, 3812	17
Massa, paperi	341	15
Graafiset tuotteet	342	16
Kemikaalit pl. lääkkeet	351 pl. 351312; 352 pl. 3522, osittain 35232 ja osittain 35299	181-186, 188, 189
Lääkkeet	3522; osittain 35232, 35299 ja 3851	187
Maaöljy-, ja kivihiilituotteet	353, 354	19
Kumi-, muovituotteet	355, 356, 351312	21
Posliini, lasi	36	22
Metallit	37	23
Metallituotteet	381 pl. 3812	24
Työstökoneet	3823	2522
Massa- ja paperikoneet	38241	2525
Tietokoneet	3825 osittain	261
Muut koneet	3821, 3822, 38242, 38249, 3829 pl. 38291, 3825 osittain, 3852 osittain	251, 2521, 2523, 2524, 2526, 253
Teollisuussähkökoneet	3831, 3851 osittain	263 pl. 2633 ja 2634
Tietoliikennevälineet	3832, 3825 osittain	2621-2624
Muut sähkölaitteet	38291, 3833, 3839	2633, 2634
Laivat	3841	271, 272
Kiskoilla kulkevat liikennevälineet	3842	273
Lentokoneet	3845	275
Autot, muut kulkuneuvot	3843, 3844, 3849	274, 279
Instrumentit	Osittain 3851, 3852 ja 35299	264
Muut tehdasteollisuustuotteet	39	29

Taulukko L3. Työn tuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla v. 1980-85 ja 1985-90

Toimiala	Työn tuottav.	Työn tuottav.
	keskim. muutos	keskim. muutos
	1980-85	1985-90
	lpro8085	lpro8590
Elintarvikkeet	3,60	4,75
Tekstiilit	4,32	3,52
Nahkatuotteet	4,51	5,01
Puutavarat	4,20	5,67
Kalusteet	3,21	4,41
Massa, paperi	6,05	3,35
Graafiset tuotteet	3,49	4,28
Kemikaalit pl. lääkkeet	3,30	5,96
Lääkkeet	2,99	1,58
Maaöljy-, ja kivihiilituotteet	0,56	4,90
Kumi-, muovituotteet	4,52	6,53
Posliini, lasi	2,48	5,74
Metallit	4,95	6,13
Metallituotteet	5,16	10,66
Työstökoneet	14,03	6,03
Massa- ja paperikoneet	7,80	7,47
Tietokoneet	10,46	11,40
Muut koneet	6,39	3,07
Teollisuussähkökoneet	5,53	11,96
Tietoliikennevälineet	10,31	15,48
Muut sähkölaitteet	2,61	9,49
Laivat	4,38	5,04
Kiskoilla kulkevat liikennevälineet	3,19	20,35
Lentokoneet	5,90	1,36
Autot, muut kulkuneuvot	2,38	4,75
Instrumentit	10,08	3,69
Muut tehdasteollisuustuotteet	6,05	-0,64
Teollisuus yhteensä	4,86	6,26

Liite 2.

Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla keskimäärin vuodessa v. 1980-85 ja 1985-91, %

Toimiala	1980-85	1985-91
31 Elintarv., juomien ja tupakan valm.	2,0	2,9
321 Tekstiilien ja vaatteiden valmistus	2,8	-0,5
323 Nahkan ja kenkien valmistus	3,8	1,9
331 Puutavaran valmistus	2,6	1,4
332 Kalusteiden valmistus	1,3	1,9
341 Massa- ja paperiteollisuus	2,9	1,4
342 Graafinen teollisuus	0,7	0,4
351 Kemikaalien valmistus	0,7	1,0
353 Maaöljyn jalostus	0,1	4,4
355 Kumi- ja muovituotteet	3,8	0,0
36 Savi-, lasi- ja kivit tuotteet	0,9	1,2
37 Metallien valmistus	5,0	3,3
381 Metallituotteiden ja koneiden valm.	5,3	0,7
383 Sähkötekn. tuott. ja instrumentt. v.	4,6	6,4
384 Kulkuneuvojen valmistus.	2,7	1,2
39 Muu teollisuus	4,5	2,4
3 Yhteensä	3,3	2,0

Lähde: Tilastokeskus

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY
LÖNNROTINKATU 4 B, SF-00120 HELSINKI

Puh./Tel. (90) 609 900
Int. 358-0-609 900

Telefax (90) 601 753
Int. 358-0-601 753

KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

- No 450 JOUKO KINNUNEN, Economic Effects of Climate Change: An Estimate for Finland. 10.09.1993. 35 p.
- No 451 AIJA LEIPONEN, Henkinen pääoma ja talouskasvu - Suomi ja muut OECD-maat empiirisissä vertailuissa. 24.09.1993. 60 s.
- No 452 ARIMONONEN, Metsänkorjaamiseen erikoistuneen konepajateollisuuden kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus Suomessa. 08.10.1993. 53 s.
- No 453 KARI ALHO, An Assessment of the Economic Consequences of EC Enlargement: The Case of Finland. 03.11.1993. 26 p.
- No 454 PAULA HIETA, Energiatoimialan kehitys Suomessa. 23.11.1993. 31 s.
- No 455 JARI HYVÄRINEN, Alueellinen kilpailukyky Suomen itäisellä rannikkoseudulla, Pietarissa ja Virossa. 03.12.1993. 105 s.
- No 456 MARKUS TAMMINEN, Sähkön siirron ja jakelun tekniikka. 15.12.1993. 37 s.
- No 457 MIKA WIDGRÉN, Voting Power and Decision Making Control in the Council of Ministers Before and After the Enlargement of the EC. 16.12.1993. 38 p.
- No 458 JUSSI RAUMOLIN, Ahlström: Shift from Forest Products Company to Environmental Technology. 27.12.1993. 15 p.
- No 459 MARIA KALOINEN, Suomen kilpailuetu Venäjän transitoliikenteessä. 27.12.1993. 62 s.
- No 460 PER HEUM - PEKKA YLÄ-ANTTILA, The Internationalization of Industrial Firms - Foreign Production and Domestic Welfare in Finland, Norway and Sweden. 28.12.1993. 18 p.
- No 461 JUKKA LASSILA, Tax Policies under Central and Local Wage Bargaining. 31.12.1993. 18 p.
- No 462 RISTO PENTTINEN, Summary of the Critique on Porter's Diamond Model. Porter's Diamond Model Modified to Suit the Finnish Paper and Board Machine Industry. 11.01.1994. 82 s.

- No 463 JUHA KETTUNEN, Suomen teollisuuden palkkarakenteen muutos 1980-luvulla. 14.01.1994. 17 s.
- No 464 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Elintarviketeollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 53 s.
- No 465 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Tekstiili- ja vaatetusteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 466 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Metsäteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 467 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Graafisen teollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 468 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Kemian- ja rakennusaineteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 469 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Metalliteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 53 s.
- No 470 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Talonrakennusalan työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 471 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Tukkukaupan työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 472 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Vähittäiskaupan työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 473 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Autoalan työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 474 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Majoitus- ja ravitsemisalan työvoimakustannukset 1992-1994.
- No 475 SONJA SAASTAMOINEN, Kotimaisen sähkömoottoriteollisuuden kilpailukyky. 26.01.1994. 42 s.
- No 476 PASI AHDE, ETLAn ennustejärjestelmän panos-tuotoskehikko. 31.01.1994. 60 s.
- No 477 SYNNÖVE VUORI, Yritysten ja toimialojen väliset teknologiakytkennät Suomen teollisuudessa. 31.01.1994. 41 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on rajoitetusti saatavissa ETLAn kirjastosta tai ao. tutkijalta.
Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress; they can be obtained, on request, by the author's permission.