

Keskusteluaiheita – Discussion papers

No. 948

Olavi Rantala

TOIMIALOJEN T&K-PANOSTUSTEN JA TUOTTAVUUDEN ENNUSTEJÄRJESTELMÄ

– Julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus
ja tuottavuuden pitkän ajan kasvu

Tutkimuksen on rahoittanut TEKES

RANTALA, Olavi, TOIMIALOJEN T&K-PANOSTUSTEN JA TUOTTAVUUDEN ENNUSTEJÄRJESTELMÄ – JULKISEN T&K-RAHOITUKSEN VAIKUTTAVUUS JA TUOTTAVUUDEN PITKÄN AJAN KASVU. Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2004, 54 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 948)

TIIVISTELMÄ: Tutkimuksessa kehitetään toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden ennustejärjestelmää, jota voidaan käyttää myös julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuutta tarkasteleviin simulointeihin. Kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät mallissa keskeisesti toimialojen tuotannon laadun ja pääomakannan laadun paraneminen. Investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa mallissa pitkäaikaiseen pääomakannan laadun paranemisen kautta välittyvään kokonaistuottavuuden kasvuvaikutukseen. Investointitavaroita tuottaville toimialoille annetulla julkisella t&k-rahoituksella on siten merkittävä vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Toisaalta julkisen t&k-rahoituksen budjettirajoite heikentää t&k-politiikan vaikutusmahdollisuuksia suuren t&k-varannon omaavilla toimialoilla. Tutkimuksessa tarkastellaan mallilla tehtyjä toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden ennusteita vuoteen 2015. Yritysten t&k-menojen kasvun pysähtyminen 2000-luvun alkuvuosina ja viime vuosikymmenen kehitykseen verrattuna hidas kasvu tulevaisuudessa johtaa arvion mukaan pitkällä ajalla kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvun heikkenemiseen.

ASIASANAT: T&k-panostukset, tuotannon laatu, kokonaistuottavuus

JEL: C53, D24, O38

RANTALA, Olavi, A FORECASTING MODEL OF SECTORAL R&D INPUTS AND PRODUCTIVITY - THE EFFECTIVENESS OF PUBLIC R&D FINANCING AND LONG-TERM PRODUCTIVITY GROWTH. Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2004, 54 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 948)

ABSTRACT: This study develops a sectoral econometric forecasting model of total factor productivity (TFP). In this model, sectoral TFP growth is determined by the direct impact of research and development (R&D) inputs on the volume of production via the improvement in the quality of production as well as by the diffusion of new technology through purchases of investment goods from domestic sectors and from abroad. Improvements in the quality of the capital stock and production technology have large and persistent effects on productivity growth especially in the capital-intensive sectors of the economy. Policy simulations in the model show that an increase in the real R&D stock of the electrical equipment manufacturing industry produces the strongest impact on national TFP in Finland. However, if the budget constraint of public R&D financing is taken into account, many other industrial sectors and the business service sector are ranked higher in the effectiveness of public R&D financing.

KEY WORDS: R&D, quality of production, total factor productivity

JEL: C53, D24, O38

Sisältö	sivu
1 Johdanto	1
1.1 Tutkimuksen lähtökohdat	1
1.2 Keskeisiä tuloksia	3
2 Tuotekehityksen tuottavuusvaikutusten mallintaminen	7
2.1 Tuottavuuden määritelmästä ja määräytymisperusteista	7
2.2 Tuotantofunktion täsmentäminen ja estimointi mallijärjestelmässä	8
2.3 T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallin toimialat	11
3 T&k-panostusten vaikutus toimialojen tuotannon laadun sekä investointitavaroiden ja pääomakannan laadun muutoksiin	14
3.1 Muuttuvakertoimin panos-tuotosmalli toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun kehityksen arvioinnissa	14
3.2 Investointitavaroiden ja pääomakannan laadun muutokset	17
4 Toimialojen erot julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuudessa	22
4.1 Tuotekehityksen tehokkuuserot ja talouden rakennetekijät julkisen t&k-rahoituksen toimialakohtaisten vaikuttavuuserojen taustalla	22
4.2 Toimialakohtaisten t&k-panostusten vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen	25
4.3 Budjettirajoitteen merkitys julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuudelle	27
5 Toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden kasvu 2004-2015	33
5.1 Toimialojen t&k-menojen kasvuennusteet	33
5.2 Toimialojen ja kansantalouden tuottavuuden kasvuennusteet	36
5.3 T&k-panostusten vaikutukset työllisyyskehitykseen	41
Liite 1 Toimialojen t&k-panostuksen tehokkuusparametrit estimoituina välituotevalmistuksen ja välituotetuonnin mallilla vuosilta 1976-2001	43
Liite 2 Eräiden toimialojen kokonaistuottavuuden kasvu	44
Liite 3 Toimialojen työn tuottavuuden kasvu	52
Liite 4 Toimialojen tuotoksen volyymin kasvu	53
Kirjallisuus	54

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Tässä tutkimuksessa kehitetään toimialojen t&k-panostusten tuottavuusvaikutusten arviointi- ja ennustejärjestelmää. Mallia voidaan käyttää t&k-politiikan vaikuttavuutta tarkastelevien simulointien ja toimialojen t&k-menojen ennustamisen ohella toimialojen pitkän ajan tuottavuuskehityksen arviointiin. Toimialapohjaisen tuottavuusennustejärjestelmän kehittäminen on ETLAn näkökulmasta hankkeen keskeinen tavoite.

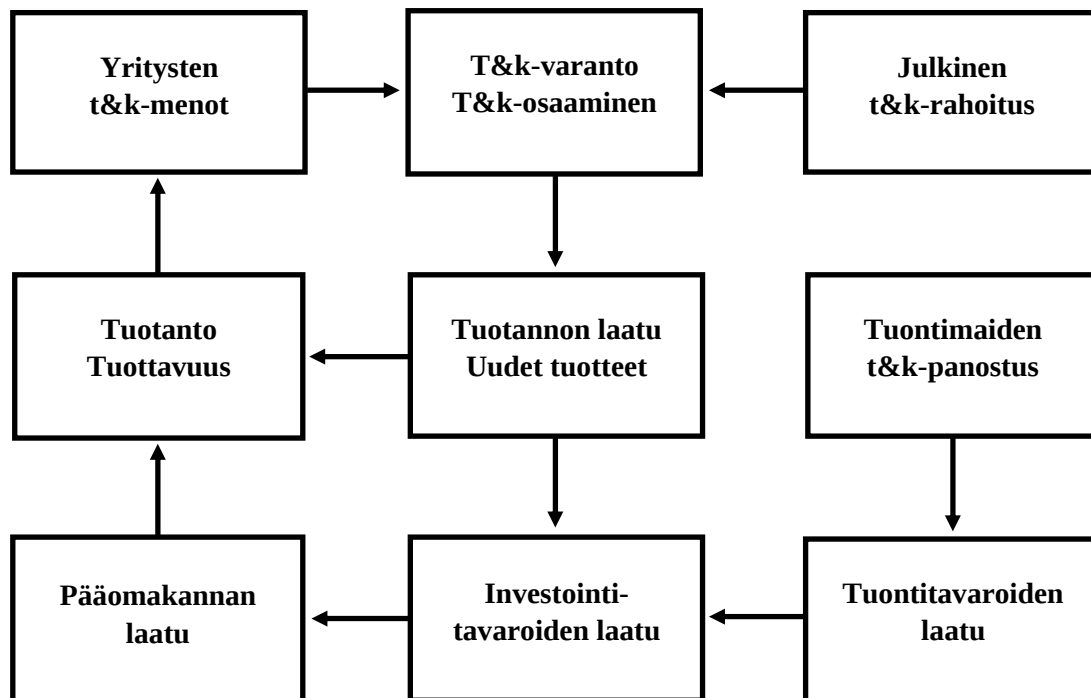
Toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät mallissa keskeisesti toimialojen tuotannon laadun sekä investointitavaroiden ja pääomakannan laadun paraneminen. Tuottavuusvaikutusarvioiden lähtökohtana ovat toimialakohtaiset yritysten t&k-panostukset, jotka koostuvat omarahoitteisista t&k-menoista ja toimialalle annetusta julkisesta t&k-rahoituksesta. Toimialakohtaiset julkisen sektorin t&k-panostukset ovat t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallin keskeisiä eksogeenisia talouspolitiikan välinemuuttujia.

Kuvio 1.1 esittää mallin rakennetta. Malli kumuloi reaalisten t&k-menojen perusteella reaalisen t&k-varannon kasvu-uran kullekin toimialalle. Toimialojen tuotekehitysosaamisen parantumista mittaavat reaalisen t&k-varannon kasvu-urat määrittävät toimialojen tuotannon laadun paranemisen vauhtia. Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun paraneminen määrittävät puolestaan investointien ja pääomakannan laadun paranemista ja toimialojen tuotantoteknologian kehitystä. Keskeinen osa t&k-panostuksen kehityksen ja talouskasvun kytkennöissä on myös asetelman 1.1 kuvaama takaisinkytkentälinkki toimialojen tuotannosta niiden tuotekehityspanostuksiin.

Tuotekehityspanostusten tuottavuusvaikutusten erittely tuotannon laadun ja pääomakannan laadun paranemisen kautta välittyviin vaikutuksiin on merkittävä ero aihepiirin aiemmasta tutkimuskirjallisuudessa esitettyihin t&k-panostusten tuottavuus- ja kasvuvaikutusten mallinnuksiin. Uutuutena on myös se, että toimialojen t&k-panostusten tehokkuutta ja vaikutuksia tuotannon laadun paranemisen ja uusien tuotteiden kehittämisen kautta tuotannon volyymin kasvuun arvioidaan toimialojen välituotekaupan riippuvuuksille estimoidusta muuttuvakertoimisesta panos-tuotomallista. Aiemmasta tutkimuksesta (Rantala 2003a) poiketen tässä yhteydessä otetaan huomioon myös ulkomaisen t&k-panostuksen vaikutus Suomeen tuotavien teollisuustuotteiden ja muun tuonnin laadun kehitykseen. Teollisuustuotteiden tuonnin laadun muutoksilla on keskeinen merkitys kotimaisten investointien ja pääomakannan laadun kehityksessä.

Varhaisemmassa talouden kasvua kuvaavien mallien ja kasvuteorian kehittämisessä kokonaistuottavuuden kasvua kuvaava tuotantofunktion residuaalitekijä jäi selittämättä ja kokonaistuottavuus oli ikään kuin ilmaista mannaa taivaasta. Yleensä kokonaistuottavuuden kehitys mallinnettiin tuotantopanosten ominaisuuksien ja talouden kehityksestä riippumattomana eksogeenisena trendikasvuna.

Kuvio 1.1 Tuotekehityksen, tuottavuuden ja talouskasvun kytkennät



Tässä lähdetään siitä, ettei tuotantopanosten volyymin kasvuvaiikutusta ylittävää talouden kasvua voi tapahtua ilman joidenkin muiden taloudellisten tekijöiden vaikutusta ja taloudellisia uhrauksia. Mallissa kokonaistuottavuuden kasvua aikaansaavia taloudellisia tekijöitä ovat tuotannon ja tuotantopanosten laadun paraneminen. Tätä paranemista ei voida aikaansaada ilmaiseksi, vaan siitä joudutaan maksamaan muun muassa t&k-panostusten ja koulutuspanostusten muodossa.

Tärkeä lähtökohta on oletus, ettei tuotannon laatuun voida vaikuttaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, vaan ainoastaan tuotekehityspanostuksella. Tuotannon laadun paraneminen määrittää tuotannon volyymin ja kokonaistuottavuuden kasvua sen takia, että kansantalouden tilinpidossa tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymin muutoksiksi. Kokonaistuottavuutta ei voida kasvattaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, mutta sitä voidaan lisätä tuotantopanosten laatua parantamalla. Kokonaistuottavuus kasvaa siis yhtäältä tuotannon laadun paranemisen kautta ja toisaalta tuotantopanosten laadun paranemisen myötä.

Pääomakannan laadun paraneminen tapahtuu investointitavaroiden ja aineettomien investointien (tietokoneohjelmistojen) laadun paranemisen välityksellä. Pääomakanta voi uusiutua laadultaan vain vähitellen uusien investointien ja vanhan pääomakannan poistuman kautta. Samantyyppistä asteittaista parantumista tapahtuu työvoiman laadussa siltä osin, että koulutuspanostukset suunnataan lähinnä nuorempiin ikäluokkiin. Työpanos uusiutuu vähitellen laadultaan, kun osaavampia ikäluokkia tulee työmarkkinoille.

1.2 Keskeisiä tuloksia

Keskeinen tavoite t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmän rakentamisessa on, että mallia voidaan käyttää t&k-politiikan vaikutuksia kuvaaviin simulointeihin sekä toimialojen t&k-menojen ja tuottavuuden kehityksen ennustamiseen. Tutkimuksessa tarkastellaan eräitä julkisen t&k-rahoituksen optimaaliseen toimiala-allokointiin liittyviä näkökohtia simuloimalla mallia siten, että julkisen t&k-rahoituksen lisäys sijoitetaan vuorotellen kullekin tarkasteltavalle toimialalle. Mallilla lasketaan kunkin toimialan t&k-panostuksen lisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvu on siis tässä yhteydessä julkisen t&k-rahoituksen kansantaloudellisen vaikuttavuuden mittari. Tutkimuksessa tarkastellaan yhtäältä toimialojen reaalisen t&k-varannon samanlaisen suhteellisen lisäyksen ja toisaalta toimialakohtaisesti samansuuruisen euromääräisen t&k-menojen lisäyksen vaikutuksia kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun.

Julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus riippuu mallissa sovellettavien parametriarvojen ohella kansantalouden toimialarakenteesta ja siitä, millaisessa talouden lähtötilanteessa arviointia tehdään. Tuloksiin heijastuvat muun muassa erot aiemmista t&k-panostuksista kumuloituneen reaalisen t&k-varannon tasoissa eri toimialoilla, erot toimialojen tärkeydessä investointitavaroiden tuottajina ja laajemminkin erot toimialojen merkityksessä osana kansantaloutta.

Lähtötilanteessa suuren t&k-varannon ja –osaamisen omaavilla korkean teknologian toimialoilla tarvitaan tietyn tuotannon laatutason nousun aikaansaamiseen euromääräisesti paljon suurempia lisäpanostuksia tuotekehitykseen kuin matalan teknologian toimialoilla. T&k-varannon samansuuruisen suhteellisen muutoksen muodossa tapahtuvalla t&k-panostuksen lisäyksellä on suurin vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun, jos lisäpanostus tehdään elektroniikkateollisuuteen. Toiseksi suurin vaikutus aikaansaadaan panostuksella liike-elämän palveluiden ohjelmistotuotannon tuotekehitykseen. Kolmanneksi suurin vaikutus on koneteollisuuden t&k-varannon ja -osaamisen kasvattamisella. Kaikki nämä toimialat tuottavat investointihyödykkeitä ja menestyvät vertailussa suurelta osin siksi, että näille toimialoille tehdyillä t&k-panostuksilla voidaan aikaansaada merkittävä ja pitkäaikainen investointitavaroiden ja pääomakannan laadun paranemisen kautta syntyvä vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Sen sijaan vertailussa neljänneksi sijoittuvan paperiteollisuuden t&k-panostuksen lisäyksen vaikutus rajoittuu toimialan tuotannon laadun paranemiseen ja tämän vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun häviää paljon nopeammin kuin investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostusten kasvun vaikutus.

Toimialojen väliset erot t&k-panostuksen vaikuttavuudessa heijastavat eroja sekä toimialojen t&k-varannon vaikutuksissa tuotannon laatuun että niiden merkityksessä osana kansantaloutta ja investointitavaroiden tuottajina. Elektroniikkateollisuuden t&k-panostuksen kasvulla on suurin vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun sekä toimialan t&k-panostusten tehokkuuden että toimialan suuren koon takia. Paperiteollisuuden sijoittuminen korkealle tuloksissa johtuu lähinnä vain sen suuresta koosta suhteessa kansantalouteen.

Toisena simulointikokeena tarkastellaan tapausta, jossa toimialojen t&k-menoja lisätään vuorotellen euromääräisesti samansuuruisella summalla. Lisäys oletetaan

kertaluonteiseksi ja ajoitetaan vuoteen 2005. Tämän simulointikokeen asetelma pyrkii kuvaamaan kiinteän euromääräisen budjettirajoitteen puitteissa toteutettavan julkisen t&k-rahoituksen toimiala-allokoinnin valintatilannetta. Merkittävintä tuloksissa on se, ettei elektroniikkateollisuus ole enää paras julkisen t&k-rahoituksen kohde kansantalouden kokonaistuottavuusvaikutuksella mitattuna. Tämä johtuu siitä, että lähtötilanteessa vuonna 2004 elektroniikkateollisuuden t&k-varanto on niin suuri, että tietyllä euromääräisellä t&k-menojen lisäyksellä vuonna 2005 on paljon vähäisempi vaikutus reaalisien t&k-varannon prosentuaaliseen kasvuun elektroniikkateollisuudessa kuin muilla toimialoilla. Tästä syystä monet muut teollisuuden toimialat samoin kuin esimerkiksi rakentaminen ja liike-elämän palvelut ohittavat elektroniikkateollisuuden julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuusarviossa.

Investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostuksen lisäys johtaa mallissa investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan laadun ja tuotantoteknologian paranemiseen sekä kokonaistuottavuuden kasvuun. Tämä näkyy simulointituloksissa siten, että esimerkiksi elektroniikkateollisuuden ja muun metalliteollisuuden t&k-panostuksen tilapäisestä lisäyksestä seuraa pitkäaikainen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Sitä vastoin esimerkiksi paperiteollisuuden t&k-panostuksen lisääminen vaikuttaa nopeammin häviävällä tavalla tuotannon laadun paranemisen kautta toimialan ja kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun.

Tuotekehityksen lisäyksen aikaansaama toimialojen kokonaistuottavuuden kasvu jakaantuu mallissa kahteen komponenttiin, eli tuotannon laadun paranemisen ja tuotantoteknologian paranemisen kasvuvaiikutukseen. Tuotannon laadun paraneminen riippuu reaalisien t&k-varannon kasvu-urasta ja mallissa sovellettavista toimialojen t&k-osaamisen tehokkuusparametreista. T&k-varannon kertalisäyksen seurauksena tuotannon laadun paraneminen ja sen aikaansaama tuottavuusvaikutus on suurin välittömästi t&k-varannon lisäyksen jälkeen ja sen jälkeen t&k-varannon vuotuisen poistuman määrittämän t&k-varannon kehitysuran mukaisesti vähenevä.

Tuotantoteknologian paranemisen aikaansaama kokonaistuottavuuden kasvu poikkeaa aikauraltaan merkittävästi tuotannon laadun paranemisen aikaansaamasta tuottavuusvaikutuksesta. Tuotantoteknologian tuottavuusvaikutusta määrittää yhtäältä kunkin toimialan pääomakannan laadun reagointi investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotekehityksen lisäämiseen ja toisaalta toimialakohtainen joustoparametri, jolla pääomakannan laadun paraneminen vaikuttaa toimialan kokonaistuottavuuteen. Pääomakannan laatu paranee tuotekehitysmenojen lisäyksen jälkeen alkuvuosina nopeutuvalla tahdilla, kun investointitavaroiden tuotannossa laadun paraneminen on voimakkaimmillaan. Tällöin kasvava osuus pääomakannasta on laadultaan parantuneita investointitavaroita. Vähitellen koko pääomakanta uusiutuu laadultaan. Pääomakannan laadun paranemisen vauhti on voimakkainta noin kymmenentenä vuonna tuotekehitysmenojen lisäyksestä jonkin verran toimialoittain vaihdellen niiden pääomakannan rakenteesta riippuen. Myöhempinä vuosina pääomakannan poistuman vaikutus ylittää investointitavaroiden laadun paranemisen aikaansaaman kasvun ja tällöin pääomakannan laadun paranemisen vauhti alkaa hidastua. Tämä heijastuu vastaavanlaisena pääomakannan laadun ja tuotantoteknologian paranemisen vaikutuksena kansantalouden tuottavuuskehitykseen.

Keskeinen tavoite t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmän rakentamisessa on, että mallia voidaan käyttää t&k-politiikan vaikutuksia kuvaavien simulointien ohella toimialojen t&k-menojen ja tuottavuuden kehityksen ennustamiseen. Tutkimuksessa esitellään mallilla laadittuja toimialojen t&k-menojen ja tuottavuuden kasvun ennusteita vuoteen 2015. Pääasiallinen ennusteajakäänne ulottuu ETLAn keskipitkän ajan ennusteita vastaavasti vuoteen 2008. Pidemmälle ulottuvia kehitysarvioita esitetään tässä yhteydessä lähinnä ennustejärjestelmän peruspiirteiden havainnollistamiseksi.

Yritysten t&k-menot kasvoivat Suomessa voimakkaasti 1990-luvun jälkipuoliskolla. Tähän vaikutti keskeisesti elektroniikkateollisuuden vahva panostus tuotekehitykseen. Toimialan t&k-menojen kasvu kiihtyi 1990-luvun jälkipuoliskolla 20-40 prosenttiin vuodessa tuotannon kasvun vauhdittumisen myötä. 2000-luvun alun taantumassa tuotannon kasvu pysähtyi ja samoin kävi elektroniikkateollisuuden t&k-menoille. Ennusteessa arvioidaan kohtuullista elpymistä elektroniikkateollisuuden tuotantoon, mutta tuleva kasvu ei arvion mukaan yllä lähellekään 1990-luvun jälkipuoliskolla saavutettuja lukuja. Siten myös toimialan t&k-panostuksen kasvu jää tässä ennusteessa selvästi 1990-luvun loppupuolen lukemista.

Elektroniikkateollisuuden t&k-menojen kasvu määrittää nykyisin pitkälti koko yrityssektorin t&k-menojen kehitystä, koska elektroniikkateollisuudessa on viime vuosina tehty suunnilleen puolet kaikista yrityssektorin t&k-panostuksista. Lähitulevaisuuteen ennakoidun suhdannenousun myötä elektroniikkateollisuuden ohella muidenkin toimialojen tuotannon kasvun ennustetaan nopeutuvan. Tämä heijastuu useimpien toimialojen t&k-menoihin ennustettuun kehitykseen ja samalla koko yrityssektorin t&k-panostuksen kasvuun.

Kansantalouden kokonaistuottavuus kasvoi reippaasti 1990-luvun jälkipuoliskolla. Myönteisen kehityksen taustalla oli keskeisesti elektroniikkateollisuuden vahva panostus tuotekehitykseen ja tästä seurannut tuotannon laadun ja tuotantoteknologian nopea paraneminen. Elektroniikkateollisuuden kokonaistuottavuuden kasvu vauhdittui huomattavasti 1990-luvun jälkipuoliskolla tuotannon laadun paranemisen sekä merkittävältä osin myös suotuisan kysyntä- ja suhdannekehityksen ansiosta.

2000-luvun alun taantumassa elektroniikkateollisuuden tuotannon laadun paranemisen ja tuottavuuden kasvun vauhti alkoi hidastua t&k-panostuksen kasvun pysähtyttyä. Ennusteen mukaan toimialan reaalisten t&k-menojen ja reaalisen t&k-varannon kasvu jää myös tulevaisuudessa vaatimattomaksi 1990-luvun jälkipuoliskoon verrattuna. Tämä ennakoi samanlaista kehitystä elektroniikkateollisuuden tuotannon laadun paranemisen vauhtiin ja toimialan investointitarvataruottajaroolin takia edelleen myös muiden toimialojen tuotantoteknologian kehitykseen.

1990-luvun rajun kasvun takia elektroniikkateollisuus on saanut suuren painon kansantalouden kokonaistuotannon ja kokonaistuottavuuden määrittämisessä. Lähitulevaisuuteen ennakoidussa noususuhdanteessa elektroniikkateollisuuden ohella muidenkin toimialojen tuotannon kasvun ennustetaan nopeutuvan. Tämä ennakoi tuotekehityspanostusten lisääntymistä ja heijastuu tätä kautta myös useimpien toimialojen kokonaistuottavuuteen ennustettuun kehitykseen. Kokonaistuottavuuden kasvun arvioidaan nopeutuvan lähivuosina useimmilla teollisuustoimialoilla sekä palvelualoilla esimerkiksi liikenteessä ja liike-elämän palveluissa.

Lähivuosille ennakoidun suhdannenousun jälkeen vuoteen 2015 ulottuvan tarkasteluaikajänteen kuluessa kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvu hidastuu. 2000-luvun taitteessa alkanut yritysten t&k-menojen kasvun hidastuminen johtaa kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvun heikkenemiseen tulevaisuudessa. Tuottavuuskehitystä tukee kuitenkin yhä 1990-luvun lopun vahva t&k-panostus, joka vaikuttaa vielä kauan pääomakannan laadun paranemiseen ja tuotantoteknologian kehitykseen. Itse asiassa tuotantoteknologian paranemisella on tarkasteluaikajänteellä tuotannon laadun paranemista merkittävämpi vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun.

Suomessa työn tuottavuuden kasvu perustui aina 1980-luvun lopulle paljolti voimakkaaseen investointien ja pääomapanoksen kasvattamiseen suhteessa työpanoksen lisäykseen. 1990-luvulla työn tuottavuuden kasvutekijät muuttuivat olennaisesti. Viime vuosikymmenen puolivälistä lähtien kokonaistuottavuuden paraneminen on korvannut kokonaan sen työn tuottavuuskehityksen, joka aiemmin saatiin aikaan pääomapanosta kasvattamalla. Kokonaistuottavuuden kasvu on arvion mukaan tulevaisuudessakin keskeisin työn tuottavuuden kehitystä määrittävä tekijä. Siten kokonaistuottavuuden kasvuun ennakoitu hidastuminen heijastuu aiempaa heikompana kehityksenä myös kansantalouden ja useimpien toimialojen tulevassa työn tuottavuuden kasvussa.

2 Tuotekehityksen tuottavuusvaikutusten mallintaminen

2.1 Tuottavuuden määritelmästä ja määräytymisperusteista

Talouskehityksen kuvaamiseen ja ennustamiseen käytettävässä kansantalouden tilinpidossa tuotannon arvo määritellään tuotannon volyymin ja tuotannon hinnan tuloksi. Tuotannon volyyymi voidaan puolestaan määritellä siten, että se muodostuu tuotannon määrän ja tuotannon laadun tulona. Tuotannon volyymin jakoa määrään ja laatuun ei tilastoissa tehdä, mutta se tuodaan esiin kansantalouden tilinpidon laskentaperiaatteissa toteamalla, että tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymin muutoksiksi (Eurostat 1997). Vastaava volyymin jako määrään ja laatuun voidaan tehdä tuotantopanoksille, eli pääomakannalle ja työpanokselle.

Seuraavan mallitarkastelun keskeisiä lähtökohtia ovat tuotantoa, tuotantopanoksia ja tuottavuutta koskevat määritelmät ja riippuvuudet:

$$\begin{aligned} \text{tuotannon volyyymi} &= \text{tuotannon arvo} / \text{tuotannon hinta}, \\ &= \text{tuotannon määrä} * \text{tuotannon laatu}, \\ &= \text{tuotantopanosten volyymin vaikutus} * \text{kokonaistuottavuus}, \end{aligned}$$

$$\text{työpanoksen volyyymi} = \text{työpanoksen määrä} * \text{työpanoksen laatu},$$

$$\text{pääomakannan volyyymi} = \text{pääomakannan määrä} * \text{pääomakannan laatu},$$

$$\text{kokonaistuottavuus} = \text{tuotannon laadun vaikutus} * \text{tuotantopanosten laadun vaikutus},$$

$$\begin{aligned} \text{työn tuottavuus} &= \text{tuotannon volyyymi} / \text{työpanoksen volyyymi}, \\ &= \text{kokonaistuottavuus} * \text{pääomavaltaistumisen vaikutus}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pääoman tuottavuus} &= \text{tuotannon volyyymi} / \text{pääomakannan volyyymi}, \\ &= \text{kokonaistuottavuus} * \text{työvaltaistumisen vaikutus}. \end{aligned}$$

Varhaisemmassa talouden kasvua kuvaavien mallien ja kasvuteorian kehittämisessä kokonaistuottavuuden kasvua kuvaava tuotantofunktion residuaalitekijä jäi selittämättä ja kokonaistuottavuus oli ikään kuin ilmaista mannaa taivaasta. Yleensä kokonaistuottavuuden kehitys mallinnettiin tuotantopanosten ominaisuuksien ja talouden kehityksestä riippumattomana eksogeenisena trendik kasvuna.

Edellä esitetty tulkinta kokonaistuottavuuden määräytymisestä on huomattavan erilainen. Tässä lähdetään siitä, ettei tuotantopanosten volyymin kasvuvaiikutusta ylittävää talouden kasvua voi tapahtua ilman joidenkin muiden taloudellisten tekijöiden vaikutusta ja taloudellisia uhrauksia. Edellä esitetyn täsmennyksen mukaan kokonaistuottavuuden kasvua aikaansaavia taloudellisia tekijöitä ovat tuotannon ja tuotantopanosten laadun paraneminen. Tätä paranemista ei voida aikaansaada ilmaiseksi, vaan siitä joudutaan maksamaan muun muassa t&k-panostusten ja koulutuspanostusten muodossa.

Tärkeä lähtökohta seuraavalle tarkastelulle on oletus, ettei tuotannon laatuun voida vaikuttaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, vaan ainoastaan tuotekehityspanostuksella. Tuotannon laadun paraneminen määrittää tuotannon

volyymien ja kokonaistuottavuuden kasvua. Kokonaistuottavuutta ei voida kasvattaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, mutta sitä voidaan lisätä tuotantopanosten laatua parantamalla. Kokonaistuottavuus kasvaa siis yhtäältä tuotannon laadun paranemisen kautta ja toisaalta tuotantopanosten laadun paranemisen myötä.

Pääomakannan laadun paraneminen tapahtuu investointitavaroiden ja aineettomien investointien (tietokoneohjelmistojen) laadun paranemisen välityksellä. Pääomakanta voi uusiutua laadultaan vain vähitellen uusien investointien ja vanhan pääomakannan poistuman kautta. Samantyyppistä asteittaista parantumista tapahtuu työvoiman laadussa siltä osin, että koulutuspanostukset suunnataan lähinnä nuorempiin ikäluokkiin. Työpanos uusiutuu vähitellen laadultaan, kun osaavampia ikäluokkia tulee työmarkkinoille.

2.2 Tuotantofunktion täsmäntäminen ja estimointi mallijärjestelmässä

Aiemmassa tutkimuksessa (Rantala 2003a) toimialojen tuotantofunktioiden perustäsmennyksenä sovellettiin CES-tuotantofunktiota. Mallin estimointi osoitti, että toimialakohtainen kokonaistuottavuuden jousto pääomakannan laadun suhteen on CES-tuotantofunktion ja sen CD-erikoistapauksen estimointituloksissa lähes samanlainen sekä tasoltaan että tilastolliselta merkitsevyydeltään. Tällä perusteella voidaan lähteä liikkeelle helpommin käsiteltävästä CD-täsmennyksestä.

Toimialan i CD-tuotantofunktio täsmennetään tässä yhteydessä muotoon

$$Y_{it} = K_{it}^{\alpha} L_{it}^{1-\alpha} T_{it}, \quad (2.1a)$$

$$T_{it} = A_i Q_{it} (Q_{Kit}^{\alpha} Q_{Lit}^{1-\alpha})^{\beta} C_{it}, \quad (2.1b)$$

$$Q_{it} = R_{it}^{\gamma} i. \quad (2.1c)$$

Muuttuja Y_{it} tarkoittaa kansantalouden tilinpidossa mitattua ja siis tuotannon laatu- ja määräkomponeentien Q_{it} sisältävää tuotannon volyymia eli kiinteähintaista arvonlisäystä vuonna t . Muuttuja K_{it} tarkoittaa kansantalouden tilinpidossa laskettua pääomakannan volyymia ja L_{it} työpanoksen volyymia. Muuttuja Q_{Kit} tarkoittaa toimialan i pääomakannan laatua ja Q_{Lit} työpanoksen laatua. Muuttuja T_{it} viittaa kokonaistuottavuustekijään, jonka kasvua määrittää pitkällä ajalla toimialan tuotannon laadun sekä pääomakannan ja työpanoksen laadun kehitys, mutta johon vaikuttaa lyhyellä ajalla myös jäljempänä täsmennettävä suhdannekomponentti C_{it} . Muuttuja R_{it} tarkoittaa t&k-osaamista mittaavan reaalisen t&k-varannon indeksiä vuonna t .

Tuotantofunktio voitaisiin määritellä arvonlisäyksen volyymien sijasta tuotoksen volyymille siten, että toimialan välituotekäyttö olisi tuotantopanoksena pääoma- ja työpanoksen ohella. Koska kansantalouden tilinpidon laskentakäytäntönä on nykyisin pääsääntöisesti edelleen se, että toimialojen välituotekäytön volyymi on kiinteä osuus tuotoksen volyymistä, tuotantofunktio voidaan täsmäntää suoraan kiinteähintaisella arvonlisäyksellä mitatulle tuotannon volyymille.

Logaritmimuunnoksella päästään parametrien suhteen lineaariseen mallijärjestelmään. Malli estimoidaan differenssimuodossa, mutta tässä se kirjoitetaan havainnollisuuden vuoksi tasomuotoon

$$\ln Y_{it} = \alpha_i \ln K_{it} + (1-\alpha_i) \ln L_{it} + \ln T_{it}, \quad (2.2a)$$

$$\ln T_{it} = \ln A_i + \ln Q_{it} + \beta_i (\alpha_i \ln Q_{Kit} + (1-\alpha_i) \ln Q_{Lit}) + \ln C_{it}, \quad (2.2b)$$

$$\ln Q_{it} = \gamma_i \ln R_{it}, \quad (2.2c)$$

$$\ln C_{it} = \varepsilon_{i0} \Delta \ln Y_{it} + \varepsilon_{i1} \Delta \ln Y_{i,t-1} + \varepsilon_{i2} \Delta \ln Y_{i,t-2}. \quad (2.2d)$$

CD-tuotantofunktiossa (2.1a-c) ja (2.2a-d) tuotannon volyymin kasvua selittää pääomakannan ja työpanoksen volyymin kehitys sekä kokonaistuottavuuden kasvu. Pääomapanos vaikuttaa kertoimella α_i ja työpanos kertoimella $1-\alpha_i$ toimialan i tuotannon volyyymiin. Näiden kertoimien estimaatteina ovat kullakin toimialalla kansantalouden tilinpidon mukaiset bruttotoimintaylijäämän ja työvoimakustannusten osuudet arvonlisäyksestä.

Toimialojen pääomakannan laatuindeksit Q_{Kit} määräytyvät mallijärjestelmässä endogeenisesti tuotannon, tuonnin ja investointitavaroiden laadun kehityksen kautta jäljempänä jaksossa 3.2 kuvattavalla tavalla. Työpanoksen laatuindeksi Q_{Lit} on mallissa mukana eksogeenisena tekijänä. Työpanoksen laadun historiallisen kehityksen kuvaajana käytetään Tilastokeskuksen laskemia koko kansantaloutta koskevia tietoja (Jalava 2002). Työpanoksen laatu voitaisiin endogenisoida siten, että se määräytyisi koulutuspanostuksen kehityksen perusteella. Jotta tällaisesta mallintamisesta olisi hyötyä, työpanoksen laatuindeksien aikasarjojen täytyisi olla saatavissa mallin toimialajaolla laskettuina.

Keskeinen oletus edellä täsmennetyssä talouden kasvua kuvaavassa mallissa on se, että kullakin toimialalla tuotannon laadun paraneminen vaikuttaa kertoimella yksi toimialan tuotannon volyymin ja kokonaistuottavuuden kasvuun. Tuotannon määräytymistä tarkastellaan tässä yhteydessä pelkästään tuotantofunktion pohjalta tuotannon tarjonnan näkökulmasta. Laajemmin tarkastellen tuotekehitys merkitsee suoran tuotanto- ja tuottavuusvaikutuksen ohella yritysten tuotedifferentiaation ja markkinavoiman lisääntymistä. Kilpailukyvyyn paraneminen voi heijastua myös tuotannon määrälliseen kehitykseen ja sitä kautta tuotannon volyyymiin. Kysyntänäkökulman sisällyttäminen malliin vaatii kuitenkin perusteellisempaa tutkimusta ja mallin jatkokehittelyä.

Kun tuotannon laadun vaikutus tuotannon volyyymiin ja kokonaistuottavuuteen on yhtälön (2.2b) kuvaamalla tavalla kiinnitetty, kunkin toimialan kohdalla tuotantofunktioon jää kokonaistuottavuuden pitkän ajan kasvua määrittämään vain yksi ekonometrisesti estimoitava parametri β_i , joka mittaa pääomakannan ja työpanoksen laadun paranemisen vaikutusta toimialan kokonaistuottavuuden pitkän ajan kasvuun. Kokonaistuottavuuden kehitykseen vaikuttavat myös toimialojen tuotantoon kohdistuvat lyhyen ajan suhdannevaihtelut ja muut kysyntäoskit sen takia, että tuotannossa käytettävää pääoma- ja työpanosta ei sopeuteta välittömästi tuotannon volyymikehityksessä heijastuviin kysynnän vaihteluihin. Kokonaistuottavuuden muutosten suhdannekomponentti C_{it} mallinnetaan yhtälön (2.2d) kuvaamalla tavalla toimialan tuotannon volyymin muutosten viivejakauman avulla. Osoittautuu, että saman ja kahden edellisvuoden tuotannon volyymin muutoksilla kyetään kaikilla toimialoilla käytännössä varsin hyvin mallintamaan kokonaistuottavuuden kasvun lyhyen ajan suhdanneluontoinen vaihtelu, jota ei voida

selittää kokonaistuottavuuden pitkän ajan kehitystä määrittävällä tuotannon ja tuotantopanosten laadun paranemisella. Toimialojen välillä on tietenkin huomattavia eroja kokonaistuottavuuden suhdannekomponentin mallin parametreissa ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} .

Tässä tutkimuksessa 32 toimialalle kehitetty t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmä on rakennettu siten, että tuotantofunktiota määrittelevän yhtälösystemin (2.2a-d) parametrit β_i , ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} estimoidaan mallijärjestelmässä automaattisesti ja endogeenisesti ehdollisina kullekin toimialalle eksogeenisesti asetetulle t&k-panostuksen tehokkuusparametrin γ_i arvolle. Parametri β_i estimoidaan siten, että sen alarajana on nolla. Parametrien β_i , ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} automaattinen estimointi osana mallijärjestelmää on välttämätöntä sen takia, että tuotantopanosten laadun paranemisen ja kokonaistuottavuuden suhdannekomponentin yhteisvaikutuksen täytyy kullakin toimialalla vastata tilastollisesti sitä kokonaistuottavuuden kehitystä, joka ylittää toimialan omalla t&k-panostuksella aikaansaadun tuotannon laadun paranemisen vaikutuksen. Parametrien β_i , ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} arvoja määrittää malli

$$\begin{aligned} \Delta \ln T_{it} - \gamma_i \Delta \ln R_{it} = & \beta_i (\alpha_i \Delta \ln Q_{Kit} + (1 - \alpha_i) \Delta \ln Q_{Lit}) \\ & + \varepsilon_{i0} \Delta \ln Y_{it} + \varepsilon_{i1} \Delta \ln Y_{i,t-1} + \varepsilon_{i2} \Delta \ln Y_{i,t-2}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

missä differenssioperaattorilla Δ tarkoitetaan tässä yhteydessä muutosta edellisvuodesta. Koska parametriarvoihin vaikuttavat toimialojen pääomakannan laatuindeksit Q_{Kit} määräytyvät mallijärjestelmässä endogeenisesti ehdollisina investointitavaroita tuottavien kotimaisten ja ulkomaisten toimialojen t&k-panostusten tehokkuusparametrien γ_i arvoille, myös parametrien β_i , ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} arvojen täytyy määräytyä endogeenisesti. CD-tuotantofunktiota soveltaen päästään edellä kuvattuun loglineaariseen yhtälöjärjestelmään, joten parametrien automaattinen estimointi on voitu helposti rakentaa sisälle Excel-pohjaiseen mallijärjestelmään.

Mallin estimoinnissa t&k-panostuksen tehokkuusparametrin γ_i arvot estimoidaan ensin muuttuvakertoimisesta panos-tuotosmallista. T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmä on erillinen malli, jossa keskeisiä eksogeenisiä muuttujia ovat julkisen sektorin t&k-panostukset eri toimialoille ja keskeisiä eksogeenisiä parametreja ovat kotimaisten toimialojen ja teollisuustuotteiden tuontimaiden t&k-panostusten tehokkuusparametrit γ_i , julkisen sektorin vaikutus yritysten omaraahoitteisiin t&k-menoihin ja reaalian t&k-varannon poistuma-aste.

Keskeisiä endogeenisiä muuttujia t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmässä ovat toimialojen tuotekehityspanostukset, tuotannon, tuonnin, investointitavaroiden ja pääomakannan laatuindeksit sekä toimialojen ja kansantalouden kokonaistuottavuus. Endogeenisina parametreina mallijärjestelmässä ovat toimialakohtaiset kertoimet β_i , ε_{i0} , ε_{i1} ja ε_{i2} . Näiden parametrien endogeenisuus ja automaattinen estimointi osana kokonaismallin ratkaisua on tärkeää sen takia, että kun t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmää käytetään t&k-politiikan vaikutusten arviointia koskeviin simulointeihin tai toimialojen t&k-panostusten ja kokonaistuottavuuden kehityksen ennustamiseen, eksogeenista julkista t&k-rahoitusta koskevien oletusten lisäksi voidaan samanaikaisesti varioida toimialojen t&k-panostusten tehokkuusparametrien γ_i arvoja, julkisen t&k-rahoituksen vaikutusta yritysten omaraahoitteisiin t&k-menoihin tai reaalian t&k-varannon poistuma-astetta

ja silti säilyttää mallin laskema toimialojen ja koko kansantalouden kokonaistuottavuuskehitys konsistenttina suhteessa historiassa toteutuneeseen kehitykseen ja historiallisiin tilastollisiin riippuvuuksiin.

2.3 T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallin toimialat

Mallissa kansantalous on jaettu 32 toimialaan taulukon 2.1 esittämällä tavalla. Toimialavalikoima vastaa ETLAn toimialaennusteissa sovellettua toimialajakoa. 32 toimialan mallissa tehdasteollisuuden toimialoja on 15 ja palvelutoimialoja 11. Toimiala-aineisto alkaa vuodesta 1975 ja se voidaan päivittää pääosin suoraan ETLAn tietokannassa olevasta kansantalouden tilinpidon aineistosta. Kansantalouden tilinpidosta puuttuvaa kotimaisten toimialojen viennin ja ulkomailla eri toimialoilla valmistettujen tuotteiden tuonnin volyyymi- ja hinta-aineistoa on myös valmiina vuodesta 1975 lähtien (Parkkinen, Manninen ja Mäenpää 2000). Tätä aineistoa voidaan päivittää Tilastokeskuksen ja Tullihallituksen ulkomaankauppa-aineistoilla.

Toimialojen t&k-panostuksen tehokkuusparametrit γ_i estimoidaan muuttuvakertoimisesta panos-tuotosmallista. Panos-tuotosmallin perusaineistona käytetään Tilastokeskuksen laskemaa 70 toimialan panos-tuotostaulua ja vastaavaa tuonnin käyttötaulua vuodelta 2000. Panos-tuotosmallia muodostettaessa toimialat on aggregoitu 32 toimialan tasolle taulukon 2.1 esittämällä tavalla. Tämä on käytännössä riittävän yksityiskohtainen jaottelu, jolla voidaan ottaa huomioon toimialojen kytkennät muiden toimialojen välituotekäyttöön sekä tuotannon loppukäyttöön. Toimialojen t&k-menoja koskevien tietojen saatavuuden takia mallin estimoinnissa kotimaan talous voidaan käytännössä jakaa vain 20 toimialaan taulukossa 2.1 kuvatulla tavalla.

Yritysten t&k-menojen perusaineistona käytetään sähköisessä muodossa saatavissa olevaan ja säännöllisesti päivittyvään historia-aineistoon pyrkimisen vuoksi OECD:n STAN-tietokannan yhteyteen koottua ANBERD-aineistoa, jota on tässä yhteydessä täydennetty vuoden 2002 lukujen osalta Tilastokeskuksen tiedoin (Tilastokeskus 2003). OECD:n aineistossa on maittain ja toimialoittain tietoja t&k-menoista ISIC2-toimialaluokituksella vuodesta 1973 ja ISIC3-toimialaluokituksella vuodesta 1987. Aineiston puutteena on, että tietoja t&k-menoista on kattavasti lähinnä vain teollisuustoimialoilta, mutta vähemmän esimerkiksi palvelualoilta.

OECD:n tietoja käytetään perusaineistona osin sen takia, että yritysten kokonaistuotekehitysmenoista erotetaan mallissa eksogeeniseksi talouspolitiikan välineeksi julkinen t&k-rahoitus. Tästä on valmiina saatavilla pisimmät yhtenäiset aikasarjatiedot OECD:n BERD-aineistossa vuodesta 1981. Näitä tietoja on käytetty toimialojen t&k-panostusten ennustemallin kehittämiseen (Rantala 2003b).

OECD:n ja Tilastokeskuksen tiedoista saadaan kattavasti koottua historia-aikasarjat yritysten t&k-menoista ja julkisesta t&k-rahoituksesta teollisuustoimialojen ja muutamien muiden toimialojen osalta. Teollisuustoimialojen ohella t&k-menot on eritelty mallissa energia- ja vesihuollon, rakentamisen, tietoliikenteen ja liike-elämän palveluiden toimialojen t&k-menoihin. Ryhmä muut toimialat sisältää kaikki muut kotimaiset yritysten t&k-panostukset.

Taulukko 2.1 T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallin toimialat**Toimialamalli:**

01,015,B	Maatalous, riista- ja kalatalous
02	Metsätalous
C	Kaivannaistoiminta
DA	Elintarviketeollisuus
DB	Tevanake-teollisuus
DD	Puutavarateollisuus
21	Paperiteollisuus
22	Graafinen teollisuus
DF	Öljynjalostusteollisuus
DG	Kemikaaliteollisuus
DH	Muovi- ja kumiteollisuus
DI	Rakennusaineteollisuus
27	Metallinjalostusteollisuus
28	Metallituoteteollisuus
DK	Koneteollisuus
DL	Elektroniikkateollisuus
DM	Kulkuneuvoteollisuus
DN	Muu teollisuus
E	Energia- ja vesihuolto
4501,4509	Talonrakentaminen, rakennuspalvelut
4502	Maa- ja vesirakentaminen
G	Tukku- ja vähittäiskauppa
H	Majoitus- ja ravitsemistoiminta
IA	Kuljetus ja varastointi
IB	Tietoliikenne
J	Rahoitus- ja vakuutustoiminta
7021	Asuntojen omistus ja vuokraus
701,703	Muu kiinteistötoiminta
KB	Liike-elämän palvelut
O,P	Muut yksityiset palvelut ja muu toiminta
L	Julkinen hallinto; pakoll. sosiaalivakuutus
M,N	Koulutus; terveydenhuolto- ja sos. palvelut

T&k-panostukset:**Kotimaiset toimialat:**

Elintarviketeollisuus
Tevanake-teollisuus
Puutavarateollisuus
Paperiteollisuus
Graafinen teollisuus
Öljynjalostusteollisuus
Kemikaaliteollisuus
Muovi- ja kumiteollisuus
Rakennusaineteollisuus
Metallinjalostusteollisuus
Metallituoteteollisuus
Koneteollisuus
Elektroniikkateollisuus
Kulkuneuvoteollisuus
Muu teollisuus
Energia- ja vesihuolto
Rakentaminen
Tietoliikenne
Liike-elämän palvelut
Muut toimialat

Tuontimaiden teollisuus:

Saksa
Englanti
Ruotsi
Yhdysvallat
Japani

Kotimaisten toimialojen t&k-panostusten ohella mallissa ovat mukana viiden tärkeimmän Suomeen tuotavia investointitavaroita valmistavan maan teollisuuden t&k-panostukset. Ulkomaiden t&k-panostus on mukana, jotta mallissa voidaan ottaa huomioon ulkomaisiin investointitavaroihin sisältyvä tuotekehitys ja laadun muutos, joka kotimaisen investointitavarateollisuuden tuotannon laadun paranemisen ohella määrittää toimialojen pääomakannan laadun paranemista ja kokonaistuottavuuden kehitystä. Suurin osa maahantuoduista koneista, laitteista ja kuljetusvälineistä valmistetaan kone-, elektroniikka- ja kulkuneuvoteollisuudessa. Tältä osin Suomen investointitavaratuotteiden keskeisinä valmistajamaina erottuu selvästi viisi maata, eli Saksa, Englanti, Ruotsi, Yhdysvallat ja Japani. Ulkomailta tuotujen investointitavaroiden laadun paranemista ja ulkomaisen teknologian diffuusiota

Suomeen määrittää siis lähinnä näiden maiden teollisuuden t&k-panostuksen kehitys. Kyseisten maiden euromääräisiksi muunnetut reaaliset t&k-menot on painotettu mallissa yhteen vuoden 2000 tuonnin maajakaumapainoin.

3 T&k-panostusten vaikutus toimialojen tuotannon laadun sekä investointitavaroiden ja pääomakannan laadun muutoksiin

3.1 Muuttuvakertoiminen panos-tuotosmalli toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun kehityksen arvioinnissa

Aiemmassa tutkimuksessa toimialojen tuotannon laadun muutoksia mallinnettiin muuttuvakertoimisella panos-tuotosmallilla (Rantala 2003a). Mallin lähtökohtana oli ajatus siitä, että jos tuotannon laatu ei muuttuisi eikä uusia tuotteita kehitettäisi, esimerkiksi teollisuus valmistaisi annetusta raaka-ainemäärästä aina saman määrän laadultaan samanlaisina pysyviä tuotteita. Tällöin talouden panos-tuotosrakenteet pysyisivät muuttumattomina ja tavallinen kiinteäkertoiminen panos-tuotosmalli kuvaisi oikein toimialojen tuotannon sekä välituotekäytön ja välituotevalmistuksen määrällisiä riippuvuuksia. Tuotekehitys kuitenkin muuttaa tuotannon laatua ja yleensä eri tahdissa eri toimialoilla. Tuotannon laadun muutokset heijastuvat toimialojen tuotannon volyymikehitykseen ja panos-tuotosrakenteen muutoksiin sen takia, että laadun muutokset kirjataan kansantalouden tilinpidossa tuotannon volyymin muutoksiksi. Tällöin toimialojen panos-tuotosrakenteen muutosten perusteella voidaan mallintaa ja mitata toimialojen t&k-panostusten vaikutuksia tuotannon laatuun.

Aiemmassa tutkimuksessa toimialojen välituotevalmistukselle ja välituotekäytölle täsmennettiin mallit (ks. Rantala 2003a)

$$I_{it}^O = a_{i1}(Q_{it}/Q_{1t})Y_{1t} + \dots + a_{in}(Q_{it}/Q_{nt})Y_{nt}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.1a)$$

$$= R_{it}^{\gamma_i} \sum_j^n I_{ijt} R_{jt}^{-\gamma_j}, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (3.1b)$$

$$I_{it}^I = a_{i1}(Q_{1t}/Q_{it})Y_{it} + \dots + a_{ni}(Q_{nt}/Q_{it})Y_{it}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3.2a)$$

$$= R_{it}^{-\gamma_i} \sum_j^n I_{jit} R_{jt}^{\gamma_j}, \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (3.2b)$$

Muuttuja Q_{it} tarkoittaa toimialan i tuotannon laatuindeksiä vuonna t , R_{it} toimialan i reaalisen t&k-varannon indeksiä, I_{it}^O toimialan i välituotevalmistusta, I_{it}^I toimialan i välituotekäyttöä, Y_{it} toimialan i tuotosta, $I_{ijt} = a_{ij}Y_{jt}$ toimialojen välisiä välituotemyyntejä, $I_{jit} = a_{ji}Y_{it}$ toimialojen välisiä välituoteostoja ja $a_{ij} = I_{ij}/Y_j$ perusvuoden (2000) panoskertoimia.

Aiemmasta tutkimuksesta poiketen tässä tutkimuksessa t&k-panostusten vaikuttavuusparametrien estimoinnissa otetaan huomioon myös ulkomaisen t&k-panostuksen vaikutus Suomeen tuotavien teollisuustuotteiden ja muun tuonnin laadun kehitykseen. Tällöin muuttujiin I_{it}^O ja I_{it}^I sisällytetään toimialojen välituotekäyttöön ohjautunut osa tuonnista. Välituotetuonti on tässä yhteydessä jaettu teollisuustuotteiden tuontiin ja muuhun tuontiin. Teollisuustuotteiden tuonnin laadun muutoksilla on keskeinen merkitys kotimaisten investointien ja pääomakannan laadun kehityksessä.

Panos-tuotosmallin perusaineistona käytetään Tilastokeskuksen laskemaa 70 toimialan panos-tuotostaulua ja vastaavaa tuonnin käyttötaulua vuodelta 2000. Panos-tuotosmallia muodostettaessa toimialat on aggregoitu 32 toimialan tasolle jaksossa 2.3 esitetyllä tavalla. Tämä on käytännössä riittävän yksityiskohtainen jaottelu, jolla voidaan ottaa huomioon toimialojen kytkennät muiden toimialojen välituotekäyttöön sekä tuotannon loppukäyttöön. Toimialojen t&k-menoja koskevien tietojen saatavuuden takia mallin estimoinnissa kotimaan talous voidaan käytännössä jakaa vain 20 toimialaan jaksossa 2.3 kuvatulla tavalla.

Yritysten t&k-menojen perusaineistona käytetään OECD:n STAN-tietokannan yhteyteen koottua ANBERD-aineistoa, jota on täydennetty vuoden 2002 lukujen osalta Tilastokeskuksen tiedoin (Tilastokeskus 2003). OECD:n aineistossa on maittain ja toimialoittain tietoja t&k-menoista ISIC2-toimialaluokituksella vuodesta 1973 ja ISIC3-toimialaluokituksella vuodesta 1987. Aineiston puutteena on, että tietoja t&k-menoista on kattavasti lähinnä vain teollisuustoimialoilta. Panos-tuotosmallissa sekä t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallissa yritysten t&k-menoja tarkastellaan kotimaan talouden osalta siten, että kansantalous on jaettu 20 toimialaan. Teollisuustoimialojen ohella t&k-menot on eritelty mallissa energia- ja vesihuollon, rakentamisen, tietoliikenteen ja liike-elämän palveluiden toimialojen t&k-panostuksiin.

Kotimaisten toimialojen t&k-menojen ohella mallissa ovat mukana tärkeimpien Suomeen tuotavia investointitavaroita valmistavien maiden teollisuuden ja muiden toimialojen t&k-panostukset. Jäljempänä jaksossa 3.2 todetaan, että Suomen tuotavien investointitavaroiden keskeisinä valmistajamaina erottuu selvästi viisi maata, eli Saksa, Englanti, Ruotsi, Yhdysvallat ja Japani. Näiden maiden euromääräisiksi muunnetut reaaliset t&k-menot on painotettu yhteen vuoden 2000 tuonnin maajakaumapainoin.

Kotimaisten ja tuontimaiden yritysten reaalisien t&k-varannon aikasarjat on laskettu investointikertymämenetelmällä reaalisista vuotuisista t&k-menoista ja olettaen, että t&k-varannon poistuma on 10 prosenttia vuodessa. T&k-menojen deflaattorit on laskettu työvoimakustannusten ja tuotannon hinnan keskiarvona. Aiemmasta tutkimuksesta poiketen tuotannon hintamuuttujana on käytetty bruttokansantuotteen deflaattoria.

Merkittävä ongelma mallin (3.2b) soveltamisessa liittyy kansantalouden tilinpidossa toimialojen kiinteähintaisen tuotoksen ja välituotekäytön laskennassa Suomessa vielä nykyään pääsääntöisesti sovellettavaan yksinkertaiseen deflatointiin. Tällöin kiintein hinnoin laskettu toimialan kokonaisvälituotekäyttö ja samalla kiinteähintainen arvonlisäys on useimmilla toimialoilla vakiosuhteessa toimialan kiinteähintaiseen tuotokseen. Tämä merkitsee, etteivät tuotannon laadun muutokset heijastu täysin toimialojen välituotekäyttöön, jolloin mallia (3.2b) ei käytännössä voida soveltaa laadun muutosten mallintamiseen (vrt. Rantala 2003a).

Tämän tutkimuksen yhteydessä kokeiltiin korjausmenettelyä, jossa toimialojen välituotekäytölle laskettiin tuotos- ja tuontihintojen perusteella panos-tuotostaulun ja toimialojen tuonnin käyttötaulun painoja käyttäen uudet hintaindeksit. Näitä deflaattoreita käyttäen käypähintaisen välituotekäytön aikasarjoista laskettiin välituotekäytön kiinteähintaiset sarjat, jotka kuvaavat toimialojen välituotekäytön

volyymin kehitystä periaatteessa tarkemmin kuin kansantalouden tilinpidossa laskettu kiinteähintainen välituotekäyttö. Tästä korjaustoimenpiteestä huolimatta välituotekäytön mallin (3.2b) estimointi ei tuottanut järkeviä parametriestimaatteja läheskään kaikkien toimialojen kohdalla. Sen takia seuraavassa rajoitutaan vain välituotevalmistuksen mallin (3.1b) estimointitulosten tarkasteluun.

Oheisessa taulukossa 3.1 ja liitteen 1 taulukossa on esitetty mallin (3.1b) estimoinnista SUR-menetelmällä saatuja estimointituloksia vuosilta 1976-2001. Jäännöstermin autokorrelaation mallintamiseen on sovellettu AR(1)-täsmennystä. Liitteen 1 taulukon estimointitulosten mukaan t&k-panostuksilla on ollut kertoimien γ_i t-lukujen perusteella arvioiden tilastollisesti selvästi merkitsevä positiivinen vaikutus tuotannon laatuun useimmilla toimialoilla. Tilastollisesti merkitsevimpiä positiivisia vaikutuksia voidaan todeta rakennusaineteollisuuden, metallituoteteollisuuden, elektroniikkateollisuuden, rakentamisen, tietoliikenteen, liike-elämän palveluiden ja ulkomaisten teollisuustuotteiden kohdalla. Joillakin keskitason ja matalan teknologian teollisuusaloilla kertoimet tulevat kuitenkin negatiivisiksi. Syynä saattavat olla muun muassa kansantalouden tilinpidon virheet toimialojen tuotoksen volyymin laskennassa sekä selittävien muuttujien multikollineaarisuus mallissa (3.1b). Kertoimien välillä on muutenkin melko suurta hajontaa. Näistä syistä on perusteltua estimoida t&k-panostuksen tehokkuusparametrit myös siten, että kertoimille asetetaan mallissa yhtälöiden välisiä rajoituksia.

Taulukon 3.1 esittämissä estimointikokeissa kotimaan talouden osalta on estimoitu yhteinen parametri ICT-klusterin toimialoille ja toisaalta yhteinen parametri kaikille muille toimialoille. Välituotetuonnissa on rajattu samaksi ulkomaisen teollisuuden ja muun tuonnin t&k-panostusten kertoimet. Havaitaan, että elektroniikkateollisuudesta, tietoliikenteestä ja liike-elämän palveluista muodostetun ICT-klusterin t&k-panostuksen tehokkuus on parametrin γ_i koon perusteella lähes kaksinkertainen verrattuna muiden kotimaisten toimialojen t&k-panostuksen keskimääräiseen tehokkuuteen. Kun kertoimet γ_i rajataan samoiksi kaikkien kotimaisten toimialojen osalta, tulokseksi saadaan, että kotimaisten toimialojen t&k-panostuksen tehokkuus vastaa tuontimaiden t&k-panostuksen keskimääräistä tehokkuutta.

Muuttuvakertoimisen panos-tuotosmallin estimoinnilla saatavat kertoimet ovat suuntaa-antavia lähtöarvoja t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallissa sovellettaville parametriarvoille. T&k-panostuksen tuottavuusvaikutusten simulointien ja ennusteiden yhteydessä kertoimia on vielä hienosäädettävä siten, että mallilla laskettu tuottavuuskehitys vastaa historiallista tuottavuuskehitystä. Jäljempänä luvuissa 4 ja 5 tarkasteltavat mallisimuloinnit ja -ennusteet on tehty olettaen, että tuotannon laadun joustokerroin reaalisen t&k-varannon suhteen on elektroniikkateollisuudessa 0.4, muiden teollisuustoimialojen ja tuonnin kohdalla 0.2, tietoliikenteen ja liike-elämän palveluiden tapauksessa 0.3, energia- ja vesihuollon sekä rakentamisen osalta 0.1 ja muiden toimialojen kohdalla 0.01. Parametriarvot vastaavat suuruusluokaltaan muuttuvakertoimisen panos-tuotosmallin estimoinnista saatuja arvioita, mutta kertoimia on lisäksi hienosäädetty toimialojen historiallisen kokonaistuottavuuskehityksen perusteella.

Taulukko 3.1 Toimialojen t&k-panostuksen tehokkuusparametrit estimoituina välituotevalmistuksen ja -tuonnin I^0_{it} mallilla vuosilta 1976-2001

	γ_i	t
ICT-klusteri	0.44	17.9
Muut kotimaiset toimialat	0.23	15.4
Ulkomaiset tuotteet	0.27	4.4
Kotimaiset toimialat	0.26	17.4
Ulkomaiset tuotteet	0.26	4.2
Kotimaiset toimialat ja tuontituotteet	0.26	20.2

t = kertoimen t-testisuureen arvo

3.2 Investointitavaroiden ja pääomakannan laadun muutokset

Toimialojen tuotannon laatuindeksit voidaan laskea toimialojen reaalisen t&k-varannon indeksien perusteella siten, että

$$Q_{it} = R_{it} \gamma_i. \quad (3.3)$$

Muuttuja Q_{it} tarkoittaa toimialan i tuotannon laatuindeksiä ja muuttuja R_{it} toimialan i reaalisen t&k-varannon indeksiä vuonna t. Samalla periaatteella lasketaan tuontitavaroiden laatuindeksit tuontimaiden reaalisten t&k-varantojen indekseistä.

Toimialojen tuotannon laatuindeksien ja tuonnin laatuindeksien pohjalta voidaan arvioida investointitavaroiden laadun kehitystä. Investointitavararyhmän k laatuindeksi Q_{ikt} lasketaan panos-tuotostilaston investointien muuntomatriisin elementeillä I_{jk} painotettuna keskiarvona investointitavaroita tuottavien kotimaisten toimialojen tuotannon ja tuonnin laatuindekseistä Q_{jt}

$$Q_{ikt} = \sum_j (I_{jk} / \sum_j I_{jk}) Q_{jt}. \quad (3.4)$$

Investointitavaroiden laatuindeksien avulla voidaan laskea pääomakannan laatuindeksit pääomatavararyhmittäin ja toimialoittain. Pääomatavararyhmän k laadun muutoksista puhdistettu investointien määrä I'_{ikt} toimialalla i saadaan kansantalouden tilinpidon mukaisista kiintein hinnoin lasketuista investoinneista I_{ikt} ja investointien laatuindekseistä Q_{ikt} siten, että

$$I'_{ikt} = I_{ikt} / Q_{ikt}. \quad (3.5)$$

Toimialan i pääomatavararyhmän k laadunmuutoksista puhdistetun pääomakannan määrä K'_{ikt} vuonna t lasketaan kyseisen vuoden investointien määrästä I'_{ikt} poistuma-asteesta δ_{ikt} ja edellisvuoden pääomakannan määrästä investointikertymämallilla

$$K'_{ikt} = I'_{ikt} + (1 - \delta_{ikt}) K'_{ikt-1}. \quad (3.6)$$

Pääomakantalaskelmien alkuarvoina ovat kansantalouden tilinpidon mukaiset kiinteähintaisen pääomakannan tiedot vuodelta 1975.

Toimialojen investointien volyymimuuttujina I_{ikt} käytetään kansantalouden tilinpidon kiintein hinnoin laskettuja investointeja ja pääomakannan volyymimuuttujina K_{ikt} kiinteähintaisen bruttopääomakannan aikasarjoja vuodesta 1975. Ennusteissa ja simuloinneissa pääomakannan volyymin kehitystä määrittää yhtälö

$$K_{ikt} = I_{ikt} + (1 - \delta_{ikt})K_{ikt-1}. \quad (3.7)$$

Sama yhtälö määrittää investointien ja pääomakannan volyymin kehityksen perusteella historiallisten poistuma-asteiden aikasarjat $\delta_{ikt} = (I_{ikt} - (K_{ikt} - K_{ikt-1})) / K_{ikt-1}$. Mallisimuloinneissa ja –ennusteissa poistuma-asteet kiinnitetään tällä tavoin laskettuihin historia-arvoihin. Kansantalouden tilinpidossa kiinteän pääoman kulumisen lasketaan monimutkaisemmin, mutta sovellettu menetelmä toimii poistuma-asteiden laskennassa siinä mielessä kohtuullisesti, että historialliset toimialoitteiset poistuma-asteet eri pääomatavararyhmissä pysyvät melko vakaina ajassa.

Pääomatavararyhmän k pääomakannan laatuindeksi Q_{Kkt} voidaan laskea pääomatavararyhmän k kansantalouden tilinpidon mukaisen kokonaispääomakannan volyymin $K_{kt} = \sum_i K_{ikt}$ ja vastaavan laadun muutoksista puhdistetun kokonaispääomakannan $K'_{kt} = \sum_i K'_{ikt}$ suhteena

$$Q_{Kkt} = K_{kt} / K'_{kt}. \quad (3.8)$$

Tämän perusteella kunkin toimialan kokonaispääomakannan laatuindeksi Q_{Kit} laskettiin aiemmassa tutkimuksessa toimialan i pääomatavararyhmittäin aggregoidun kansantalouden tilinpidon mukaisen pääomakannan volyymin $K_{it} = \sum_k K_{ikt}$ ja laadun muutoksista puhdistetun kokonaispääomakannan $K'_{it} = \sum_k K'_{ikt}$ suhteena (Rantala 2003a)

$$Q_{Kit} = K_{it} / K'_{it}. \quad (3.9)$$

Tässä yhteydessä sovelletaan sen sijaan kasvutilinpidon menettelytapaa, jossa toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua arvioitaessa pääomakannan komponenttien kasvuvaiikutuksia painotetaan yhteen pääoman käyttäjäkustannuksin (esim. Jorgenson, Gollop ja Fraumeni 1987, Jorgenson ja Stiroh 2000, OECD 2001, Jalava 2002). Pääomakannan laadun paraneminen otetaan toimialojen tuotantofunktioissa huomioon painottamalla edellä kuvattujen kolmen pääomatavararyhmän laatuindeksit kullakin toimialalla yhteen toimialan pääomakannan käyttäjäkustannuksin UC_{ik} siten, että toimialan i kokonaispääomakannan laadun logaritminen muutos vuonna t on

$$\Delta \ln Q_{Kit} = \sum_k (UC_{ik} / \sum_k UC_{ik}) \Delta \ln Q_{Kkt}. \quad (3.10)$$

Kasvutilinpitolaskelmissa käytetään yleensä muuttuvia painoja. Tässä yhteydessä painot $UC_{ik} / \sum_k UC_{ik}$ ovat sen sijaan historia-aineistosta estimoituja keskiarvoja, koska ennustemallissa painot on käytännössä melkein välttämättä parametrisoitava, jotta yhtälömäärältään suuri malli voidaan pitää hallittavana.

Pääomakantaerien käyttäjäkustannusten aikasarjat lasketaan kaavalla¹

$$UC_{ikt} = (r_{ikt} + d_{ikt} - \pi_{ikt})P_{ik,t-1}K_{ik,t-1}^n. \quad (3.11)$$

Muuttuja r_{ikt} viittaa toimialan i pääomahyödykkeen k tuottoasteeseen ja toisaalta sen omistamiselle vaihtoehtoisen sijoituksen tuottoon. Tekijä $r_{ikt}P_{ik,t-1}K_{ik,t-1}^n$ tarkoittaa kansantalouden tilinpidon mukaista toimintaylijäämää. Muuttuja P_{ikt} tarkoittaa investointien hintaa ja K_{ikt}^n nettopääomakannan volyymia. Tekijä $d_{ikt}P_{ik,t-1}K_{ik,t-1}^n$ tarkoittaa kansantalouden tilinpidon mukaisten investointien ja nettopääomakannan muutosten perusteella laskettua pääoman kulumista. Muuttuja $\pi_{ikt} = (P_{ikt} - P_{ik,t-1})/P_{ik,t-1}$ tarkoittaa pääomahyödykkeen k omistamiseen toimialalla i liittyvää pääomavoittoa.

Kansantalouden tilinpidon aineistosta ei saada kaikkea tarvittavaa tietoa käyttäjäkustannusten laskemiseen pääomatavararyhmittäin täsmälleen edellä esitetyn kaavan mukaan. Kansantalouden tilinpidossa on tiedot toimialakohtaisesta pääomakannan kulumisesta ja investointitavaroiden hinnoista pääomatavararyhmittäin. Sen sijaan pääoman tuoton mittarina käytettävää toimintaylijäämää ei lasketa pääomatavararyhmittäin, vaan ainoastaan toimialoittain. Tässä yhteydessä toimintaylijäämä on jaettu kullakin toimialalla pääomakannan erille niiden osuuksilla toimialan kokonaispääomakannasta.

Investoinnit ja pääomakanta on jaettu mallissa kolmeen pääomatavararyhmään, eli kone-, laite- ja kuljetusvälinepääomakantaan, tietokoneohjelmistoihin sekä rakennuspääomakantaan². Kansantalouden tilinpidossa investoinnit ja pääomakanta jaetaan useampiin pääomatavararyhmiin, mutta mallin hallittavuus 32 toimialan tasolla vaatii pääomakanta-aineiston aggregointia suurempiin pääomatavararyhmäkokonaisuuksiin. Ryhmittelyssä on kuitenkin syytä ottaa huomioon eri pääomatavaroiden merkitys toimialojen tuotantoprosessien kannalta. Valittu kolmijako on luonteva yhtäältä toimialojen tuotantofunktioiden mallintamisen kannalta ja toisaalta myös sen takia, että tällä jaolla voidaan ottaa riittävän yksityiskohtaisesti huomioon investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostuksen ja tuotannon laadun vaikutus investointitavaroiden laadun kehitykseen.

Taulukko 3.2 kuvaa edellä määriteltyjen kolmen pääomatavararyhmän tasolla Tilastokeskuksen vuoden 2000 panos-tuotoslaskennan investointien muuntomatriisin mukaista kotimaisten ja ulkomaisten investointitavaroiden valmistusta toimialoittain. Taulukosta havaitaan, että suurin osa kotimaisista koneista, laitteista ja kuljetusvälineistä valmistetaan kone-, elektroniikka- ja kulkuneuvoteollisuudessa.

¹ Investointitavaroiden käyttäjäkustannusten määräytymisen perustana on investointitavaroiden omistamisen kannattavuutta määrittelevä arbitraasiehto. Tavallisesti se kirjoitetaan pääomatavararyhmän k investointitavaroiden tapauksessa muotoon $(1+i_t)P_{ik,t-1} = c_{ikt} + (1-d_{ikt})P_{ikt}$, eli $c_{ikt} = i_t P_{ik,t-1} + d_{ikt} P_{ikt} - \Delta P_{ikt}$, missä i_t tarkoittaa nimelliskorkoa periodilla t ja $c_{ikt} = UC_{ikt}/K_{ik,t-1}^n$ (vrt. Jorgenson ja Stiroh 2000).

² Kansantalouden tilinpidossa laskettava aineeton pääoma sisältää tietokoneohjelmistojen ohella myös mineraalien etsinnän sekä viihteen, kirjallisuuden ja taiteen alkuperäisteokset, mutta ohjelmistot ovat selvästi aineetonta pääomaa hallitseva erä. Rakennuspääomakannan ryhmään on tässä yhteydessä sisällytetty muu edellä mainitsematon kansantalouden tilinpidossa laskettava pääomakanta, eli kasvatettavat varat sekä maan ja muiden valmistamattomien varojen arvon lisäys, kuten maan perusparannukset. Rakennukset ovat kuitenkin tätä ryhmää selvästi hallitseva pääomakannan erä.

Merkittävin valmistaja on elektroniikkateollisuus, erityisesti tietoliikennevälineteollisuus. Ulkomailta ostetut koneet, laitteet ja kuljetusvälineet muodostavat lähes puolet tämän pääomatavararyhmän investoinneista. Ulkomaisessa valmistuksessa ovat hallitsevina samat toimialat kuin kotimaassa. Elektroniikkateollisuuden ja erityisesti tietoliikennevälineteollisuuden osuus on kuitenkin tuonnissa jonkin verran pienempi kuin kotimaaisessa tuotannossa.

Tietokoneohjelmistot tuotetaan liike-elämän palveluiden toimialalla. Tietokoneohjelmistoihin käytettävistä investointimenoista suurin osa jää kotimaahan. Rakennusinvestoinnit ovat jo lähtökohtaisesti kotimaisten toimialojen tuotantoa. Suurin osa rakennuksista on talonrakentamisen toimialan tuotantoa ja loppuosa lähinnä maa- ja vesirakentamisen sekä kiinteistötoiminnan tuotantoa. Kotimaisen investointitavaratuotannon ja siitä kumuloituvan pääomakannan laadun kehitystä määrittää siis ennen kaikkea edellä mainittujen metalliteollisuuden toimialojen, rakentamisen ja liike-elämän palveluiden t&k-panostuksen kehitys.

Taulukko 3.2 Kotimaisten ja ulkomaisten investointitavaroiden valmistus toimialoittain vuonna 2000, milj. €

	Koneet, laitteet ja kuljetus- välineet	Tietokone- ohjelmistot ym. aineeton pääoma	Rakennukset ja muu pääoma- kanta
<u>Kotimainen tuotanto:</u>			
Metallituoteteollisuus	214		
Koneteollisuus	939		
Elektroniikkateollisuus	2052		
Tietoliikennevälineteollisuus	1709		
Muu elektroniikkateollisuus	343		
Kulkuneuvoteollisuus	551		
Muu teollisuus	101		
Talonrakentaminen			10649
Maa- ja vesirakentaminen			1967
Kiinteistötoiminta			1776
Liike-elämän palvelut		1750	
Muut toimialat	125	188	56
Kotimaiset toimialat yhteensä	3980	1938	14449
<u>Tuonti:</u>			
Metallituoteteollisuus	30		
Koneteollisuus	1210		
Elektroniikkateollisuus	1624		
Tietoliikennevälineteollisuus	599		
Muu elektroniikkateollisuus	1025		
Kulkuneuvoteollisuus	620		
Muu teollisuus	90		
Liike-elämän palvelut		266	
Muut toimialat		20	
Ulkomaiset toimialat yhteensä	3573	286	
Arvonlisä- ym. tuoteverot	253	77	1197
Investointimenot yhteensä	7806	2301	15646

Taulukko 3.3 kuvaa Tullihallituksen ulkomaankauppatilaston mukaisesti investointitavaroita valmistavien teollisuustoimialojen tuotteiden tuontia ja muuta tuontia Suomeen vuonna 2000 (Tullihallitus 2003). Suurin osa maahantuoduista koneista, laitteista ja kuljetusvälineistä valmistetaan kone-, elektroniikka- ja kulkuneuvoteollisuudessa. Tältä osin Suomeen tuotujen investointihyödykkeiden keskeisinä valmistajamaina erottuu selvästi viisi maata, eli Saksa, Englanti, Ruotsi, Yhdysvallat ja Japani. Ulkomailta tuotujen investointitavaroiden laadun kehitystä ja ulkomaisen teknologian diffuusiota Suomeen määrittää siis ennen kaikkea näiden maiden teollisuuden t&k-panostuksen kehitys.

Taulukko 3.3 Teollisuustoimialoilla valmistettujen tavaroiden tuonti ja muu tuonti vuonna 2000, milj. €

	Saksa	Englanti	Ruotsi	Yhdys- vallat	Japani	Koko tuonti
Metallituoteteollisuus	179	41	168	30	12	799
Koneteollisuus	857	234	577	215	188	3505
Elektroniikkateollisuus	1165	748	518	1333	1342	9468
Tietoliikennevälineiteollisuus	324	254	230	749	739	4856
Muu elektroniikkateollisuus	841	493	289	584	603	4612
Kulkuneuvoteollisuus	1218	235	317	396	263	3425
Muu teollisuus	1740	777	2038	406	155	13000
Teollisuustuotteet yhteensä	5159	2034	3618	2380	1960	30197
Muu tuonti	96	346	198	228	1	6640
Tuonti yhteensä	5255	2380	3816	2608	1962	36837

4 Toimialojen erot julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuudessa

4.1 Tuotekehityksen tehokkuuserot ja talouden rakennetekijät julkisen t&k-rahoituksen toimialakohtaisten vaikuttavuuserojen taustalla

Keskeinen tavoite t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmän rakentamisessa on, että mallia voidaan käyttää t&k-politiikan vaikutuksia kuvaaviin simulointeihin sekä toimialojen t&k-menojen ja tuottavuuden kehityksen ennustamiseen. Seuraavassa tarkastellaan eräitä julkisen t&k-rahoituksen optimaaliseen toimiala-allokointiin liittyviä näkökohtia simuloimalla mallia siten, että julkisen t&k-rahoituksen lisäys sijoitetaan vuorotellen kullekin tarkasteltavalle toimialalle. Mallilla lasketaan kunkin toimialan t&k-panostuksen lisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Kansantalouden kokonaistuottavuuden lisäys on siis tässä yhteydessä julkisen t&k-rahoituksen kansantaloudellisen vaikuttavuuden mittari. Seuraavassa tarkastellaan yhtäältä toimialojen reaalisen t&k-varannon samanlaisen suhteellisen lisäyksen ja toisaalta toimialakohtaisesti samansuuruisen euromääräisen t&k-menojen lisäyksen vaikutuksia kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun.

Toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät mallissa jaksossa 2.2 täsmennetyn tuotantofunktion mukaisesti kunkin toimialan tuotannon laadun paraneminen, pääomakannan ja työpanoksen laadun paraneminen sekä lyhyen ajan kysyntäsokkien vaikutukset huomioonottava tuottavuuden kasvun suhdannekomponentti. Tuottavuusvaikutusarvioiden lähtökohtana ovat toimialakohtaiset yritysten t&k-panostukset, jotka koostuvat omarahoitteisista t&k-menoista ja toimialalle annetusta julkisesta t&k-rahoituksesta. Toimialakohtaiset julkisen sektorin t&k-panostukset ovat mallin keskeisiä eksogeenisiä talouspolitiikan välinemuuttujia.

Malli kumuloi reaalisten t&k-menojen ja reaalisen t&k-varannon poistuman perusteella reaalisen t&k-varannon kasvu-uran kullekin toimialalle. Poistumaksi oletetaan 10 prosenttia vuodessa. Toimialojen tuotekehityksosaamisen parantumista mittaavat reaalisen t&k-varannon kasvu-urat määrittävät toimialojen tuotannon laadun paranemisen vauhtia. Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun paraneminen määrittävät puolestaan investointien ja pääomakannan laadun paranemista ja toimialojen kokonaistuottavuuden kehitystä jaksoissa 2.2 ja 3.2 kuvatulla tavalla.

Julkisen t&k-rahoituksen vaikutus yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin otetaan mallissa huomioon eksogeenisesti säädeltävin kertoimin, joiden suuruutta voidaan haluttaessa muuttaa siten, että julkinen t&k-rahoitus voi olla yritysten omarahoitteisia t&k-panostuksia kannustava tai syrjäyttävä tai vaikutuksiltaan neutraali. Useimmiten vaikutus oletetaan politiikkasimuloinneissa ja ennusteissa neutraaliksi, mikä vastaa toimialatason aineiston ekonometrisessä tutkimuksessa saatua päätulosta (ks. Rantala 2003b).

T&k-panostusten vaikutus toimialojen ja kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun riippuu myös muista mallissa sovellettavista parametriarvoista. Tuotekehityspanostusten muutosten vaikutukset tuotannon laadun kautta toimialojen tuottavuuteen riippuvat toimialojen t&k-panostuksen tehokkuusparametrien arvoista. Jaksossa 3.1 esitettyjen ekonometristen tulosten valossa t&k-panostus vaikuttaa

tuotannon laatuun tehokkaimmin ICT-klusterin toimialoilla, eli elektroniikkateollisuudessa, tietoliikenteessä ja liike-elämän palveluissa. Tästä syystä näillä toimialoilla myös t&k-panostuksen tuottavuusvaikutukset ovat jo lähtökohtaisesti keskimääräistä suurempia. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että ICT-klusterin toimialat kokonaisuudessaan osoittautuisivat lopulta parhaiksi sijoituskohteiksi julkiselle t&k-rahoitukselle silloin kun julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuutta arvioidaan kansantalouden kokonaistuottavuuskehityksen kannalta.

Tuotannon laadun ohella toinen keskeinen t&k-panostuksen vaikutuksia kokonaistuottavuuteen välittävä tekijä mallissa on investointitavaroiden ja pääomakannan laatu. T&k-rahoituksen vaikuttavuus riippuu kunkin toimialan kohdalla parametriarvosta, jolla pääomakannan laadun paraneminen vaikuttaa toimialan kokonaistuottavuuden kasvuun. Pääomakannan laadun paranemisella on suurin vaikutus kokonaistuottavuuden kasvuun pääomavaltaisilla prosessituotantoaloilla, kuten paperiteollisuudessa, kemianteollisuudessa ja metallinjalostusteollisuudessa. Tässä suhteessa toista ääripäätä edustaa pääosa yksityisen ja julkisen sektorin palvelualoista, joiden tuottavuuskehitykseen tuotantoteknologian paranemisella ei ole juuri vaikutusta sen takia, että näillä toimialoilla kokonaistuottavuuden kasvu on kansantalouden tilinpidon mukaan yliäärtään varsin vähäistä tai peräti olematonta.

Tuotantoteknologian paranemisen tuottavuusvaikutuksiin liittyvä erityiskysymys on eri pääomatavararyhmien mahdollinen erilainen merkitys toimialojen kokonaispääomakannan laadun ja tuotantoteknologian kehityksessä. Asuntojen omistuksen ja muun kiinteistötoiminnan toimialoilla pääomakanta koostuu lähes yksinomaan rakennuksista. Kansantalouden tilinpidon mukaan näillä toimialoilla kokonaistuottavuuden kasvu on ollut hyvin vähäistä tai likimain olematonta. Tämä viittaa epäsuorasti siihen, että rakennuspääomakannan laadun paranemisella ei ole juuri vaikutusta kokonaistuottavuuden kasvuun. Tämä voidaan ottaa simuloinneissa ja ennusteissa huomioon, sillä mallissa on kullakin toimialalla mahdollisuus painottaa kone-, ohjelmisto- ja rakennuspääomakantaa jaksossa 3.2 kuvatun käyttäjäkustannuspainotuksen ohella esimerkiksi siten, että rakennuspääomakannan paino asetetaan nolllaksi pääomakannan laatuindeksin laskennassa. Näin on menetelty jäljempänä tarkasteltavissa laskelmissa.

Mallin parametrien ohella julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus riippuu keskeisesti myös kansantalouden toimialarakenteesta ja siitä, millaisessa talouden lähtötilanteessa arviointia tehdään. Tuloksiin heijastuvat muun muassa erot aiemmista t&k-panostuksista kumuloituneen reaalisen t&k-varannon tasoissa eri toimialoilla, erot toimialojen tärkeydessä investointitavaroiden tuottajina ja laajemminkin erot toimialojen merkityksessä osana kansantaloutta.

Toimialojen erot teknologiatasossa ja t&k-intensiivisyydessä heijastuvat siihen, millainen t&k-varanto ja tuotekehitysosaaminen niille on kerääntynyt historiassa. Reaalinen t&k-varanto on suuri korkean teknologian toimialoilla, ennen kaikkea paljon tuotekehitykseen panostaneessa ICT-klusterissa. Reaalinen t&k-varanto on pieni matalan teknologian toimialoilla, kuten alkutuotannossa, rakentamisessa ja useilla palvelualoilla, joilla t&k-panostus on ollut melko vähäistä, kuten taulukosta 4.1 havaitaan.

Lähtötilanteessa suuren t&k-varannon omaavilla korkean teknologian toimialoilla tarvitaan tietyn tuotannon laatutason nousun aikaansaamiseen euromääräisesti paljon suurempia lisäpanostuksia tuotekehitykseen kuin matalan teknologian toimialoilla. Julkisen t&k-rahoituksen kannalta tämä on ongelma sen takia, että julkisella t&k-rahoituksella on euromääräinen budjettirajoite. Tästä syystä voi käydä niin, että kiinteän budjetin puitteissa jaettavissa olevalla julkisella t&k-rahoituksella aikaansaadaan parempia tuloksia muilla kuin korkeimman teknologian toimialoilla. Julkisen t&k-rahoituksen toimialakohtaisen allokoinnin vaikutuksia kansantalouden kokonaistuottavuuteen ei voida kuitenkaan päätellä ilman mallipohjaista arviointia ja tässä suhteessa seuraavankaltainen tarkastelu voi olla hyödyllistä t&k-politiikan peruslinjausten pohdiskelussa.

Taulukko 4.1 Toimialojen reaaliset t&k-menot ja reaalin t&k-varanto vuonna 2004

	Reaaliset t&k-menot 2004		Reaalin t&k-varanto 2004	
	milj. €	osuus, %	milj. €	osuus, %
Elintarviketeollisuus	33	1.0	441	2.0
Tevanake-teollisuus	10	0.3	100	0.5
Puutavarateollisuus	12	0.4	117	0.5
Paperiteollisuus	76	2.4	762	3.5
Graafinen teollisuus	6	0.2	44	0.2
Öljynjalostusteollisuus	19	0.6	203	0.9
Kemikaaliteollisuus	223	7.1	2014	9.3
Muovi- ja kumiteollisuus	32	1.0	353	1.6
Rakennusaineteollisuus	16	0.5	184	0.8
Metallinjalostusteollisuus	32	1.0	343	1.6
Metallituoteteollisuus	73	2.3	477	2.2
Koneteollisuus	199	6.3	1882	8.7
Elektroniikkateollisuus	1869	59.5	11080	51.0
Kulkuneuvoteollisuus	44	1.4	396	1.8
Muu teollisuus	18	0.6	126	0.6
Energia- ja vesihuolto	11	0.4	276	1.3
Rakentaminen	61	1.9	291	1.3
Tietoliikenne	115	3.6	1009	4.6
Liike-elämän palvelut	192	6.1	1069	4.9
Muut toimialat	102	3.2	553	2.5
Toimialat yhteensä	3143	100.0	21721	100.0

Toimialan tuotannon osuus kansantalouden kokonaistuotannosta on luonnollisesti keskeinen rakennetekijä, joka määrittää kunkin toimialan kokonaistuottavuuden vaikutusta kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Suomen talouden ja teollisuuden nykyisestä tuotantorakenteesta lähtien esimerkiksi elektroniikkateollisuuden, muun metalliteollisuuden ja metsäteollisuuden tuottavuuteen vaikuttamalla voidaan vaikuttaa merkittävästi koko kansantalouden tuottavuuskehitykseen.

Mallin mukaan tuottavuuskehitystä määrittää keskeisesti uuden teknologian diffuusio investointitavaroiden kaupan kautta investointitavaroita tuottavilta toimialoilta niitä käyttäville toimialoille. Näin ollen eri toimialojen merkitys investointitavaroiden tuottajina, erityisesti koneiden, laitteiden ja kuljetusvälineiden sekä

tietokoneohjelmistojen tuotannossa, on keskeinen t&k-panostuksen tuottavuusvaikutuksia määrittävä rakennetekijä.

Jaksossa 3.2 todettiin, että suurin osa kotimaisista koneista, laitteista ja kuljetusvälineistä valmistetaan kone-, elektroniikka- ja kulkuneuvoteollisuudessa. Merkittävin valmistaja on elektroniikkateollisuus. Tietoliikennevälineiteollisuudella on viime vuosina ollut jopa yllättävän iso merkitys investointitavaroiden kotimaisessa tuotannossa. Toinen investointien kannalta tärkeä ICT-klusterin toimiala on liike-elämän palveluiden toimiala, jolla tuotetaan kansantalouden tilinpidossa aineettomaan pääomaan luettavat tietokoneohjelmistot.

Investointitavaroiden kotimaisen tuotannon toimialarakenteen ohella investointien ja pääomakannan laadun paranemisen kautta syntyviin tuottavuusvaikutuksiin vaikuttaa olennaisesti se, kuinka investointimenot jakaantuvat kotimaisten hankintojen ja tuonnin kesken. Suomalle on ollut tyypillistä melko suuri tuontialttius kone-, laite- ja kuljetusvälineinvestoinneissa. Suuri investointitavaroiden tuontiosuus luonnollisesti vähentää kotimaisen t&k-panostuksen merkitystä tuotantoteknologian kehityksessä ja tuottavuuden kasvussa.

4.2 Toimialakohtaisten t&k-panostusten vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen

Seuraavassa tehdään simulointikokeita t&k:n vaikuttavuusarviointimallilla sijoittamalla tietty julkisen t&k-rahoituksen lisäys vuorotellen kullekin tarkasteltavalle toimialalle. Mallilla lasketaan t&k-panostuksen lisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen, joka on siis tässä yhteydessä mittari julkisen t&k-rahoituksen kansantaloudelliselle vaikuttavuudelle. T&k-panostuksen kasvu oletetaan tilapäiseksi ja kertaluonteiseksi ja ajoitetaan vuoteen 2005. Tuotannon laadun joustokertoimiksi reaalisen t&k-varannon suhteen oletetaan elektroniikkateollisuudessa 0.4, muiden teollisuustoimialojen ja tuonnin kohdalla 0.2, tietoliikenteen ja liike-elämän palveluiden tapauksessa 0.3, energia- ja vesihuollon sekä rakentamisen osalta 0.1 ja muiden toimialojen kohdalla 0.01. Parametriarvot vastaavat suuruusluokaltaan jaksossa 3.1 esitettyjä ekonometrisesti estimoimalla saatuja arvioita, mutta niitä on tässä yhteydessä hienosäädetty toimialojen historiallisen kokonaistuottavuuskehityksen perusteella.

Ensimmäisenä simulointikokeena tarkastellaan tapausta, jossa toimialojen reaalista t&k-varantoa kasvatetaan vuonna 2005 10 prosenttia vuorotellen kunkin tarkastelussa mukana olevan toimialan kohdalla. Mallilla simuloidaan tämän t&k-panostuksen lisäyksen vaikutuksia kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun.

Edellä todettiin, että lähtötilanteessa suuren t&k-varannon ja -osaamisen omaavilla korkean teknologian toimialoilla tarvitaan tietyn tuotannon laatutason nousun aikaansaamiseen euromääräisesti paljon suurempia lisäpanostuksia tuotekehitykseen kuin matalan teknologian toimialoilla. Taulukoista 4.1 ja 4.2 havaitaan, että reaalisen t&k-varannon kasvattamiseen 10 prosentilla tarvitaan elektroniikkateollisuudessa yli miljardin euron lisäys t&k-menoihin, mutta useimmilla muilla teollisuustoimialoilla tähän riittää muutaman kymmenen tai muutaman sadan miljoonan euron lisäys t&k-menoihin. Näin ollen tämän ensimmäisen simulointikokeen asetelma ei sovellu oikeastaan kovinkaan hyvin kuvaamaan kiinteän euromääräisen budjettirajoitteen

puitteissa harjoitettavan julkisen t&k-rahoituksen toimiala-allokoinnin päätöksentekotilannetta. Tällä simulointikokeella pyritäänkin havainnollistamaan lähinnä sitä, kuinka toimialojen erot tuotekehityksen tehokkuudessa, investointitavaroiden tuotannossa ja kansantalouden tuotantoprosessissa heijastuvat kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Simulointien tulokset esitetään taulukossa 4.2 siten, että kokonaistuottavuusvaikutus jaetaan tuotannon laadun ja tuotantoteknologian paranemisen vaikutuksiin. Taulukko esittää t&k-panostuksen lisäyksen kumulatiivisia vaikutuksia kansantalouden kokonaistuottavuuteen vuosina 2005-2030. Taulukossa esitetty kokonaistuottavuuden lisäys tarkoittaa t&k-panostuksen lisäyksen mukaisen laskelman ja peruslaskelman välistä eroa summattuna yli vuosien 2005-2030.

Taulukko 4.2 Toimialan vuoden 2005 reaalisen t&k-varannon 10 prosentin lisäyksen kumulatiivinen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen vuosina 2005-2030

	Lisäys vuoden 2005 reaalisiin t&k-menoihin milj. €	Vaikutus kansantaloudessa 2005-2030		
		Kokonais- tuottavuuden lisäys yhteen- laskettuna %	Tuotannon laadun paranemisen kautta %-yksikköä	Tuotanto- tekniikan paranemisen kautta %-yksikköä
Elintarviketeollisuus	44	0.6	0.6	0.0
Tevanake-teollisuus	10	0.1	0.1	0.0
Puutavateollisuus	12	0.4	0.4	0.0
Paperiteollisuus	76	1.1	1.1	0.0
Graafinen teollisuus	4	0.3	0.3	0.0
Öljynjalostusteollisuus	20	0.3	0.3	0.0
Kemikaaliteollisuus	201	0.4	0.4	0.0
Muovi- ja kumiteollisuus	35	0.2	0.2	0.0
Rakennusaineteollisuus	18	0.2	0.2	0.0
Metallinjalostusteollisuus	34	0.5	0.5	0.0
Metallituoteteollisuus	48	0.5	0.3	0.2
Koneteollisuus	188	1.6	0.7	0.9
Elektroniikkateollisuus	1108	7.7	3.2	4.5
Kulkuneuvoteollisuus	40	0.7	0.2	0.5
Muu teollisuus	13	0.2	0.1	0.1
Energia- ja vesihuolto	28	0.2	0.2	0.0
Rakentaminen	29	0.4	0.4	0.0
Tietoliikenne	101	0.7	0.7	0.0
Liike-elämän palvelut	107	3.0	1.4	1.6
Muut toimialat	55	0.4	0.4	0.0

Taulukon 4.2 tuloksista havaitaan, että t&k-varannon samansuuruisen suhteellisen muutoksen muodossa tapahtuvalla t&k-panostuksen lisäyksellä on suurin vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun, jos lisäpanostus tehdään elektroniikkateollisuuteen. Toiseksi suurin vaikutus aikaansaadaan panostuksella liike-elämän palveluiden ohjelmistotuotannon tuotekehitykseen. Kolmanneksi suurin vaikutus on koneteollisuuden t&k-varannon ja -osaamisen kasvattamisella. Kaikki nämä toimialat tuottavat investointihyödykkeitä ja menestyvät vertailussa suurelta osin siksi, että näille toimialoille tehdyillä t&k-panostuksilla voidaan aikaansaada

merkittävä ja pitkäaikainen investointitavaroiden ja pääomakannan laadun paranemisen kautta syntyvä vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Investointitavaroita tuottavat toimialat erottuisivat vertailussa vielä enemmän edukseen, jos tuottavuusvaikutusarvioissa otettaisiin huomioon, että näiltä toimialoilta kansantalouden kokonaistuottavuuteen välittyvät vaikutukset ulottuvat vuotta 2030 pidemmälle tulevaisuuteen. Sen sijaan vertailussa neljänneksi sijoittuvan paperiteollisuuden t&k-panostuksen lisäyksen vaikutus rajoittuu toimialan tuotannon laadun paranemiseen ja tämän vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun häviää paljon nopeammin kuin investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostusten kasvun vaikutus.

Toimialojen väliset erot t&k-panostuksen vaikuttavuudessa heijastavat eroja sekä toimialojen t&k-varannon vaikutuksissa tuotannon laatuun että niiden merkityksessä osana kansantaloutta ja investointitavaroiden tuottajina. Elektroniikkateollisuuden t&k-panostuksen kasvulla on suurin vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun sekä toimialan t&k-panostusten tehokkuuden että toimialan suuren koon takia. Paperiteollisuuden sijoittuminen korkealle tuloksissa johtuu lähinnä vain sen suuresta koosta suhteessa kansantalouteen.

4.3 Budjettirajoitteen merkitys julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuudelle

Toisena simulointikokeena tarkastellaan tapausta, jossa toimialojen t&k-menoja lisätään vuorotellen samansuuruisella 100 miljoonan euron summalla. Lisäys oletetaan kertaluonteiseksi ja ajoitetaan vuoteen 2005. Tämän simulointikokeen asetelma kuvaa ensimmäistä laskelmaa realistisemmin kiinteän euromääräisen budjettirajoitteen puitteissa suunniteltavan julkisen t&k-rahoituksen toimiala-allokoinnin valintatilannetta. Tällä simulointikokeella pyritään julkisen sektorin t&k-panostusta koskevan päätöksentekotilanteen perusasetelmaa jäljittelevällä tarkastelulla havainnollistamaan sitä, millaisia eroja julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuudessa toimialojen välillä on, kun otetaan huomioon toimialojen erot tuotekehityksen tehokkuudessa, investointitavaroiden tuotannossa ja yleisemmin osana kansantaloutta. Toisen simulointikokeen tuloksia kuvataan taulukossa 4.3 sekä kuvioissa 4.1 ja 4.2.

T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmässä julkisen t&k-rahoituksen vaikutus yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin otetaan huomioon eksogeenisesti säädeltävin kertoimin, joiden suuruutta voidaan mallissa varioida. Tässä yhteydessä julkisen t&k-rahoituksen vaikutus on oletettu neutraaliksi siinä mielessä, ettei julkinen t&k-rahoitus vaikuta lainkaan yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin. Tämä vastaa toimialatason aineiston ekonometrisessä tutkimuksessa saatua päätulosta (Rantala 2003b). Ekonometrisen tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan täysin yksiselitteisesti sulje pois julkisen t&k-rahoituksen positiivista kannustinvaiikutusta yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin. Jos tällainen vaikutus otettaisiin simuloinneissa huomioon, toimialojen t&k-panostuksen ja kokonaistuottavuuden kasvu olisi taulukossa 4.3 esitettyä suurempi, mutta tällä ei olisi vaikutusta toimialojen paremmuusjärjestykseen.

Merkittävintä taulukossa 4.3 esitetyissä tuloksissa on se, ettei elektroniikkateollisuus ole enää paras julkisen t&k-rahoituksen kohde kansantalouden kokonaistuottavuusvaikutuksella mitattuna. Tämä johtuu siitä, että lähtötilanteessa vuonna 2004 elektroniikkateollisuuden t&k-varanto on niin suuri, että tietyllä

euromääräisellä t&k-menojen lisäyksellä vuonna 2005 on paljon vähäisempi vaikutus reaalisen t&k-varannon prosentuaaliseen kasvuun elektroniikkateollisuudessa kuin muilla toimialoilla. Tästä syystä monet muut teollisuuden toimialat samoin kuin esimerkiksi rakentaminen ja liike-elämän palvelut ohittavat elektroniikkateollisuuden taulukon 4.3 esittämissä vaikuttavuusarvioissa.

Taulukko 4.3 Toimialan vuoden 2005 reaalisten t&k-menojen 100 miljoonan euron lisäyksen kumulatiivinen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen vuosina 2005-2030

	Lisäys vuoden 2005 reaaliseen t&k-varantoon %	Vaikutus kansantaloudessa 2005-2030		
		Kokonais- tuottavuuden lisäys yhteen- laskettuna %	Tuotannon laadun paranemisen kautta %-yksikköä	Tuotanto- teknologian paranemisen kautta %-yksikköä
Elintarviketeollisuus	23	1.3	1.3	0.0
Tevanake-teollisuus	100	0.9	0.8	0.2
Puutavarateollisuus	85	2.8	2.8	0.0
Paperiteollisuus	13	1.5	1.5	0.0
Graafinen teollisuus	227	4.0	4.0	0.0
Öljynjalostusteollisuus	49	1.3	1.3	0.0
Kemikaaliteollisuus	5	0.2	0.2	0.0
Muovi- ja kumiteollisuus	28	0.4	0.4	0.0
Rakennusaineteollisuus	54	0.8	0.8	0.0
Metallinjalostusteollisuus	29	1.3	1.3	0.0
Metallituoteteollisuus	21	1.1	0.7	0.4
Koneteollisuus	5	0.9	0.4	0.5
Elektroniikkateollisuus	1	0.7	0.3	0.4
Kulkuneuvoteollisuus	25	1.7	0.5	1.3
Muu teollisuus	79	1.2	0.7	0.5
Energia- ja vesihuolto	36	0.6	0.6	0.0
Rakentaminen	34	1.4	1.4	0.0
Tietoliikenne	10	0.7	0.7	0.0
Liike-elämän palvelut	9	2.8	1.3	1.5
Muut toimialat	18	0.8	0.7	0.0

Toimialojen kokoerojen merkitys näkyy taulukossa 4.3 esimerkiksi verrattaessa rakentamisen sekä energia- ja vesihuollon tuottavuusvaikutuksia. Laskelmassa oletettu 100 miljoonan euron lisäpanostus kasvattaa kummankin toimialan t&k-varantoa ja -osaamista suunnilleen yhtä paljon, eli noin kolmanneksen. Silti rakentamisen tuotekehitykseen sijoittamalla aikaansaadaan kaksinkertainen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Tämä johtuu siitä, että rakentamisen tuotannon volyymi on kaksinkertainen verrattuna energia- ja vesihuollon tuotantoon.

Rakentamisen t&k-panostuksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun olisi vielä taulukossa 4.3 esitettyä suurempi, jos laskelmassa oletettaisiin, että rakentamisen laadun paraneminen vaikuttaa muiden toimialojen pääomakannan ja tuotantoteknologian paranemiseen ja sitä kautta toimialojen ja kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Rakennuspääomakannan laadun paranemisen tuottavuusvaikutuksista jaksossa 4.1 esitettyjen näkökohtien perusteella

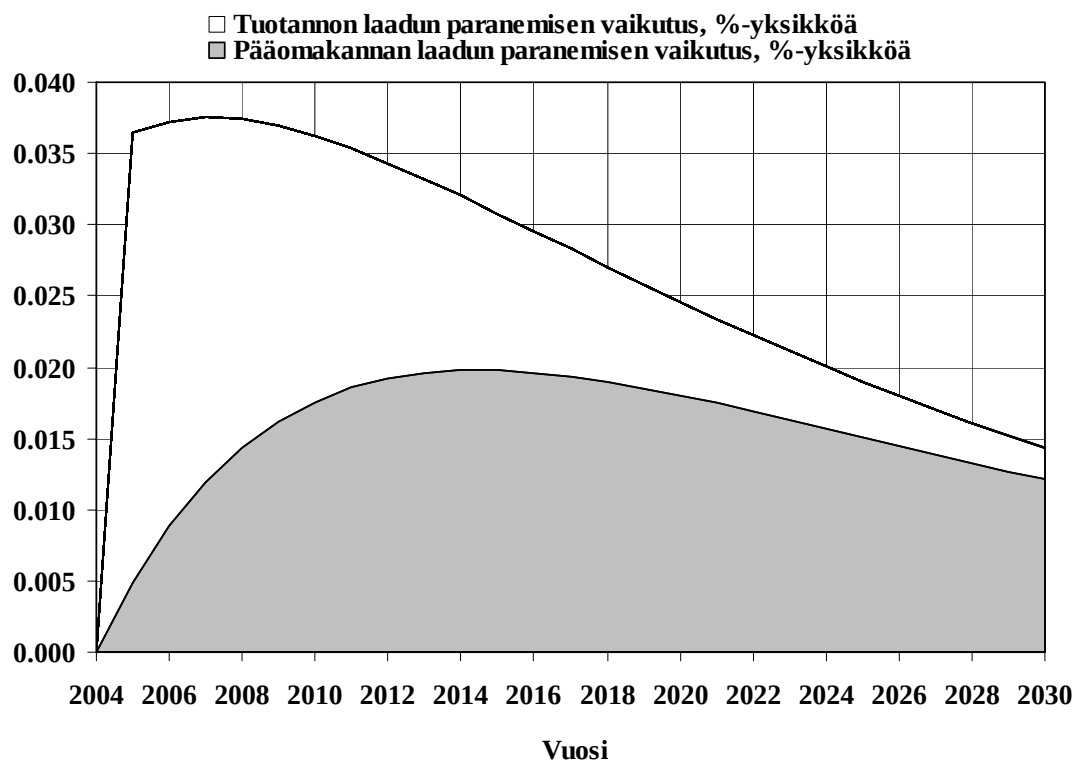
mallisimuloinneissa on otettu huomioon vain kone-, laite- ja kuljetusvälinepääomakannan sekä aineettomaan pääomaan kuuluvien tietokoneohjelmistojen laadun paranemisen vaikutus investointien ja pääomakannan laadun paranemiseen.

Investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostuksen lisäys johtaa merkittävään investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan laadun ja tuotantoteknologian paranemiseen sekä kokonaistuottavuuden kasvuun. Tämä näkyy kuvion 4.1 esittämässä simulointituloksessa siten, että elektroniikkateollisuuden t&k-panostuksen tilapäisestäkin lisäyksestä seuraa pitkäaikainen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Sen sijaan paperiteollisuuden t&k-panostuksen lisääminen vaikuttaa kuviosta 4.2 havaittavalla nopeammin häviävällä tavalla tuotannon laadun paranemisen kautta toimialan ja kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun. Kuviot 4.1 ja 4.2 vastaavat taulukossa 4.3 esitettyjä simulointituloksia.

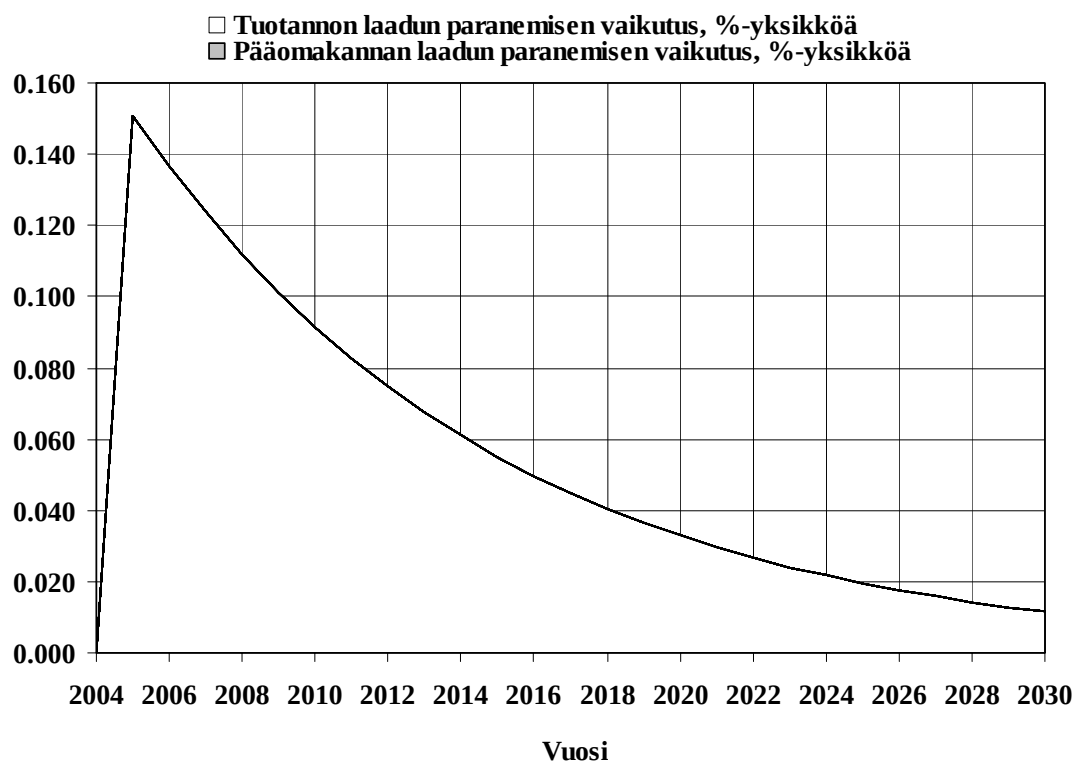
Tuotekehityksen lisäyksen aikaansaama toimialojen kokonaistuottavuuden kasvu jakaantuu taulukoiden 4.2 ja 4.3 sekä kuvion 4.1 esittämällä tavalla kahteen komponenttiin, eli tuotannon laadun paranemisen ja tuotantoteknologian paranemisen vaikutuksiin. Tuotannon laadun paraneminen riippuu reaalisen t&k-varannon kasvusta ja mallissa sovellettavista toimialojen t&k-osaamisen tehokkuusparametreista. T&k-varannon kertalisäyksen seurauksena tuotannon laadun paraneminen ja sen aikaansaama tuottavuusvaikutus on kuvioiden 4.1 ja 4.2 esittämällä tavalla suurin välittömästi t&k-varannon lisäyksen jälkeen ja sen jälkeen t&k-varannon vuotuisen poistuman määrittämän t&k-varannon kehitysuran mukaisesti vähenevä.

Tuotantoteknologian paranemisen aikaansaama kokonaistuottavuuden kasvu poikkeaa aikauraltaan merkittävästi tuotannon laadun paranemisen aikaansaamasta tuottavuusvaikutuksesta. Tuotantoteknologian tuottavuusvaikutusta määrittää yhtäältä kunkin toimialan pääomakannan laadun reagointi investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotekehityksen lisäämiseen ja toisaalta toimialakohtainen joustoparametri, jolla pääomakannan laadun paraneminen vaikuttaa toimialan kokonaistuottavuuteen. Pääomakannan laatu paranee tuotekehitysmenojen lisäyksen jälkeen alkuvuosina nopeutuvalla tahdilla, kun investointitavaroiden tuotannossa laadun paraneminen on voimakkaimmillaan. Tällöin kasvava osuus pääomakannasta on laadultaan parantuneita investointitavaroita. Vähitellen koko pääomakanta uusiutuu laadultaan. Pääomakannan laadun paranemisen vauhti on voimakkainta noin kymmenentenä vuonna tuotekehitysmenojen lisäyksestä jonkin verran toimialoittain vaihdellen niiden pääomakannan rakenteesta riippuen. Myöhempinä vuosina pääomakannan poistuman vaikutus ylittää investointitavaroiden laadun paranemisen aikaansaaman kasvun ja tällöin pääomakannan laadun paranemisen vauhti alkaa hidastua. Tämä näkyy kuviossa 4.1 vastaavanlaisena pääomakannan laadun ja tuotantoteknologian paranemisen vaikutuksena kansantalouden kokonaistuottavuuden kehitykseen.

Kuvio 4.1 Elektroniikkateollisuuden t&k-menojen 100 miljoonan euron kertalisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen, %



Kuvio 4.2 Paperiteollisuuden t&k-menojen 100 miljoonan euron kertalisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen, %



Kolmannessa simulointikokeessa tarkastellaan tiettyyn kansantalouden kokonaistuottavuusvaikutukseen eri toimialoilla tarvittavan t&k-panostuksen suuruutta. Kansantalouden kokonaistuottavuuden lisäystavoitteeksi vuosina 2005-2030 asetetaan yksi prosentti. Vuoteen 2005 ajoitetun tarvittavan toimialakohtaisen tilapäisen t&k-lisäpanostuksen suuruus haetaan iteroimalla siten, että malli tuottaa tavoitellun yhden prosentin kumulatiivisen lisäyksen kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Kolmannen simulointikokeen tuloksia kuvataan taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4 Kansantalouden kokonaistuottavuuden vuosien 2005-2030 kumulatiiviseen yhden prosentin lisäykseen tarvittava toimialan t&k-menojen lisäys vuonna 2005, milj. €

	Toimialan t&k-menojen lisäystarve vuonna 2005	
	milj. €	%
Elintarviketeollisuus	70	215
Tevanake-teollisuus	110	1153
Puutavateollisuus	30	241
Paperiteollisuus	70	93
Graafinen teollisuus	20	347
Öljynjalostusteollisuus	80	429
Kemikaaliteollisuus	590	265
Muovi- ja kumiteollisuus	260	808
Rakennusaineteollisuus	130	800
Metallinjalostusteollisuus	80	247
Metallituoteteollisuus	90	123
Koneteollisuus	120	60
Elektroniikkateollisuus	140	7
Kulkuneuvoteollisuus	60	135
Muu teollisuus	80	432
Energia- ja vesihuolto	180	1577
Rakentaminen	70	115
Tietoliikenne	160	140
Liike-elämän palvelut	40	21
Muut toimialat	130	127
Keskimäärin	130	83

Havaitaan, että toimialojen välillä on hyvin suuria eroja tarvittavassa t&k-panostuksessa. Arvion mukaan tarvittava lisäpanostus olisi euromääräisesti pienin, jos se sijoitettaisiin graafiseen teollisuuteen, ja suurin, jos se sijoitettaisiin kemikaaliteollisuuteen. Keskiarvon paremmalle puolelle sijoittuvat graafisen teollisuuden ohella muun muassa elintarvike-, puutavara-, paperi-, öljynjalostus-, metallinjalostus-, metallituote- ja kulkuneuvoteollisuus, rakentaminen ja liike-elämän palvelut. Elektroniikkateollisuus osuu suunnilleen vertailulukujen keskikohtaan. Keskiarvoa enemmän sijoituksia vaatisivat kemikaaliteollisuuden ohella muovi- ja kumiteollisuus, energia- ja vesihuolto sekä tietoliikenne. Investointitavaroita tuottavat toimialat sijoittuvat vertailussa jälleen hyvin, mutta ne sijoittuisivat vielä paremmin, jos tuottavuusvaikutusarvioissa otettaisiin huomioon, että näiltä toimialoilta kansantalouden kokonaistuottavuuteen välittyvät vaikutukset ulottuvat mallin mukaan huomattavalta osin laskennan takarajaksi asetettua vuotta 2030 kauemmas tulevaisuuteen.

Taulukossa 4.4 esitettyjä arvioita ei voida t&k-politiikan suunnittelun näkökulmasta katsoen tietenkään pitää aivan vakavasti otettavina tuloksina muun muassa sen takia, että yhtäkkinen t&k-menojen ja tutkimushenkilöstön satojen prosenttien lisäys ei ole käytännössä mahdollista. Tähän toimialavertailuun kuten muihinkin edellä tarkasteltuihin mallisimulointeihin liittyy epävarmuutta myös siitä syystä, että tulokset ovat ehdollisia mallissa sovelletuille parametriarvoille. Sitä paitsi tässä yhteydessä ei ole voitu ottaa huomioon tutkimus- ja kehittämistoiminnalle luonteenomaisten t&k-panostuksiin liittyvien suurten riskien merkitystä.

5 Toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden kasvu 2004-2015

5.1 Toimialojen t&k-menojen kasvuennusteet

Keskeinen tavoite t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmän rakentamisessa on, että mallia voidaan käyttää t&k-politiikan vaikutuksia kuvaaviin simulointeihin sekä toimialojen t&k-menojen ja tuottavuuden kehityksen ennustamiseen. Seuraavassa tarkastellaan mallilla laadittuja toimialojen t&k-menojen ennusteita vuoteen 2015. Pääasiallinen ennusteajakäänne ulottuu ETLAn keskipitkän ajan ennusteita vastaavasti vuoteen 2008. Pidemmälle ulottuvia kehitysarvioita esitetään tässä yhteydessä lähinnä ennustejärjestelmän peruspiirteiden havainnollistamiseksi.

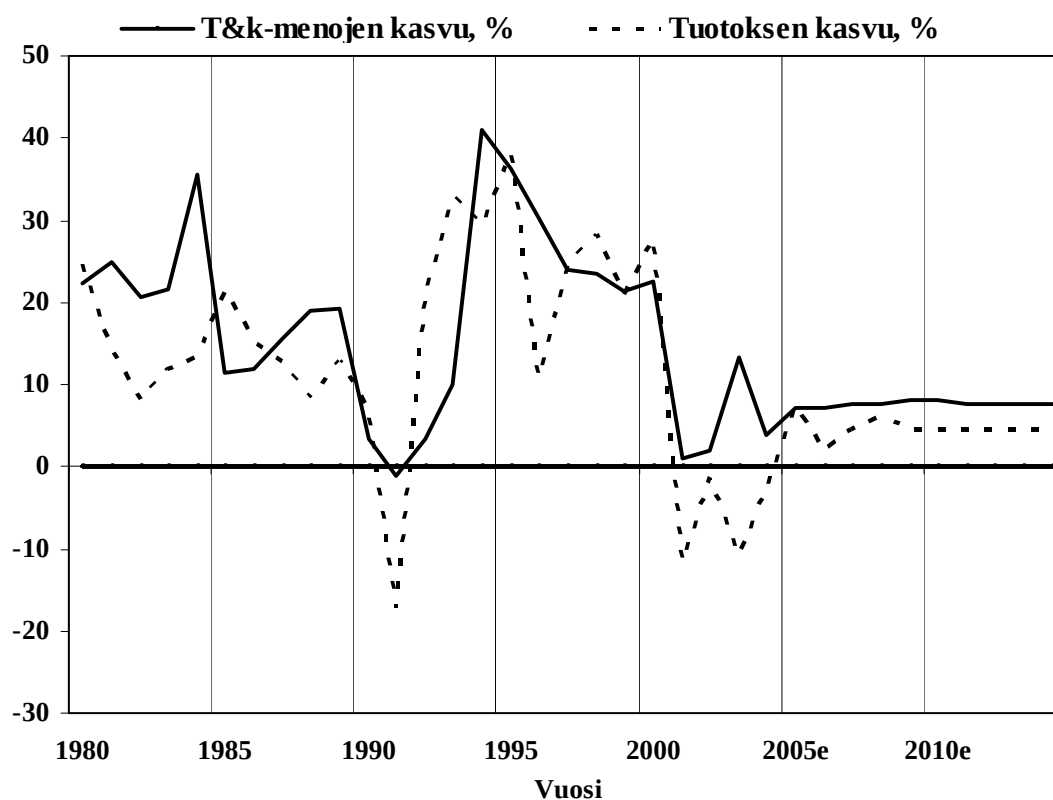
T&k-menojen ennustejärjestelmässä toimialojen t&k-panostuksen kehitystä määrittävät keskeisesti toimialojen tuotoksen kasvu ja julkinen t&k-rahoitus. Tuotoksen toimialakohtaiset ennusteet tulevat malliin ETLAn ennustejärjestelmästä. Toimialakohtaiset julkisen sektorin t&k-panostukset ovat t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustemallin keskeisiä eksogeenisiä talouspolitiikan välinemuuttujia.

Toimialojen tuotoksen vaikutus t&k-menoihin on mallinnettu dynaamisin ekonometrisin riippuvuuksin (vrt. Rantala 2003b). Julkisen t&k-rahoituksen vaikutus yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin otetaan mallissa huomioon eksogeenisesti säädeltävin kertoimin, joiden suuruutta voidaan haluttaessa muuttaa siten, että julkinen t&k-rahoitus voi olla yritysten omarahoitteisia t&k-panostuksia kannustava tai syrjäyttävä tai vaikutuksiltaan neutraali. Useimmiten vaikutus oletetaan politiikkasimuloinneissa ja ennusteissa neutraaliksi, mikä vastaa toimialatason aineiston ekonometrisessa tutkimuksessa saatua päätulosta (ks. Rantala 2003b).

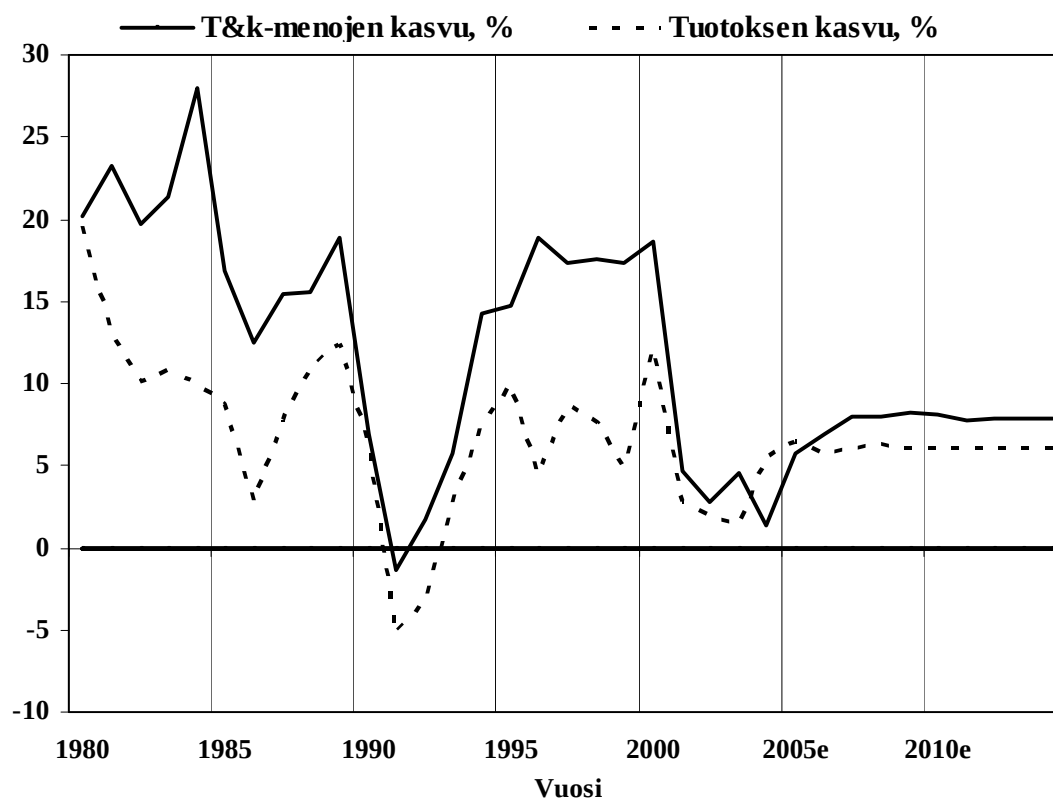
Yritysten t&k-menot kasvoivat Suomessa voimakkaasti 1990-luvun jälkipuoliskolla. Tähän vaikutti keskeisesti elektroniikkateollisuuden vahva panostus tuotekehitykseen. Kuviosta 5.1 havaitaan, että toimialan t&k-menojen kasvu kiihtyi 1990-luvun jälkipuoliskolla 20-40 prosenttiin vuodessa tuotannon kasvun vauhdittumisen myötä. 2000-luvun alun taantumassa tuotannon kasvu pysähtyi ja samoin kävi elektroniikkateollisuuden t&k-menoille. Ennusteessa arvioidaan kohtuullista elpymistä elektroniikkateollisuuden tuotantoon, mutta tuleva kasvu ei arvion mukaan yllä lähellekään 1990-luvun jälkipuoliskolla saavutettuja lukuja. Siten myös toimialan t&k-panostuksen kasvu jää tässä ennusteessa selvästi 1990-luvun loppupuolen lukemista. Elektroniikkateollisuuden t&k-menojen kasvu määrittää nykyisin pitkälti koko yrityssektorin t&k-menojen kehitystä, koska elektroniikkateollisuudessa on viime vuosina tehty suunnilleen puolet kaikista yrityssektorin t&k-panostuksista, kuten taulukosta 5.1 havaitaan.

Lähitulevaisuuteen ennakoitun suhdannenousun myötä elektroniikkateollisuuden ohella muidenkin toimialojen tuotannon kasvun ennustetaan nopeutuvan. Tämä heijastuu taulukossa 5.1 useimpien toimialojen t&k-menoihin ennustettuun kehitykseen ja samalla myös kuvion 5.2 esittämään koko yrityssektorin t&k-panostuksen kasvuun.

Kuvio 5.1 Elektroniikkateollisuuden t&k-menojen ja tuotoksen kasvu



Kuvio 5.2 Kansantalouden t&k-menojen ja tuotoksen kasvu



Taulukko 5.1 Toimialojen t&k-menojen kasvu

	Vuonna 2002 milj. € ^a	Kasvu, % vuodessa					
		1999 - 2003	2003 ^b	2004 ^c	2005	2004 - 2008	2004 - 2015
Elintarviketeollisuus	38	-6	-6	3	5	6	6
Tevanake-teollisuus	11	-4	-3	3	0	2	3
Puutavarateollisuus	13	6	-2	7	8	8	8
Paperiteollisuus	81	0	-2	7	8	8	8
Graafinen teollisuus	6	4	12	3	4	5	6
Öljynjalostusteollisuus	30	13	-11	-18	0	-1	3
Kemikaaliteollisuus	348	12	-11	-18	-3	-1	4
Muovi- ja kumiteollisuus	49	-2	-11	-18	1	1	5
Rakennusaineteollisuus	16	1	12	3	5	5	6
Metallinjalostusteollisuus	36	5	-3	4	7	6	6
Metallituoteteollisuus	81	13	-3	4	5	6	7
Koneteollisuus	221	-2	-3	4	5	6	7
Elektronikkateollisuus	1824	12	13	4	7	7	7
Kulkuneuvoteollisuus	50	0	-3	4	3	3	4
Muu tehdasteollisuus	18	4	12	3	4	5	6
Energia- ja vesihuolto	22	-20	-45	5	8	6	7
Rakentaminen	62	30	3	6	9	9	9
Tietoliikenne	181	2	-25	-4	0	5	8
Liike-elämän palvelut	199	19	3	3	6	8	9
Muut toimialat	89	30	20	5	7	7	7
Yhteensä	3375	9	5	1	6	6	7
Julkinen t&k-rahoitus	270	-7	0	5	7	7	7

a Toimialaluvut OECD:n ANBERD-tietokannan mukaan ja julkinen t&k-rahoitus Tilastokeskuksen mukaan.

b Tilastokeskuksen ennakkotietojen mukaan.

c Teollisuustoimialojen arviot Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliiton investointitiedustelun mukaan.

Yritysten t&k-panostusten kasvua määrittää osaltaan julkisen t&k-rahoituksen kehitys. 1990-luvun lopulla alkaneen kasvun hidastumisen jälkeen julkisessa t&k-rahoituksessa oletetaan päästävän jonkin verran nopeampaan kasvuvauhtiin tulevina vuosina. Taulukon 5.1 mukaisesti ennusteessa oletetaan, että julkinen t&k-rahoitus lisääntyy keskimäärin 7 prosenttia vuosittain. Kasvuarviona on käytetty Suomi maailmantaloudessa –selvityksen suositusta julkisen t&k-rahoituksen lisäämisestä (Valtioneuvoston kanslia 2004). Ennustelaskelmassa sama kasvuvauhti on oletettu kaikille toimialoille myönnettyyn julkiseen t&k-rahoitukseen.

T&k-menojen perustilastona käytetty OECD:n aikasarja-aineisto on ryhmitelty toimialoittain yritysten kokonaistuotekehitysmenoihin, omarahoitteisiin t&k-menoihin, julkisen sektorin rahoittamiin t&k-menoihin, muuhun kansallisista lähteistä peräisin olevaan ulkopuoliseen t&k-rahoitukseen sekä ulkomailta peräisin olevaan t&k-menojen rahoitukseen. Jos OECD:n aineistoa verrataan Tilastokeskuksen tietoihin (esim. Tilastokeskus 2003, taulukko 10), havaitaan, että OECD:n luokituksessa julkisen sektorin rahoittamat t&k-menot sisältävät vain Tekesin, KTM:n ja muiden hallinnonalojen antaman suoran t&k-tuen, muttei esimerkiksi Tekesin ja Finnveran yrityksille t&k-menoihin myöntämää lainarahoitusta, joka jää siis OECD:n ryhmittelyssä luokkaan muista kansallisista lähteistä peräisin oleva ulkopuolinen rahoitus. Tästä syystä ja siksi, että ulkomailta peräisin oleva t&k-menojen rahoitus on merkitykseltään melko vähäistä yritysten kokonaistuotekehitysmenoihin verrattuna,

kaikki yrityksiin niiden ulkopuolelta tullut t&k-menojen rahoitus on tässä yhteydessä liitetty julkiseen t&k-rahoitukseen siten, että yritysten kokonaistuotekehityksen menot koostuvat omarahoituksesta ja ulkopuolisesta rahoituksesta (vrt. Rantala 2003b).

T&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmässä julkisen t&k-rahoituksen vaikutus yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin otetaan huomioon eksogeenisesti säädeltävin kertomin, joiden suuruutta voidaan mallissa varioida. Tässä yhteydessä julkisen t&k-rahoituksen vaikutus on oletettu neutraaliksi siinä mielessä, ettei julkinen t&k-rahoitus vaikuta lainkaan yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin. Tämä vastaa toimialatason aineiston ekonometrisessä tutkimuksessa saatua päätulosta (Rantala 2003b). Ekonometrisen tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan täysin yksiselitteisesti sulje pois julkisen t&k-rahoituksen positiivista kannustinvaikutusta yritysten omarahoitteisiin t&k-menoihin. Jos tällainen vaikutus otettaisiin ennustelaskelmissa huomioon, yritysten t&k-menojen kasvu olisi jonkin verran taulukossa 5.1 esitettyä nopeampi.

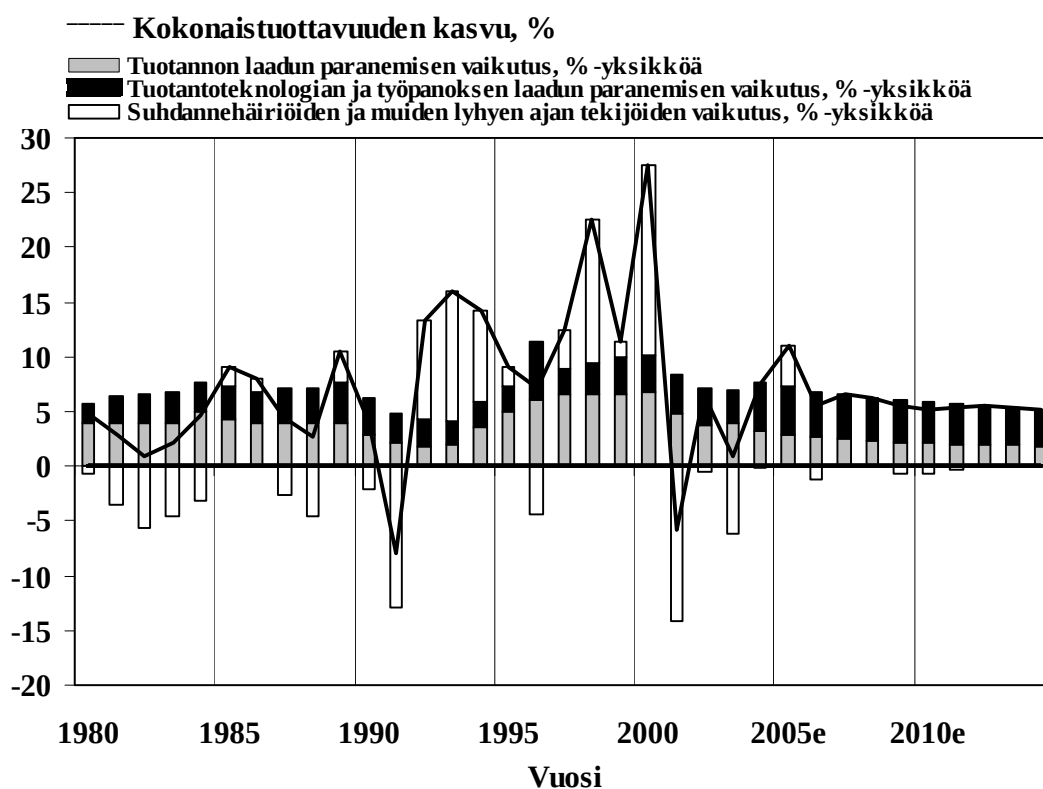
5.2 Toimialojen ja kansantalouden tuottavuuden kasvuennusteet

Tutkimuksessa kehitettyä t&k:n vaikuttavuusarviointi- ja ennustejärjestelmää voidaan käyttää t&k-politiikan vaikuttavuutta tarkastelevien simulointien ja toimialojen t&k-menojen ennustamisen ohella toimialojen tuottavuuden tulevan kehityksen arviointiin. Toimialapohjaisen tuottavuusennustejärjestelmän kehittäminen on ETLAn näkökulmasta hankkeen keskeinen tavoite. Seuraavassa tarkastellaan mallilla laadittuja toimialojen tuottavuuskehityksen ennusteita vuoteen 2015.

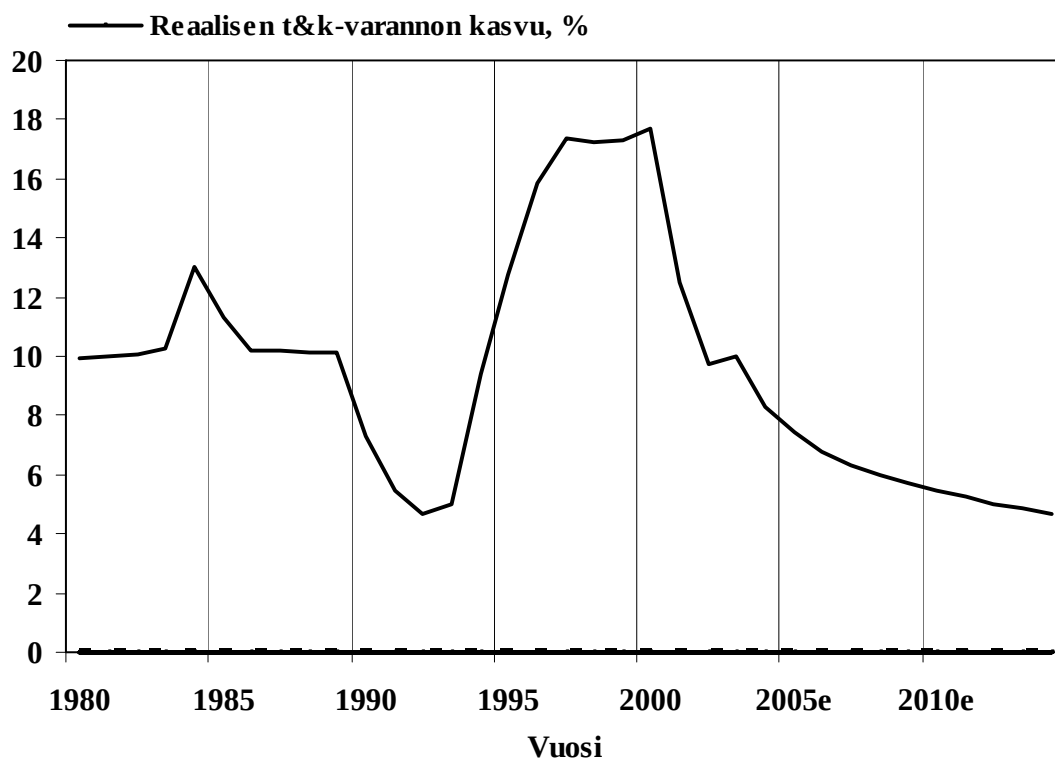
Ennustemallissa toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät jaksossa 2.2 täsmennetyt tuotantofunktion mukaisesti kunkin toimialan tuotannon laadun paraneminen, pääomakannan ja työpanoksen laadun paraneminen sekä lyhyen ajan kysyntäsokkien vaikutukset huomioonottava tuottavuuden kasvun suhdannekomponentti. Tuottavuusennusteiden lähtökohtana ovat edellä käsitellyt toimialojen t&k-panostuksen ennusteet. Malli kumuloi reaalisten t&k-menojen ja reaalisten t&k-varannon poistuman perusteella reaalisten t&k-varannon kasvu-uran kullekin toimialalle. Toimialojen tuotekehityksosaamisen kehitystä mittaavat reaalisten t&k-varannon kasvuennusteet määrittävät mallissa toimialojen tuotannon laadun paranemisen vauhtia. Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun paraneminen määrittävät puolestaan investointien ja pääomakannan laadun paranemista ja toimialojen kokonaistuottavuuden kehitystä.

Kansantalouden kokonaistuottavuus kasvoi reippaasti 1990-luvun jälkipuoliskolla. Myönteisen kehityksen taustalla oli keskeisesti elektroniikkateollisuuden vahva panostus tuotekehitykseen ja tästä seurannut tuotannon laadun ja tuotantoteknologian nopea paraneminen. Kuvio 5.1 esittää elektroniikkateollisuuden kokonaistuottavuuden kasvua. Kokonaistuottavuuden kasvu on lisäksi eritelty tuotannon ja tuotantopanosten laadun paranemisen sekä suhdannehäiriöiden ja muiden lyhyen ajan kysyntäheilahdusten vaikutuksiin. Kuvioista havaitaan, että elektroniikkateollisuuden kokonaistuottavuuden kasvu vauhdittui huomattavasti 1990-luvun jälkipuoliskolla tuotannon laadun paranemisen sekä merkittävältä osin myös suotuisan kysyntä- ja suhdannekehityksen ansiosta.

Kuvio 5.1 Elektroniikkateollisuuden kokonaistuottavuuden kasvu



Kuvio 5.2 Elektroniikkateollisuuden reaalisen t&k-varannon kasvu



2000-luvun alun taantumassa elektroniikkateollisuuden t&k-menojen kasvu pysähtyi ja samalla tuotannon laadun paranemisen ja tuottavuuden kasvun vauhti alkoi hidastua. Kehitysarviossa ennakoidaan paranemista toimialan tuotannon kehitykseen, mutta ennustettu kasvuvauhti ei kuitenkaan yllä lähellekään 1990-luvun jälkipuoliskolla saavutettuja lukuja. Tämä merkitsee, ettei elektroniikkateollisuudella ole mahdollisuutta kasvattaa t&k-menojaan viime vuosikymmenen tapaan. Kuviossa 5.2 esitetyn ennusteen mukaan reaalisen t&k-varannon kasvu jää melko vaatimattomaksi aiempaan kehitykseen verrattuna. Tämä ennakoi samanlaista kehitystä elektroniikkateollisuuden tuotannon laadun paranemisen vauhtiin ja toimialan keskeisen investointitavaratuottajaroolin takia edelleen jossain määrin myös muiden toimialojen tuotantoteknologian kehitykseen.

1990-luvun rajun kasvun takia elektroniikkateollisuus on saanut suuren painon kansantalouden kokonaistuotannon ja kokonaistuottavuuden määräytymisessä. Lähitulevaisuuteen ennakoidussa noususuhdanteessa elektroniikkateollisuuden ohella muidenkin toimialojen tuotannon kasvun ennustetaan nopeutuvan. Tämä ennakoi tuotekehityspanostusten lisääntymistä ja heijastuu taulukossa 5.2 useimpien toimialojen kokonaistuottavuuteen ennustettuun kehitykseen. Kokonaistuottavuuden kasvun arvioidaan nopeutuvan lähivuosina useimmilla teollisuustoimialoilla sekä palvelualoilla esimerkiksi liikenteessä ja liike-elämän palveluissa. Liitteen 2 kuvat esittävät eräiden keskeisten toimialojen kokonaistuottavuuden kehitystä. Liitteessä 3 esitetään toimialojen työn tuottavuuden kasvuennusteet sekä ja liitteessä 4 t&k-panostuksen ennusteiden ja tuottavuusennusteiden taustalla olevat toimialojen tuotoksen kasvuarvot.

Lähivuosille ennakoidun suhdannenousun jälkeen vuoteen 2015 ulottuvan tarkasteluajankänteen kuluessa kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvu hidastuu mallipohjaisen arvion mukaan taulukon 5.2 ja kuvion 5.3 esittämällä tavalla. 2000-luvun taitteessa alkanut yritysten t&k-menojen kasvun hidastuminen johtaa kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvun heikkenemiseen tulevaisuudessa. Tuottavuuskehitystä tukee kuitenkin yhä 1990-luvun lopun vahva t&k-panostus, joka vaikuttaa vielä kauan pääomakannan laadun paranemiseen ja tuotantoteknologian kehitykseen. Itse asiassa tuotantoteknologian paranemisella on tarkasteluajankänteellä tuotannon laadun paranemista merkittävämpi vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvuun, kuten kuvioista 5.3 havaitaan.

Kuvio 5.4 esittää kansantalouden työn tuottavuuden kasvua. Työn tuottavuuden kasvu on lisäksi eritelty kokonaistuottavuuden kasvun vaikutukseen sekä talouden pääomavaltautumisen vaikutukseen. Pääomaintensiivisyyttä mitataan pääomakannan volyyymillä suhteessa työpanokseen.

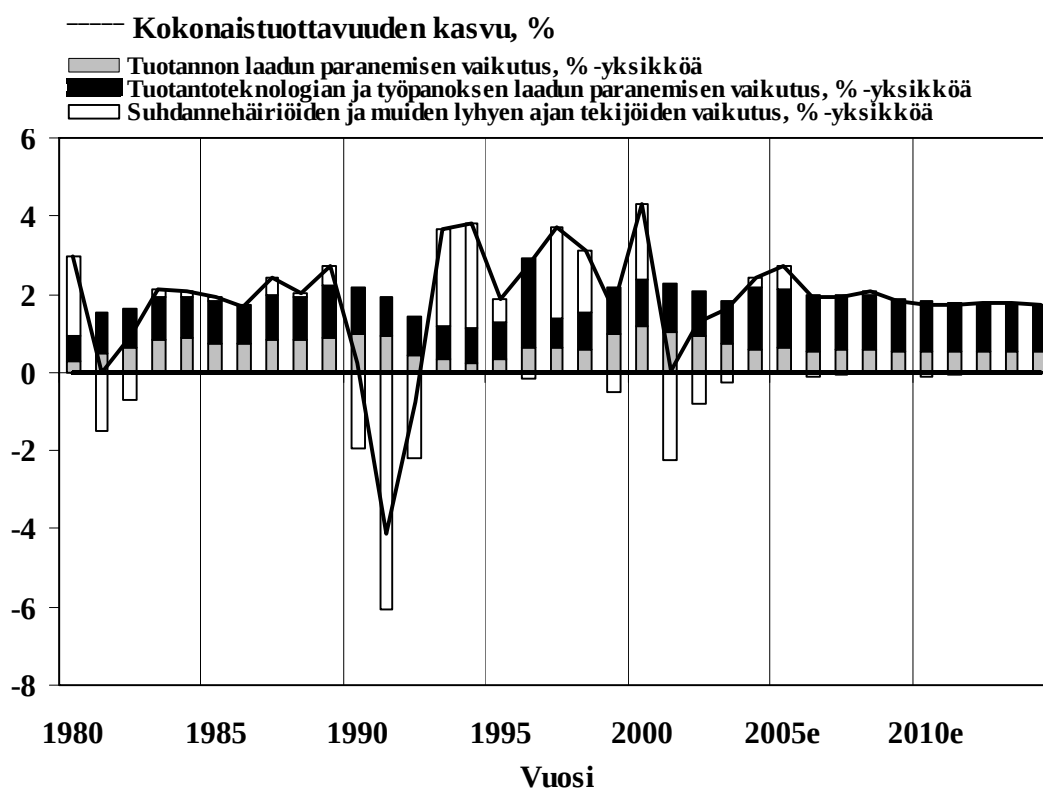
Suomessa työn tuottavuuden kasvu perustui aina 1980-luvun lopulle paljolti voimakkaaseen investointien ja pääomapanoksen kasvattamiseen suhteessa työpanoksen lisäykseen. Talouden pääomaintensiivisyys näyttää kasvaneen poikkeuksellisen voimakkaasti 1990-luvun alun lamassa, mutta tämä johtui vain siitä, että työpanoksen kysyntä romahti tuolloin rajusti.

Taulukko 5.2 Toimialojen kokonaistuottavuuden kasvu

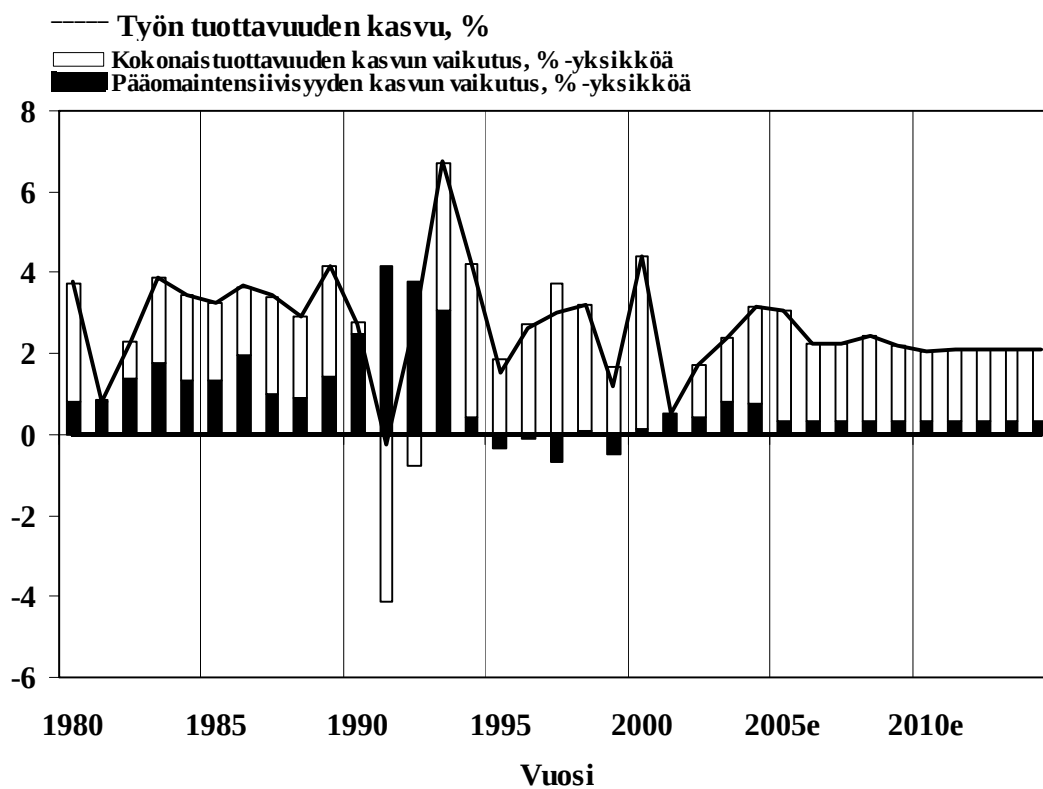
	Kasvu, % vuodessa					
	1999 - 2003	2003	2004	2005	2004 - 2008	2004 - 2015
Maatalous, riista- ja kalatalous	4.9	0	1	-1	-0.2	0.1
Metsätalous	3.1	3	6	4	3.9	3.3
Kaivannaistoiminta	1.1	-1	-1	4	5.1	6.8
Elintarviketeollisuus	2.8	2	3	3	2.7	2.4
Tevanake-teollisuus	3.2	4	2	5	2.9	2.4
Puutavarateollisuus	3.1	2	5	3	3.9	3.7
Paperiteollisuus	2.9	5	10	6	6.2	5.8
Graafinen teollisuus	2.4	4	2	4	2.3	1.7
Öljynjalostusteollisuus	-1.9	2	5	1	2.3	2.3
Kemikaaliteollisuus	1.4	2	3	4	3.2	2.7
Muovi- ja kumiteollisuus	1.0	1	4	5	3.2	2.6
Rakennusaineteollisuus	1.5	3	3	2	1.6	1.4
Metallinjalostusteollisuus	2.5	4	14	9	6.5	5.6
Metallituoteteollisuus	1.0	0	3	5	3.9	3.2
Koneteollisuus	1.7	2	4	6	3.3	2.7
Elektroniikkateollisuus	7.5	1	7	11	7.4	6.2
Kulkuneuvoteollisuus	0.0	0	0	0	1.7	1.0
Muu teollisuus	0.6	2	4	5	3.4	2.6
Energia- ja vesihuolto	4.8	11	1	0	1.5	2.0
Talonrakentaminen	-2.7	0	2	1	1.3	0.9
Maa- ja vesirakentaminen	-2.1	-3	2	1	0.4	0.3
Tukku- ja vähittäiskauppa	3.3	5	3	2	1.9	1.9
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	-0.7	1	3	2	1.5	1.1
Kuljetus ja varastointi	0.8	1	4	4	3.4	2.9
Tietoliikenne	7.5	2	0	2	2.1	2.5
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	5.0	11	8	4	4.9	4.7
Asuntojen omistus ja vuokraus	0.6	0	0	0	0.4	0.3
Muu kiinteistötoiminta	-0.7	0	1	-1	0.2	-0.1
Liike-elämää palveleva toiminta	-1.0	-1	3	3	2.6	2.2
Muut yksityiset palvelut ja muu toiminta	0.3	-2	0	1	0.3	0.2
Julkinen hallinto; pakoll. sos.vakuutus	-0.6	0	0	0	0.3	0.3
Koulutus; terveydenhuolto- ja sos.palvelut	-0.2	0	0	0	0.0	0.0
Koko kansantalous	1.8	1.6	2.4	2.7	2.2	2.0

1990-luvulla työn tuottavuuden kasvutekijät muuttuivat olennaisesti. Viime vuosikymmenen puolivälistä lähtien kokonaistuottavuuden paraneminen on korvannut kokonaan sen työn tuottavuuskehityksen, joka aiemmin saatiin aikaan pääomapanosta kasvattamalla. Kokonaistuottavuuden kasvu on arvion mukaan tulevaisuudessakin keskeisin työn tuottavuuden kehitystä määrittävä tekijä. Siten kokonaistuottavuuden kasvuun ennakoitu hidastuminen heijastuu aiempaa heikompana kehityksenä myös kansantalouden ja useimpien toimialojen tulevassa työn tuottavuuden kasvussa.

Kuvio 5.3 Kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvu



Kuvio 5.4 Kansantalouden työn tuottavuuden kasvu



Työn tuottavuuden kasvua ei kannata enää tulevaisuudessa rakentaa 1900-luvun teollistumisvaiheen tapaan investointien ja pääomakannan määrällisen kasvattamisen varaan. Työn tuottavuuden kasvua saadaan taloudellisesti paljon tehokkaammin ja halvemmalla aikaan tuotannon ja tuotantopanosten laatua parantamalla.

Tätä väitettä voidaan perustella yksinkertaisesti vertaamalla kansantalouden pääomakannan volyymia reaaliseseen t&k-varantoon. Tässä tutkimuksessa sovelletun ja kansainvälisessä tutkimuksessa yleisesti käytetyn laskentatavan mukaisesti vuotuisista t&k-menoista 10 prosentin poistumaoletuksella kumuloituna kansantalouden reaalin t&k-varanto oli vuonna 2003 noin 20 miljardia euroa. Samana vuonna vuoden 2000 hinnoin laskettu kansantalouden bruttopääomakanta oli noin 680 miljardia euroa, eli 34-kertainen verrattuna tuotekehitysosaamista mittaavaan reaaliseseen t&k-varantoon. CD-tuotantofunktion perusteella pääomakannan kasvun vaikutus työn tuottavuuden kasvuun riippuu pääomatulojen arvonlisäysosuudesta, joka koko kansantalouden tasolla on 0.4. Toimialojen reaalisen t&k-varannon kasvun vaikutus tuotannon laadun paranemisen kautta kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kasvuun on keskimäärin lähes samaa tasoa, eli noin 0.3.

Koska pääomakannan volyymien ja reaalisen t&k-varannon suhteellisen muutoksen vaikutus työn tuottavuuden kasvuun on likimain samanlainen, tarvitaan tietyn työn tuottavuusvaikutuksen aikaansaamiseen nykyisistä varannoista lähtien euromääräisesti arvioiden monikymmenkertainen investointien lisäys verrattuna yritysten t&k-menojen lisäykseen. T&k-panostusten lisäämiseen nojaavan kasvustrategian eduksi on luettava vielä sekin, että tällä keinoin aikaansaadaan pysyvä paraneminen investointitavaroiden laatuun ja pitkäaikainen positiivinen vaikutus tuotantoteknologiaan ja sen kautta myös kokonaistuottavuuteen ja työn tuottavuuteen.

5.3 T&k-panostusten vaikutukset työllisyyskehitykseen

Toimialojen t&k-menojen kasvuarvioiden perusteella voidaan ennakoida t&k-henkilöstön tarpeen kehitystä deflatoimalla t&k-menojen ennusteet toimialojen nimellisansiotasokehityksen indekseihin. Tällä tavoin on laskettu taulukossa 5.3 esitetty t&k-henkilöstön tarpeen kasvu vuoteen 2015. Arvioinnissa ei ole otettu huomioon mahdollisia tutkimushenkilökunnan koulutus- ja palkkarakenteen muutosten vaikutuksia. Taulukossa on vertailun vuoksi esitetty myös toimialojen kokonaistyöllisyyden kasvuennusteet vuoteen 2015. Toimialoittaiset muun työvoiman kuin t&k-henkilöstön kasvuarviot pohjautuvat toimialojen tuotannon volyymikehityksen ennusteisiin ja työn tuottavuuden kasvuarvioihin.

T&k-menoihin ennustetun kehityksen perusteella t&k-henkilöstön tarve kasvaa vuoteen 2015 mennessä kaikkiaan lähes 20000 hengellä, eniten elektroniikkateollisuudessa ja liike-elämän palveluissa. Merkittäviä t&k-panostuksia tekeillä toimialoilla t&k-henkilöstön tarve kasvaa selvästi nopeammin kuin suorittavaa työtä tekevien tarve. Työn tuottavuuden kasvun hidastumisesta huolimatta teollisuuden kokonaistyöllisyys jatkaa valtaosassa teollisuutta arvion mukaan samankaltaista laskusuuntaa, joka teollisuuden työllisyydessä on ollut vallalla jo pitkään historiassa. Sen sijaan teollisuuden t&k-henkilöstön määrä lisääntyy, vaikkakaan ei yhtä nopeasti kuin esimerkiksi liike-elämän palveluiden tutkimushenkilökunnan tarve.

Taulukko 5.3 Toimialojen t&k-henkilöstön ja kokonaistyöllisyyden kasvu

	Työllisyys vuonna 2002 1000 henkeä		Lisäys vuosina 2004-2015 1000 henkeä	
	T&k- henkilöstö	Kokonais- työllisyys	T&k- henkilöstö	Kokonais- työllisyys
Elintarviketeollisuus	0.8	41.7	0.1	-3.1
Tevanake-teollisuus	0.2	18.8	0.0	-4.4
Puutavarateollisuus	0.3	30.9	0.1	-3.5
Paperiteollisuus	1.0	37.9	0.5	-10.9
Graafinen teollisuus	0.1	33.5	0.0	1.4
Öljynjalostus-, muovi- ja kumiteoll.	1.0	21.7	0.0	0.2
Kemikaaliteollisuus	2.7	19.0	0.0	-0.9
Rakennusaineteollisuus	0.3	16.4	0.1	2.1
Metallinjalostusteollisuus	0.5	16.5	0.1	-2.0
Metallituoteteollisuus	0.6	45.0	0.2	0.7
Koneteollisuus	3.3	62.5	1.1	6.8
Elektroniikkateollisuus	16.7	66.9	7.9	-3.8
Kulkuneuvoteollisuus	0.5	24.9	0.0	-2.9
Muu tehdasteollisuus	0.2	18.7	0.0	-1.3
Energia- ja vesihuolto	0.2	16.7	0.0	-0.9
Rakentaminen	0.7	153.0	0.5	23.4
Tietoliikenne	1.2	45.4	0.5	4.8
Liike-elämän palvelut	7.8	197.7	6.4	36.5
Muut toimialat	1.1	1492.4	0.4	149.0
Koko teollisuus	28.2	454.4	10.3	-21.6
Koko kansantalous	39.2	2359.6	18.2	191.3

Liite 1**Toimialojen t&k-panostuksen tehokkuusparametrit estimoituina
välituotevalmistuksen ja välituotetuonnin mallilla vuosilta 1976-2001**

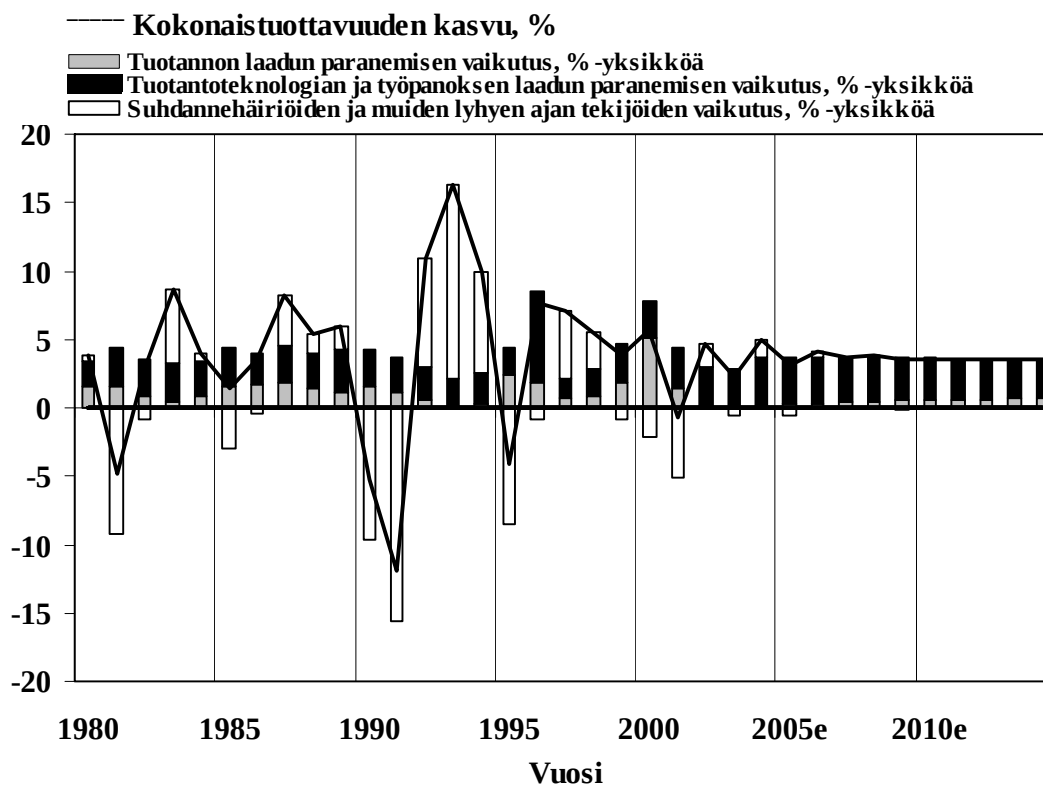
	γ_i	t
1 Elintarviketeollisuus	-0.15	-3.1
2 Tevanake-teollisuus	-2.31	-27.6
3 Puutavarateollisuus	0.34	5.5
4 Paperiteollisuus	0.50	2.4
5 Graafinen teollisuus	0.05	2.4
6 Öljynjalostusteollisuus	-0.66	-6.6
7 Kemikaaliteollisuus	-0.04	-0.7
8 Muovi- ja kumiteollisuus	0.22	4.2
9 Rakennusaineteollisuus	0.32	9.0
10 Metallinjalostusteollisuus	1.01	3.8
11 Metallituoteteollisuus	0.49	14.0
12 Koneteollisuus	-0.29	-2.7
13 Elektroniikkateollisuus	0.82	8.6
14 Kulkuneuvoteollisuus	-0.80	-7.6
15 Muu teollisuus	0.47	3.9
16 Energia- ja vesihuolto	0.18	5.7
17 Rakentaminen	0.25	14.4
18 Tietoliikenne	0.62	22.3
19 Liike-elämän palvelut	0.43	17.9
20 Muut toimialat	0.29	12.9
Ulkomaiset teollisuustuotteet	0.80	9.7
Muut tuontituotteet	0.15	4.9

t = kertoimen t-testisuureen arvo

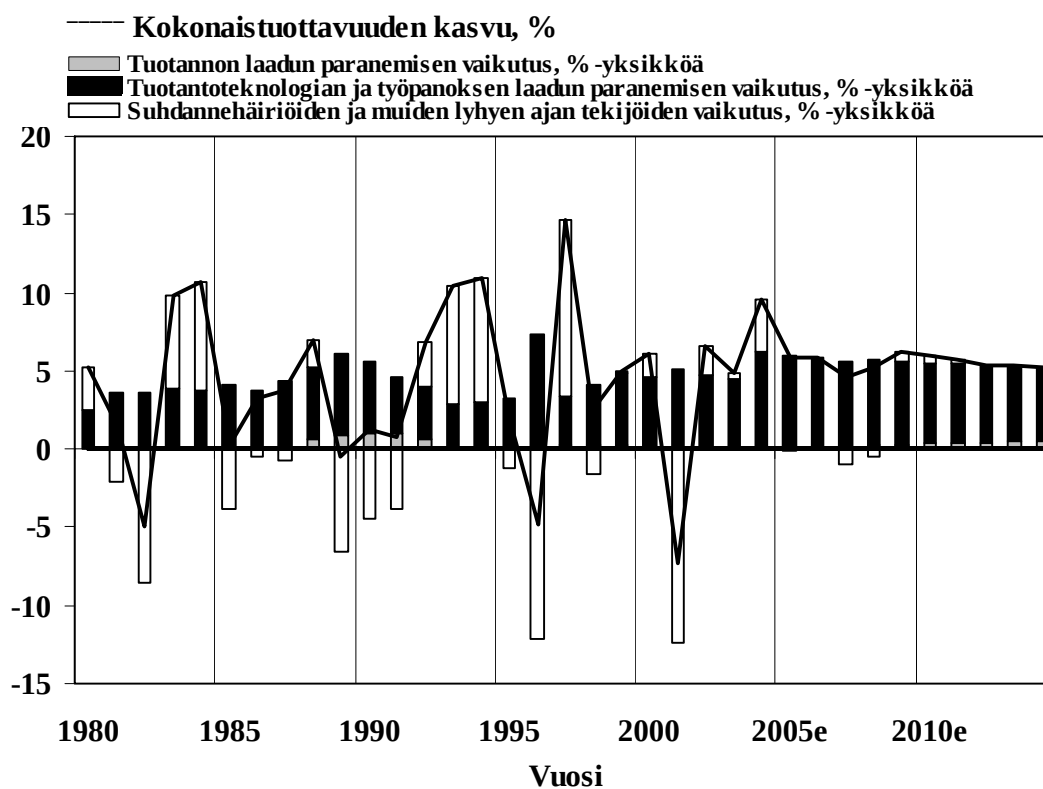
Liite 2

Eräiden toimialojen kokonaistuottavuuden kasvu

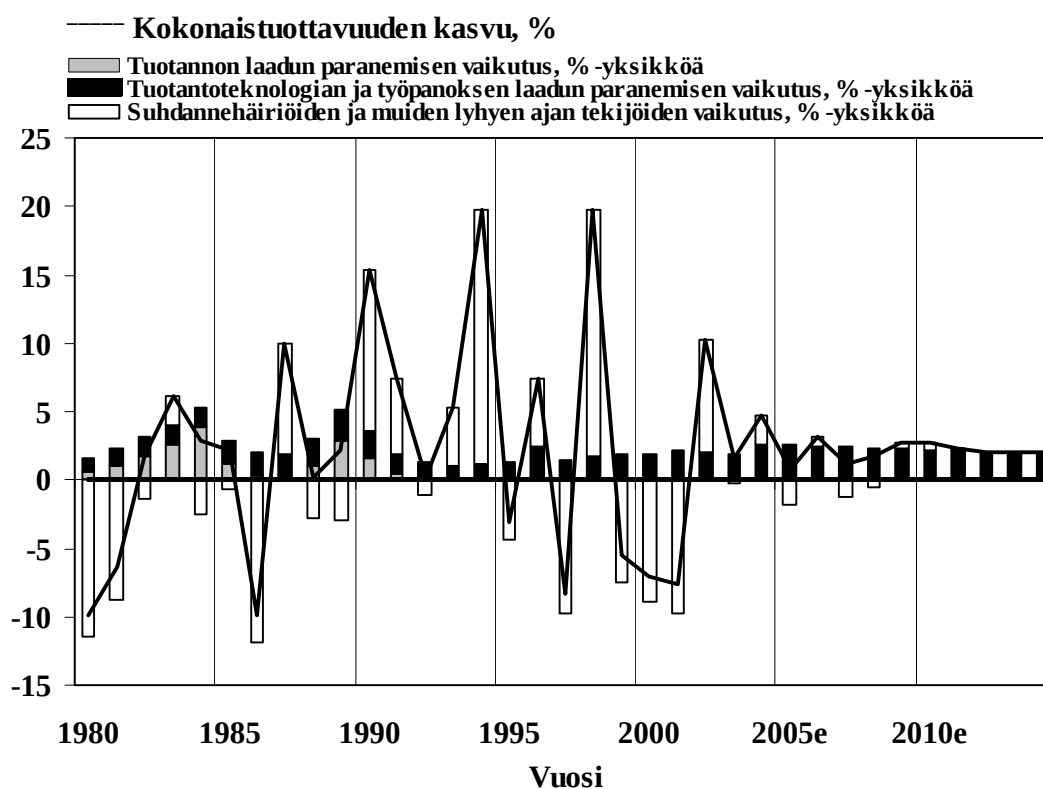
Puutavarateollisuus



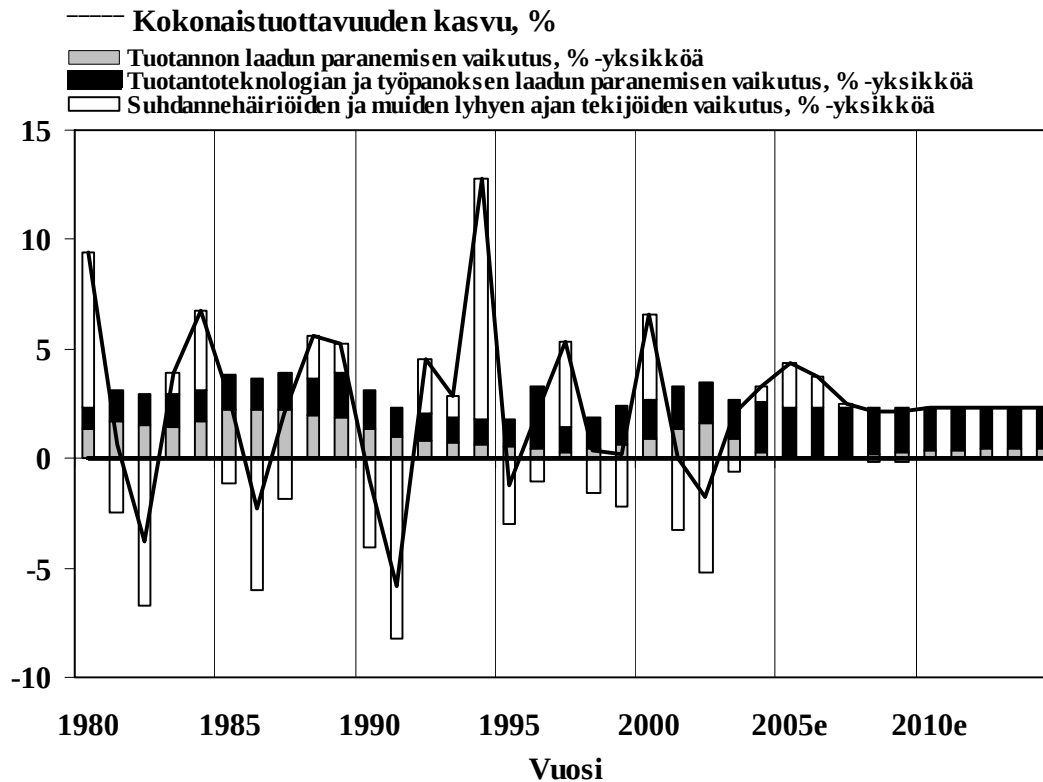
Paperiteollisuus



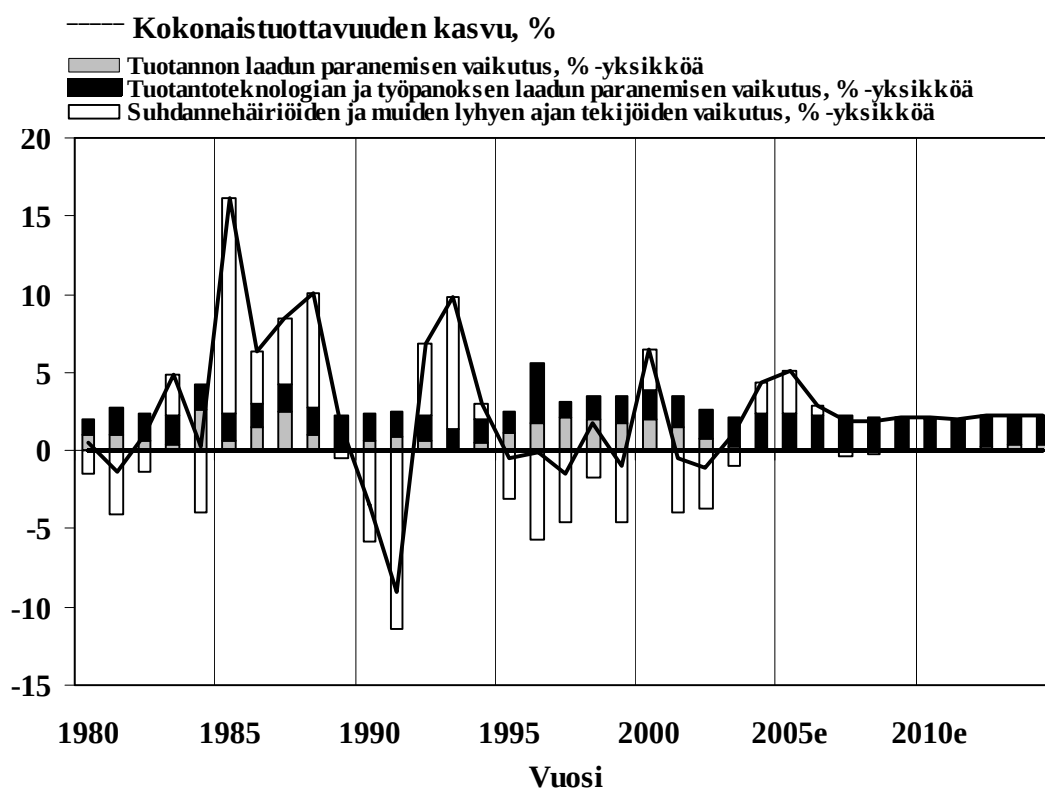
Öljynjalostusteollisuus



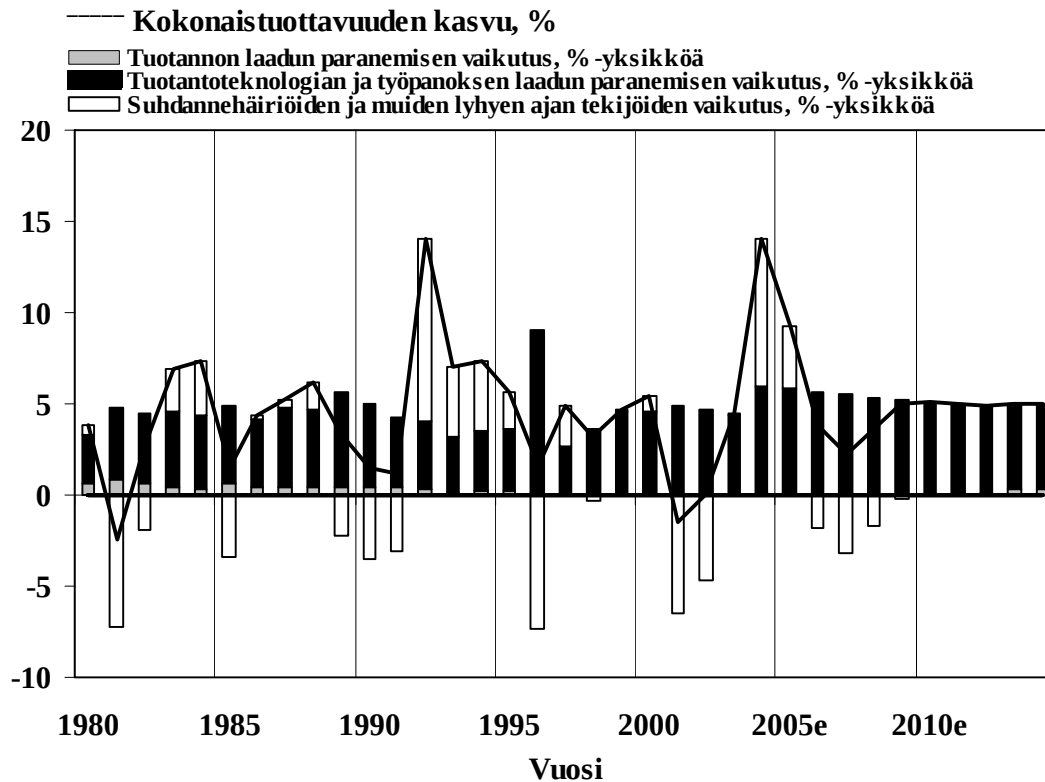
Kemikaaliteollisuus



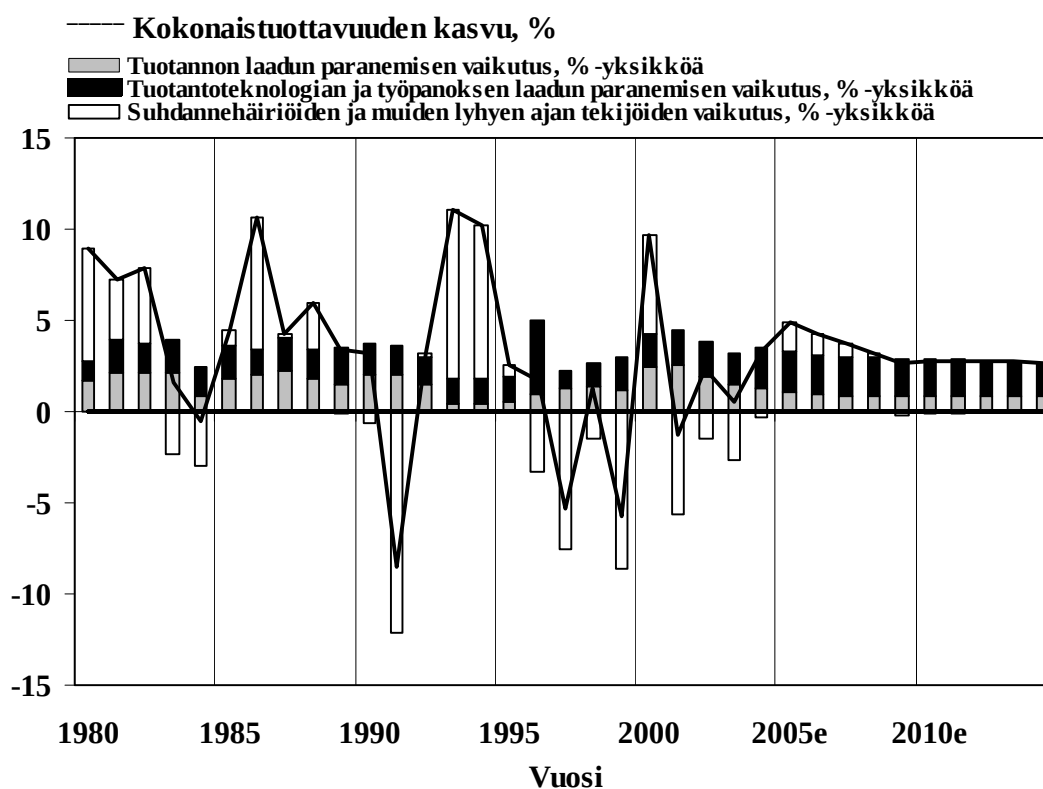
Muovi- ja kumiteollisuus



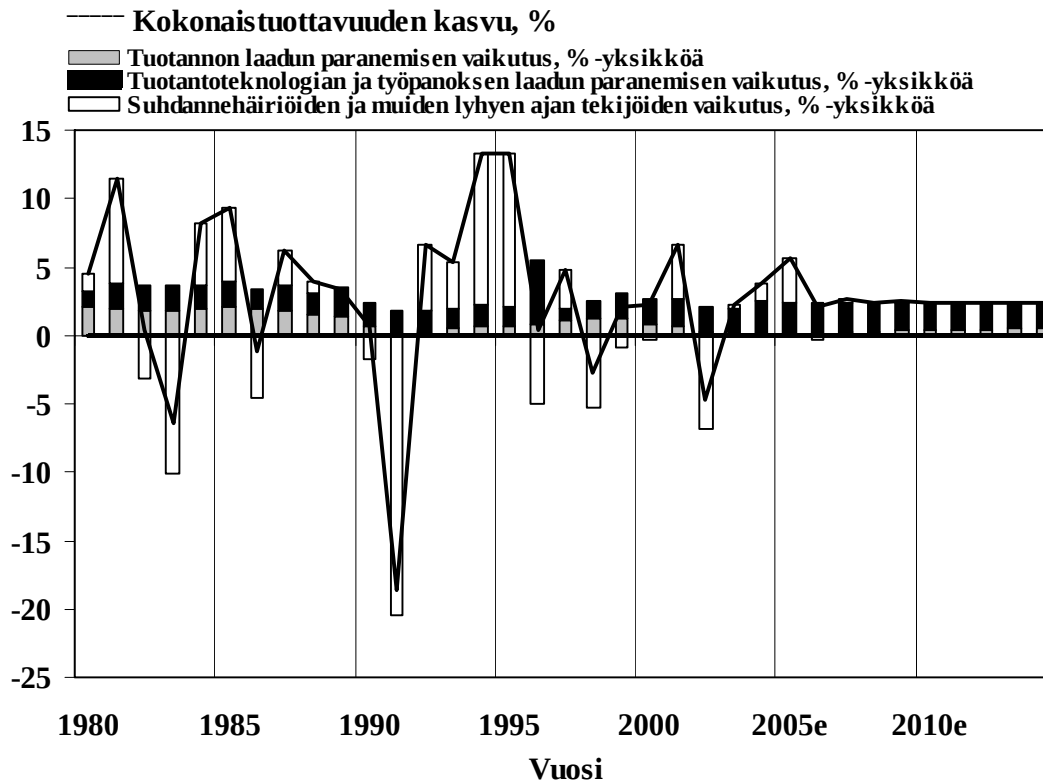
Metallinjalostusteollisuus



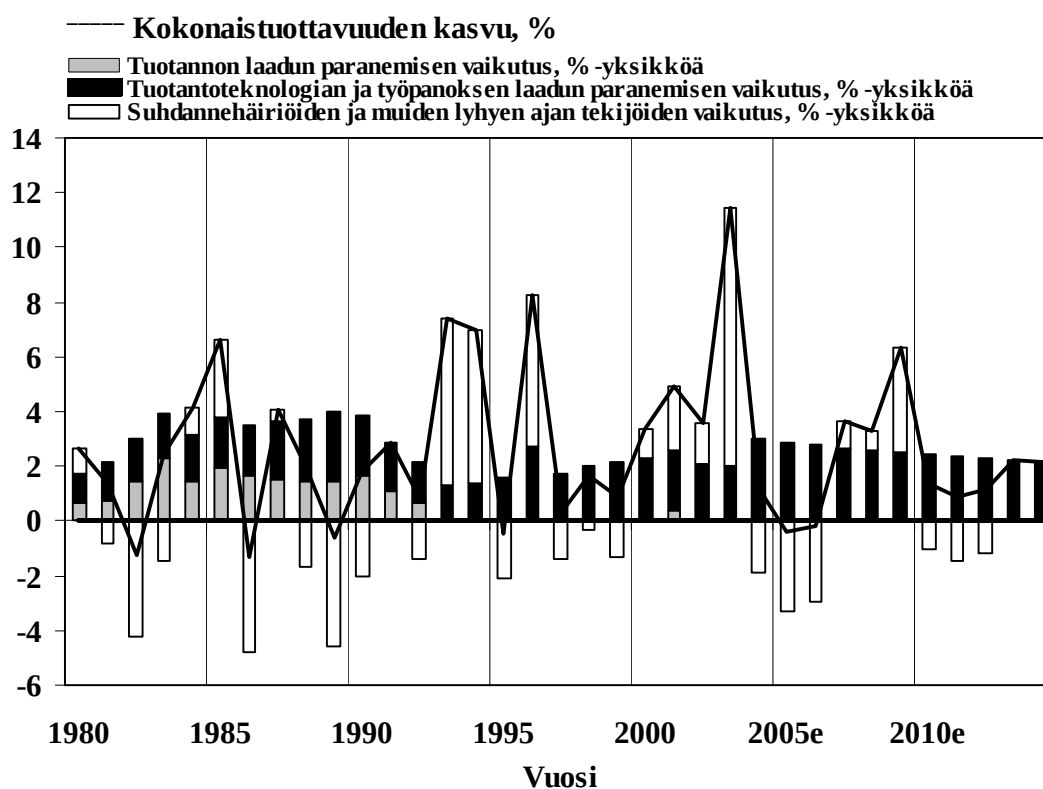
Metallituoteteollisuus



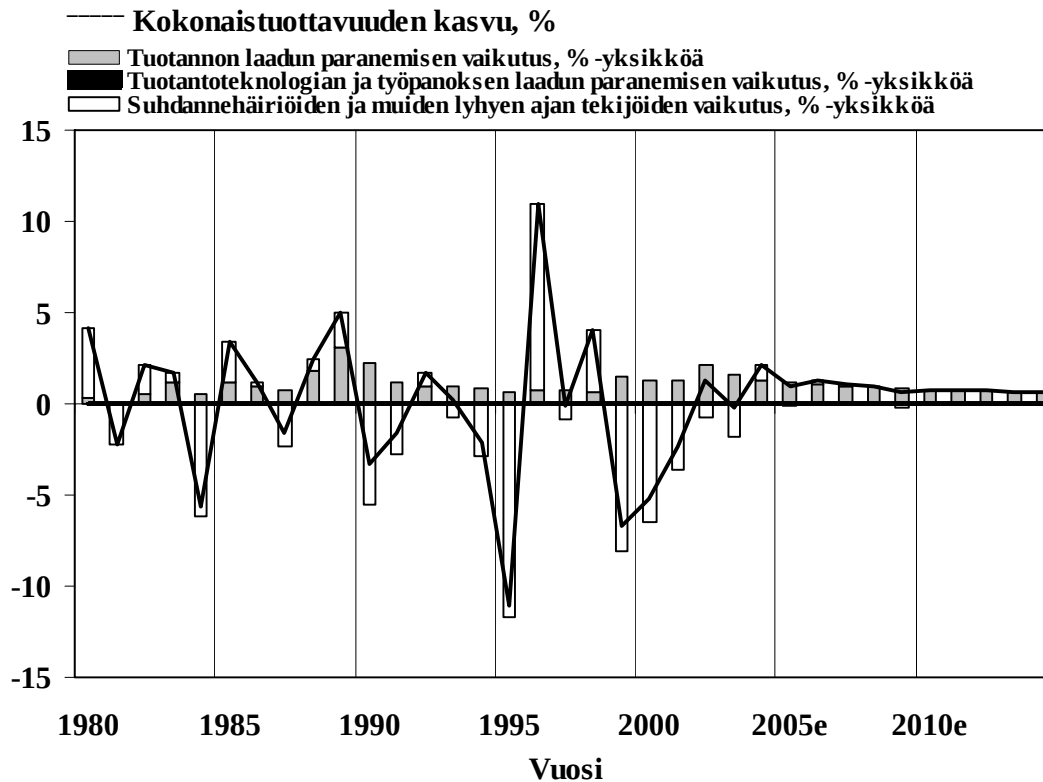
Koneteollisuus



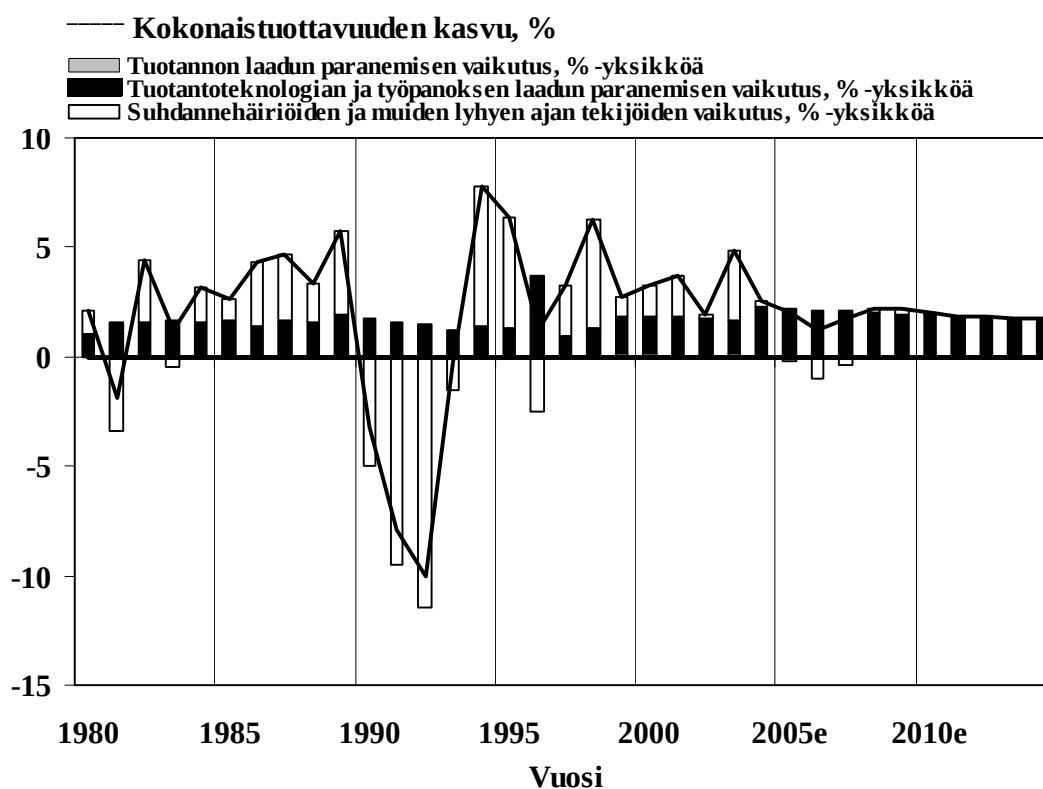
Energia- ja vesihuolto



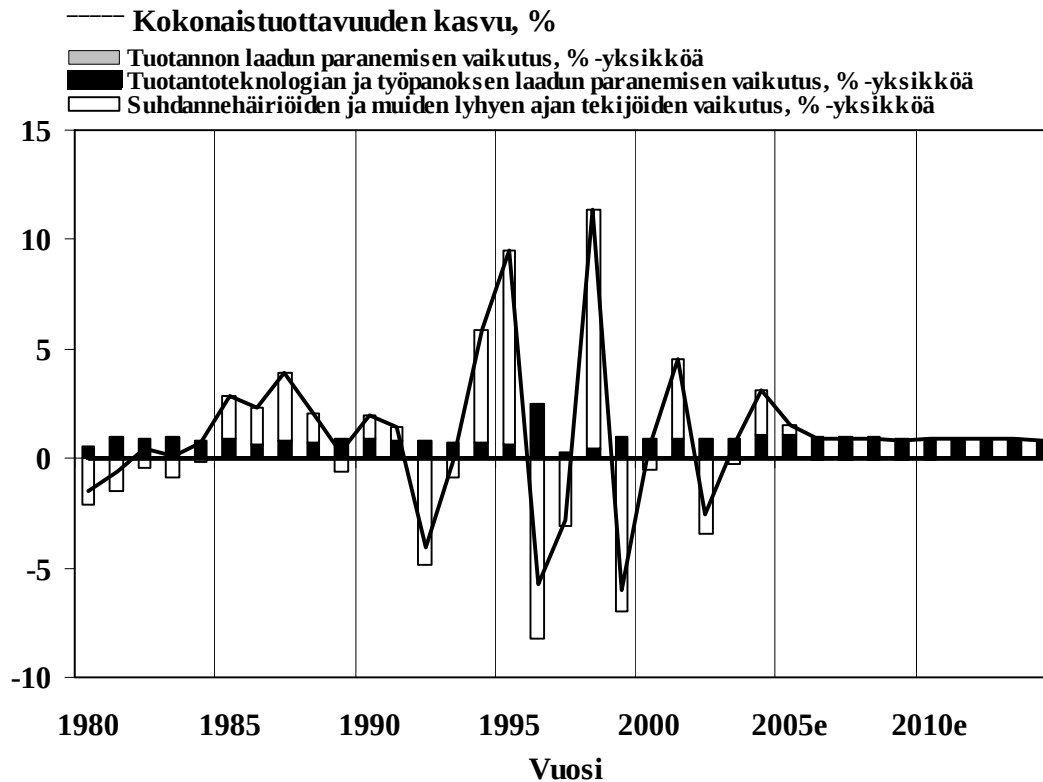
Talonrakentaminen



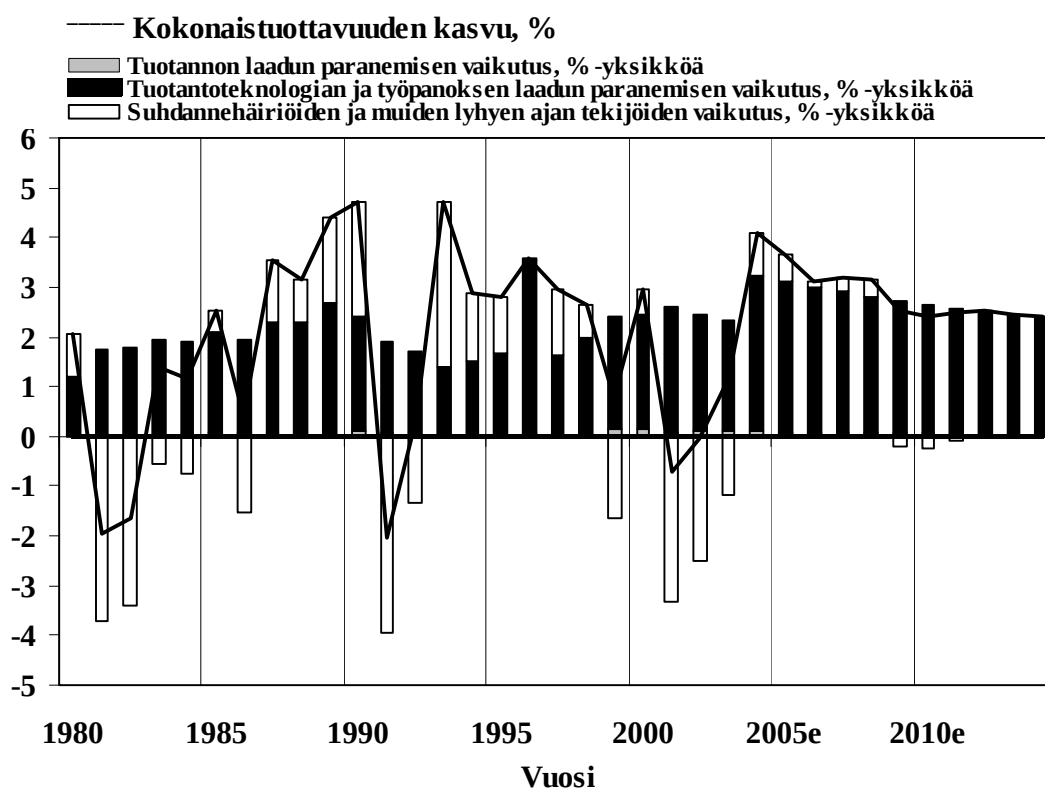
Tukku- ja vähittäiskauppa



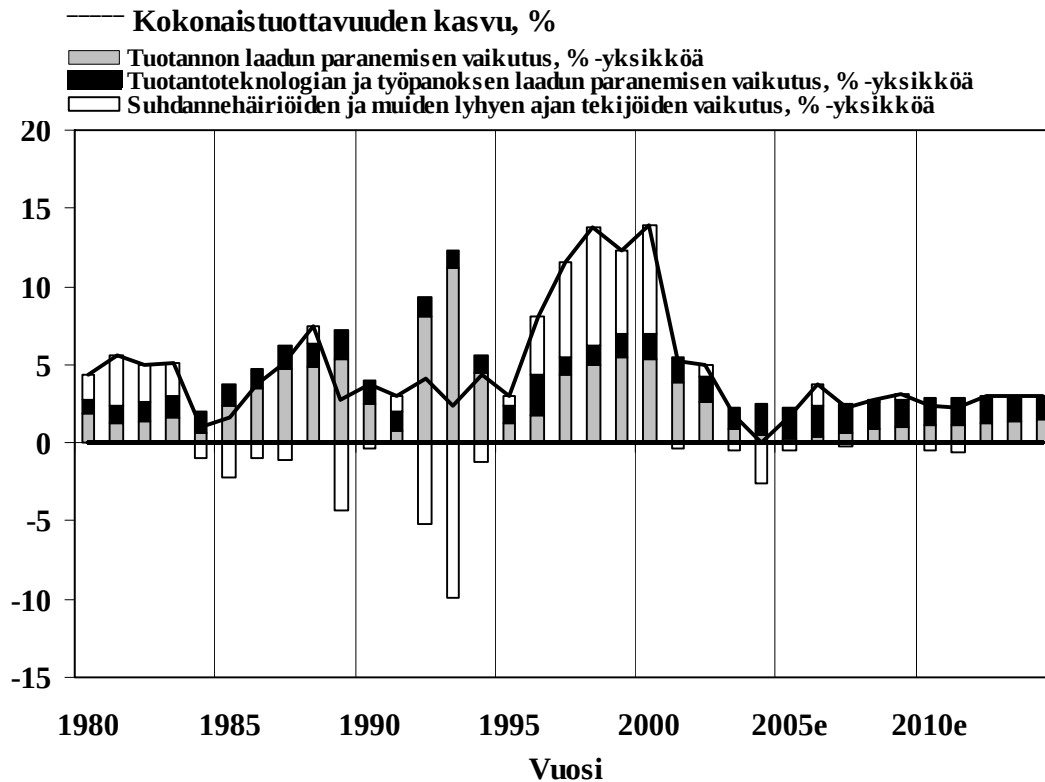
Majoitus- ja ravitsemistoiminta



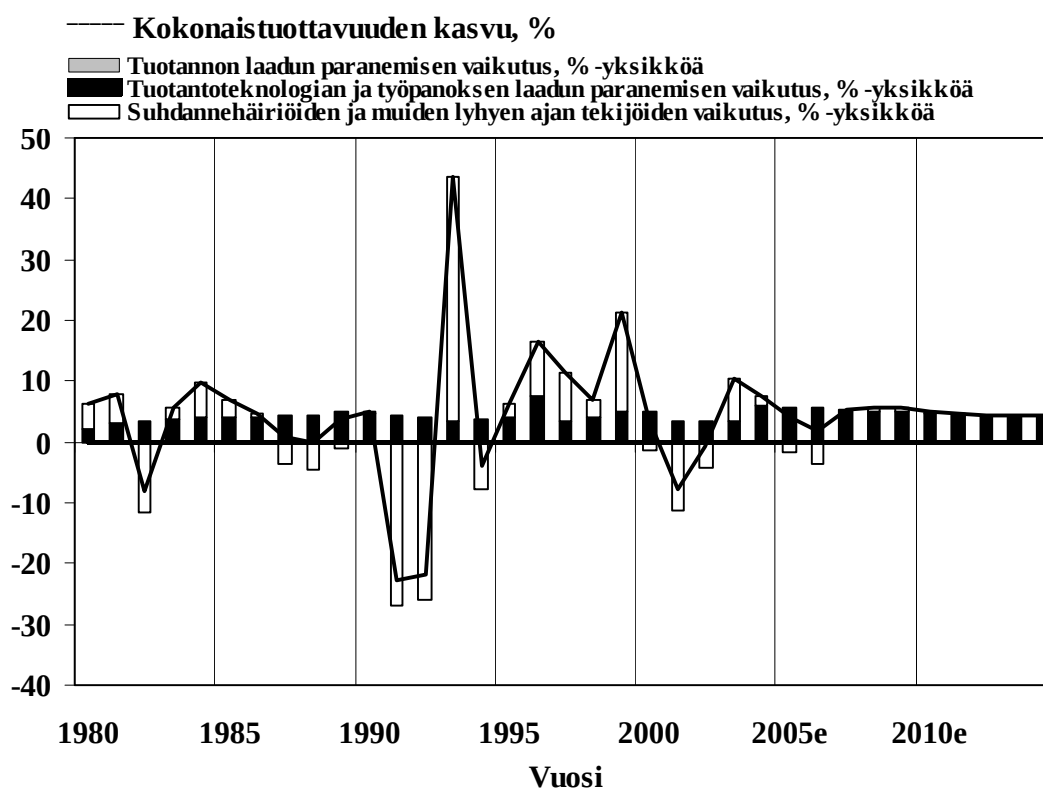
Kuljetus ja varastointi



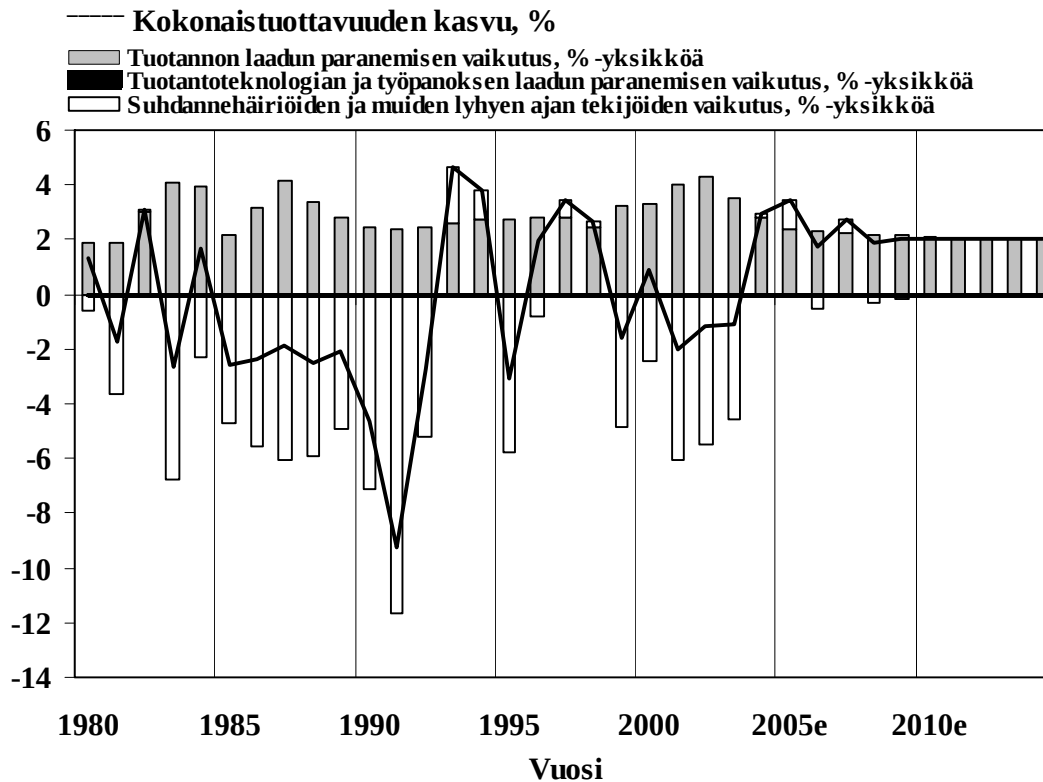
Tietoliikenne



Rahoitus- ja vakuutustoiminta



Liike-elämän palvelut



Liite 3

Toimialojen työn tuottavuuden kasvu

	Kasvu, % vuodessa					
	1999 - 2003	2003	2004	2005	2004 - 2008	2004 - 2015
Maatalous, riista- ja kalatalous	8.0	5	2	0	1.3	1.6
Metsätalous	1.8	1	7	5	4.9	4.3
Kaivannaistoiminta	0.4	1	-1	4	5.1	6.8
Elintarviketeollisuus	3.4	2	3	4	3.1	2.8
Tevanake-teollisuus	2.9	5	2	5	3.0	2.6
Puutavateollisuus	3.8	3	5	4	4.4	4.1
Paperiteollisuus	2.9	5	10	6	6.6	6.2
Graafinen teollisuus	1.9	4	3	5	2.6	2.0
Öljynjalostusteollisuus	-1.9	4	5	1	2.8	2.8
Kemikaaliteollisuus	2.5	4	4	5	4.0	3.5
Muovi- ja kumiteollisuus	1.4	3	5	5	3.4	2.8
Rakennusaineteollisuus	0.3	2	3	2	1.8	1.6
Metallinjalostusteollisuus	3.8	7	14	10	6.9	6.0
Metallituoteteollisuus	1.0	1	3	5	3.9	3.3
Koneteollisuus	1.3	3	4	6	3.4	2.8
Elektroniikkateollisuus	12.6	6	9	12	8.7	7.5
Kulkuneuvoteollisuus	0.2	2	1	0	2.0	1.3
Muu teollisuus	0.7	1	4	5	3.9	3.1
Energia- ja vesihuolto	6.9	13	2	0	2.2	2.7
Talonrakentaminen	-1.8	2	3	1	1.8	1.4
Maa- ja vesirakentaminen	-2.3	-2	2	1	0.5	0.3
Tukku- ja vähittäiskauppa	2.7	4	3	2	2.1	2.1
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	-0.9	1	3	2	1.6	1.2
Kuljetus ja varastointi	1.1	1	4	4	3.7	3.1
Tietoliikenne	10.7	5	1	3	3.1	3.5
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	5.6	10	8	4	5.4	5.3
Asuntojen omistus ja vuokraus	-0.8	4	1	1	1.4	1.4
Muu kiinteistötoiminta	1.0	3	2	0	1.2	0.9
Liike-elämää palveleva toiminta	-0.4	1	3	4	2.7	2.4
Muut yksityiset palvelut ja muu toiminta	0.0	-2	0	1	0.4	0.2
Julkinen hallinto; pakoll. sos.vakuutus	-0.5	1	1	0	0.4	0.4
Koulutus; terveydenhuolto- ja sos.palvelut	-0.2	0	0	0	0.0	0.1
Koko kansantalous	2.0	2.4	3.2	3.1	2.6	2.3

Liite 4

Toimialojen tuotoksen volyymin kasvu

	Kasvu, % vuodessa					
	1999 - 2003	2003	2004	2005	2004 - 2008	2004 - 2015
Maatalous, riista- ja kalatalous	1.9	-1	2	1	0.4	0.7
Metsätalous	1.2	2	3	2	2.2	2.1
Kaivannaistoiminta	2.1	0	-1	-2	-2.5	0.0
Elintarviketeollisuus	1.2	1	2	2	2.2	2.1
Tevanake-teollisuus	-2.6	-6	-4	1	-0.7	0.0
Puutavateollisuus	3.1	1	4	2	3.1	3.0
Paperiteollisuus	1.2	2	4	3	2.7	2.9
Graafinen teollisuus	0.8	0	1	3	2.1	2.4
Öljynjalostusteollisuus	-1.4	1	3	1	2.0	2.0
Kemikaaliteollisuus	2.4	0	1	3	2.9	2.9
Muovi- ja kumiteollisuus	1.5	-3	2	5	3.1	3.0
Rakennusaineteollisuus	2.1	2	4	3	2.7	2.6
Metallinjalostusteollisuus	1.5	2	11	9	6.3	4.7
Metallituoteteollisuus	3.3	-1	1	4	3.1	3.3
Koneteollisuus	0.5	0	4	5	3.8	3.6
Elektroniikkateollisuus	12.5	1	3	11	5.8	4.8
Kulkuneuvoteollisuus	-1.7	-10	-8	-9	-2.3	0.2
Muu teollisuus	0.3	1	2	2	2.4	2.5
Energia- ja vesihuolto	3.6	11	2	1	1.6	2.2
Talonrakentaminen	2.1	0	3	2	2.8	2.6
Maa- ja vesirakentaminen	1.0	1	3	3	1.8	1.3
Tukku- ja vähittäiskauppa	3.8	5	4	3	2.9	3.0
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	1.6	2	3	3	2.8	2.6
Kuljetus ja varastointi	1.9	2	3	3	3.1	3.1
Tietoliikenne	9.5	2	5	5	4.8	4.3
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	4.7	9	1	2	1.2	1.7
Asuntojen omistus ja vuokraus	2.5	2	2	2	2.0	2.0
Muu kiinteistötoiminta	4.1	3	4	4	4.1	3.2
Liike-elämää palveleva toiminta	5.2	2	3	5	3.9	3.7
Muut yksityiset palvelut ja muu toiminta	2.8	-1	2	2	2.2	2.1
Julkinen hallinto; pakoll. sos.vakuutus	1.3	2	1	1	1.0	0.9
Koulutus; terveydenhuolto- ja sos.palvelut	2.4	1	2	2	1.6	1.6
Koko kansantalous	3.2	1.7	2.6	3.6	3.0	2.8

Kirjallisuus

Eurostat (1997): ”Euroopan kansantalouden tilinpitojärjestelmä – EKT 1995”, Luxemburg.

Jalava J. (2002): ”Accounting for growth and productivity: Finnish multifactor productivity 1975-99”, Finnish Economic Papers, Vol. 15, No. 2, Autumn 2002, 76-86.

Jorgenson D.W., Gollop F.M. ja Fraumeni B. (1987): ”Productivity and U.S. Economic Growth”, Contributions to Economic Analysis, North Holland, Elsevier Science Publishers B.V.

Jorgenson D.W. ja Stiroh K.J. (2000): ”Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age”, Brookings Papers on Economic Activity 1:2000, 125-235.

OECD (2001): ”Measuring Productivity – Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth”, OECD Manual.

Parkkinen K., Manninen K. ja Mäenpää I. (2000): ”Tavaroiden tuonti ja vienti toimialan mukaan Suomessa vuosina 1975-1999”, Oulun yliopiston Thule-instituutti, Tilastokeskus, luonnos 28.11.2000.

Rantala O. (2003a): ”Tuotekehitys, toimialojen panos-tuotosrakenteen muutokset, tuottavuus ja talouden kasvu”, ETLA keskusteluaiheita No. 842.

Rantala O. (2003b): ”Yritysten t&k-panostusten määräytyminen ja julkisen t&k-rahoituksen vaikutus toimialatasolla”, ETLA keskusteluaiheita No. 876.

Tilastokeskus (2003): ”Tutkimus- ja kehittämistoiminta 2002 – Yritysten innovaatiotoiminta 2000-2002”, Tiede, teknologia ja tutkimus 2003:4.

Tullihallitus (2003): ”Ulkomaankauppa 2000 – Osa 2”, SVT Ulkomaankauppa (CD-ROM-levyke), Tullihallitus, Tilastoyksikkö.

Valtioneuvoston kanslia (2004): ”Osaava, avautuva ja uudistuva Suomi – Suomi maailmantaloudessa –selvityksen loppuraportti”, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 19/2004.

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

Puh./Tel. (09) 609 900

Int. 358-9-609 900

<http://www.etla.fi>

Telefax (09) 601753

Int. 358-9-601 753

KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

Julkaisut ovat saatavissa elektronisessa muodossa internet-osoitteessa:

<http://www.etla.fi/finnish/research/publications/searchengine>

- No 918 LAURA PAIJA, Allocation of Control Rights to Customised Products: Empirical Analysis of Finnish SMEs. 10.08.2004. 38 p.
- No 919 MIKA MALIRANTA – PETRI ROUVINEN, Informational Mobility and Productivity – Finnish Evidence. (Tiedollisen liikkuvuuden tuottavuusvaikutukset Suomessa). 22.07.2004. 14 p.
- No 920 MIKA MALIRANTA – SATU NURMI, Analyzing entrepreneurship with the Finnish linked employer-employee data (FLEED). Matching and qualitative properties of the data. 29.07.2004. 20 p.
- No 921 EDVARD JOHANSSON – HANNU AHO – URPO KIISKINEN – KARI POIKOLAINEN, The association of alcohol dependency with employment probability: Evidence from the population survey “Health 2000 in Finland”. Alkoholi-riippuvuus ja todennäköisyys olla kokopäivätyössä: Tuloksia “Terveys 2000” aineistosta. 02.08.2004. 28 p.
- No 922 ANNIKA EVÄLÄ, Koulutuksen panokset ja tuotokset – Suomi kansainvälisessä vertailussa. 24.06.2004. 93 s.
- No 923 ARI HYYTINEN – MIKA PAJARINEN, Opacity of Young Firms: Faith or Fact? 06.08.2004. 24 p.
- No 924 PAAVO SUNI, Kiina maailmantaloudessa – Globaalitalouden kasvu ja teollisen työnjaon muutos, Taustaraportti (China in The World Economy – Global Economic Growth and the Changing International Division of Labour, A Background Report). 23.08.2004. 24 s.
- No 925 VILLE KAITILA, The Factor Intensity of Accession and EU15 Countries’ Comparative Advantage in the Internal Market. 25.08.2004. 23 p.
- No 926 ANTTI-JUSSI TAHVANAINEN – RAINE HERMANS, Financial Pecking Order and the Value Platform of Intellectual Capital. Observing the Finnish Biotechnology Industry. 25.08.2004. 34 p.
- No 927 JYRKI ALI-YRKKÖ – MAARIT LINDSTRÖM – MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Suomen asema globaalissa kilpailussa – yritysten sijaintipäätöksiin vaikuttavat tekijät. 30.08.2004. 83 s.
- No 928 PETRI BÖCKERMAN – EDVARD JOHANSSON – SATU HELAKORPI – RITVA PRÄTTÄLÄ – ERKKI VARTIAINEN – ANTTI UUTELA, Does a Slump Really Make You Thinner? Finnish Micro-level evidence 1978-2002. 01.09.2004. 20 p.
- No 929 ANTTI KAUKHANEN – HANNU PIEKKOLA, What Makes Performance-Related Pay Schemes Work? Finnish Evidence. 13.09.2004. 22 p.

- No 930 KARI E.O. ALHO, Palkankorotusten vaihtoehdot ja talouden kasvu – toimialatarkasteluja Suomen teollisuudella. 04.10.2004. 17 s.
- No 931 EDVARD JOHANSSON – HANNU ALHO – URPO KIISKINEN – KARI POIKOLAINEN, Abstaining from Alcohol and Labour Market Underperformance – Have we forgotten the "dry" alcoholics? 23.09.2004. 12 p.
- No 932 MATTHIAS DESCHRYVERE, Health and Retirement Decisions: An Update of the Literature. 24.09.2004. 35 p.
- No 933 MATTHIAS DESCHRYVERE, Labour Force Behaviour of Elderly Two Adult Households: Evidence from EU-countries. 24.09.2004. 50 p.
- No 934 JARI HYVÄRINEN, EU Outsourcing to the East, Governance and Innovation Systems in the Baltic Countries – A Three-Stage Approach. 27.09.2004. 70 p.
- No 935 VILLE KAITILA, Integration and Conditional Convergence in the Enlarged EU Area. 07.10.2004. 17 p.
- No 936 MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Miksi yritykset investoivat ulkomaille? Yrityskyselyyn perustuva analyysi. 08.10.2004. 23 s.
- No 937 OTTO TOIVANEN, Choosing Standards. 11.10.2004. 31 p.
- No 938 TERTTU LUUKKONEN, Patentointi biotekniikka-alalla. 15.10.2004. 14 s.
- No 939 ESSI EEROLA – NIKU MÄÄTTÄNEN – PANU POUTVAARA, Citizens Should Vote on Secession. 20.10.2004. 15 p.
- No 940 MIKA WIDGRÉN – PEKKA SULAMAA, Aasian regionalismi vs. globaali vapaakauppa: Simulointitutkimus taloudellisista vaikutuksista. 21.10.2004. 23 s.
- No 941 MIKA WIDGRÉN, Suomen, Aasian ja uusien EU-maiden suhteellinen etu ja kilpailuasetelmien muutos. 21.10.2004. 28 s.
- No 942 MIKA MALIRANTA – SATU NURMI, Do Foreign Players Change the Nature of the Game among Local Entrepreneurs? 26.10.2004. 22 p.
- No 943 JYRKI ALI-YRKKÖ, Impact of Public R&D Financing on Private R&D – Does Financial Constraint Matter? 29.10.2004. 22 p.
- No 944 STEFAN NAPEL – MIKA WIDGRÉN, The Inter-Institutional Distribution of Power in EU Codecision. 05.11.2004. 26 p.
- No 945 MATHIAS CALONIUS, Luovan yhteiskunnan rakenteet, luovat toimialat ja muotoilu. 08.11.2004. 31 s.
- No 946 ARI HYYTINEN – MIKA PAJARINEN, Is the Cost of Debt Capital Higher for Younger Firms? 11.11.2004. 17 p.
- No 947 MARKKU STENBORG, Explaining Open Source. 11.11.2004. 34 p.
- No 948 OLAVI RANTALA, Toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden ennustejärjestelmä – Julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus ja tuottavuuden pitkän ajan kasvu. 12.11.2004. 54 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan.

Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.