

Tiivistelmä

SUOMEN PANKIN Keskustelualoitteita

9/94

Seinäytteenä on esillä työtuottavuuden kasvun ja työllisyyden välistä yhteyttä käsittelevä tutkimus. Työtuottavuuden kasvun ja työllisyyden välistä yhteyttä käsittelevä tutkimus on keskeinen osa kansantalouden tutkimusta. Työtuottavuuden kasvun ja työllisyyden välistä yhteyttä käsittelevä tutkimus on keskeinen osa kansantalouden tutkimusta. Työtuottavuuden kasvun ja työllisyyden välistä yhteyttä käsittelevä tutkimus on keskeinen osa kansantalouden tutkimusta.

Paavo Peisa

Kansantalouden osasto

26.4.1994

Työn tuottavuuden kasvu
toimialojen kokemusten valossa

ISBN 951-00-120-1
ISSN 0321-2822

Suomen Pankin tutkimuskeskus
Helsinki 1994

Tiivistelmä

Selvityksessä tarkastellaan toimiala-aineistoa käyttäen työn tuottavuuden riippuvuutta pääomasta ja tuotannon mittakaavasta. Kasvulaskelmien yksinkertainen tuotantofunktio selittää hyvin toimialojen keskimääräisen tuottavuuden kasvun koko tarkastelujakson 1960–91 aikana, mutta huonosti sekä tarkasteltujen osajaksosten 1960–73 ja 1973–91 että eri toimialojen poikkeamat keskimääräisestä kasvusta. Pääoman estimoitu rajatuottavuus oli varsinkin jälkimmäisen osajakson aikana selvästi kasvulaskelmissa oletettua alhaisempi.

1 Toimialaluokituksen vaihtelujen malli	25
4 Estimoituminen	18
5 Kasvulaskennan mallien estimoituminen	20
6 Tulosten tarkastelu	24
Lähteet	25
Liite Toimialaluokitus ja väestö	27

ISBN 951-686-406-6
ISSN 0785-3572

Suomen Pankin monistuskeskus
Helsinki 1994

Seinäyksen tarkoituksena on esittää...
 voin päämäärä ja tuotannon...
 tuotanto...
 koko...
 vuosi...
 aikana...

Sisältö

	sivu
1	3
2	7
3	9
4	16
5	18
6	20
	24
	25
	27

Työn...
 Tiivistelmä...
 1 Johdanto...
 2 Kokonaistaloudelliset ja toimialoittaiset vaihtelut...
 3 Toimialoittaisten vaihteluiden malli...
 4 Estimointimenettely...
 5 Kovarianssimallien estimointituloksia...
 6 Johtopäätökset...
 Lähteet...
 Liite Toimialaluokitus ja aineisto...
 Työn...
 Tiivistelmä...
 1 Johdanto...
 2 Kokonaistaloudelliset ja toimialoittaiset vaihtelut...
 3 Toimialoittaisten vaihteluiden malli...
 4 Estimointimenettely...
 5 Kovarianssimallien estimointituloksia...
 6 Johtopäätökset...
 Lähteet...
 Liite Toimialaluokitus ja aineisto...
 Työn...
 Tiivistelmä...
 1 Johdanto...
 2 Kokonaistaloudelliset ja toimialoittaiset vaihtelut...
 3 Toimialoittaisten vaihteluiden malli...
 4 Estimointimenettely...
 5 Kovarianssimallien estimointituloksia...
 6 Johtopäätökset...
 Lähteet...
 Liite Toimialaluokitus ja aineisto...

1 Johdanto

Työn tuottavuuden kasvu on taloudellisen kehityksen tärkein käyttövoima. Useimmilla toimialoilla tuotannon määrä työntekijää kohti kaksinkertaistuu yhden sukupolven aikana. Kasvun syitä ei tiedetä tarkasti. Asiaa selvitettäessä huomio on kiinnitetty erityisesti tuotannon pääomavaltautumiseen ja tuotantomenetelmien paranemiseen, mutta näiden ja muiden kasvutekijöiden vaikutuksia ei ole pystytty arvioimaan kiistattomasti.

Denisonin (1962), Kendrickin (1961) ja monien muiden kokonaistaloudelliset kasvulaskelmat perustuvat yhden sektorin usklassiseen kasvumalliin. Tässä työn tuottavuus määräytyy kullakin hetkellä yksikäsitteisesti tuotannon pääomavaltautumisen perusteella, mutta tuottavuuden muutoksiin vaikuttaa pääomakannan kertymisen ohella myös (itselfään etenevä) tuotantoteknologian kehitys. Useimpien laskelmien mukaan pääoman merkitys tuottavuuden kasvun selittäjänä jää suhteellisen vähäiseksi, siitäkin huolimatta että teoria korostaa työn ja pääoman keskinäistä korvautuvuutta. Teknologian kehitys selittää vähintään puolet työn tuottavuuden kasvusta.

Usklassisen kasvumallin pitkälle pelkistetyt tuotanto-oletukset on usein asetettu kyseenalaisiksi. Erityisen vaikutusvaltainen kriitikko oli Kaldor, jonka ajatukset ovat viime vuosina heränneet uudelleen henkiin "uutena kasvuteorian". Tämä ei ole varsinaisesti yhtenäinen teoria, vaan pikemminkin joukko malleja joissa kaikissa kasvu on kuvattu enemmän tai vähemmän sisäsyntyiseksi. Sisäsyntyisyys perustellaan eri malleissa eri oletuksin. Perinteisiä suurtuotannon etuja on painottanut esimerkiksi Hall (1988), kun taas Lucas (1988), Romer (1986, 1990) ja muut ovat puolestaan esittäneet (laajasti ymmärretyn) pääoman rajatuottavuuden olevan aikaisemmin oletettua huomattavasti korkeampi. Kirjallisuudessa on kiinnitetty huomiota erityisesti koulutuksen ja muiden aineettomien investointien suotuisiin ulkoisvaikutuksiin, mutta monet tavanomaisetkin investoinnit saattavat kohottaa työn tuottavuutta investoivan yrityksen ulkopuolella.

Usklassista kasvumallia – kuten mitä tahansa yhden sektorin mallia – voidaan pitää harhaanjohtavana myös siksi, että investointien kohdentumista ja muita kasvuprosessin laadullisia tekijöitä ei oteta huomioon mallitarkastelussa. Panosten ja tuotannon kokonaismäärien välillä ei välttämättä ole teorian olettamaa vakaata relaatiota. Jos investoinnit kohdentuvat tehottomasti, tuottavuuden ja kokonaistuotannon kasvu saattaa jäädä vähäiseksi pääomakannan nopeasta kasvusta huolimatta. Kasvulaskelmissa hitaan kasvun syyksi kirjataan tässä tapauksessa harhaanjohtavasti teknisen kehityksen hitaus.

Koska pääomakanta ja työpanos muuttuvat hitaasti, kokonaistaloudellisten kasvumallien keskeisen osan, tuotantofunktion, kertoimia on hankala arvioida empiirisesti aikasarjoja tarkastelemalla. Tilastollisesti tarkkoja estimaatteja saadaan, jos käytetään aineistona pitkiä historiallisia aikasarjoja. Tällöin joudutaan kuitenkin olettamaan, että kertoimet pysyvät muuttumattomina koko tarkastelujakson ajan. Pitkiä aikavälejä tarkasteltaessa oletus ei ole uskottava. Kasvulaskelmissa kertoimet onkin yleensä jouduttu kalibroimaan sopivin oletuksin käytetyn kasvumallin mukaisiksi.

Pitkittäisaineistoja (yhdistettyjä poikkileikkaus- ja aikasarja-aineistoja) käytettäessä vapausasteiden lukumäärä ei yleensä ole kovin suuri ongelma, eikä kertoimien suuruusluokkaa tarvitse välttämättä arvioida epärealistisin oletuksin. Pääoman rajatuottavuus ja tuotantofunktion muut ominaisuudet voidaan arvioida

tilastollisesti. Työn tuottavuuden kasvua onkin tarkasteltu kirjallisuudessa yhdistämällä pitkittäisaineistoksi esimerkiksi eri maita (Mankiew, Romer ja Weil, 1990) tai eri osavaltioita (Barro ja Sala i Martin 1990, 1991 ja Holz-Eakin, 1991,1 1992) koskevia aikasarjoja.

Tässä selvityksessä käytetään toimialoittaisista tiedoista koostuvaa pitkittäisaineistoa. Työn tuottavuuden, tuotannon pääomavaltaisuuden ja mittakaavan vaihteluita tarkastellaan erikseen pitkällä, vuodesta 1960 vuoteen 1991 ulottuvalla aikavälillä sekä kahdella lyhyemmällä, vuodet 1960–73 sekä 1973–91 kattavalla aikavälillä. Toimialojen kehitykseen vaikuttavia kokonaistaloudellisia tekijöitä tarkastellaan selvityksen pelkistetyssä kehikossa varsin seikkaperäisesti, lähinnä kokonaistaloudellisten tekijöiden oman merkityksen vuoksi mutta osaksi myös johdatuksena seuraavissa luvuissa esitettävään toimialoittaiseen tarkasteluun. Selvityksen painopiste on edustavan toimialan kasvukokemusten erittelyssä. Toimialojen väliset erot otetaan jossain määrin huomioon mallitarkastelussa, mutta yksittäisiä toimialoja ei käsitellä erikseen.

2 Kokonaistaloudelliset ja toimialoittaiset vaihtelut

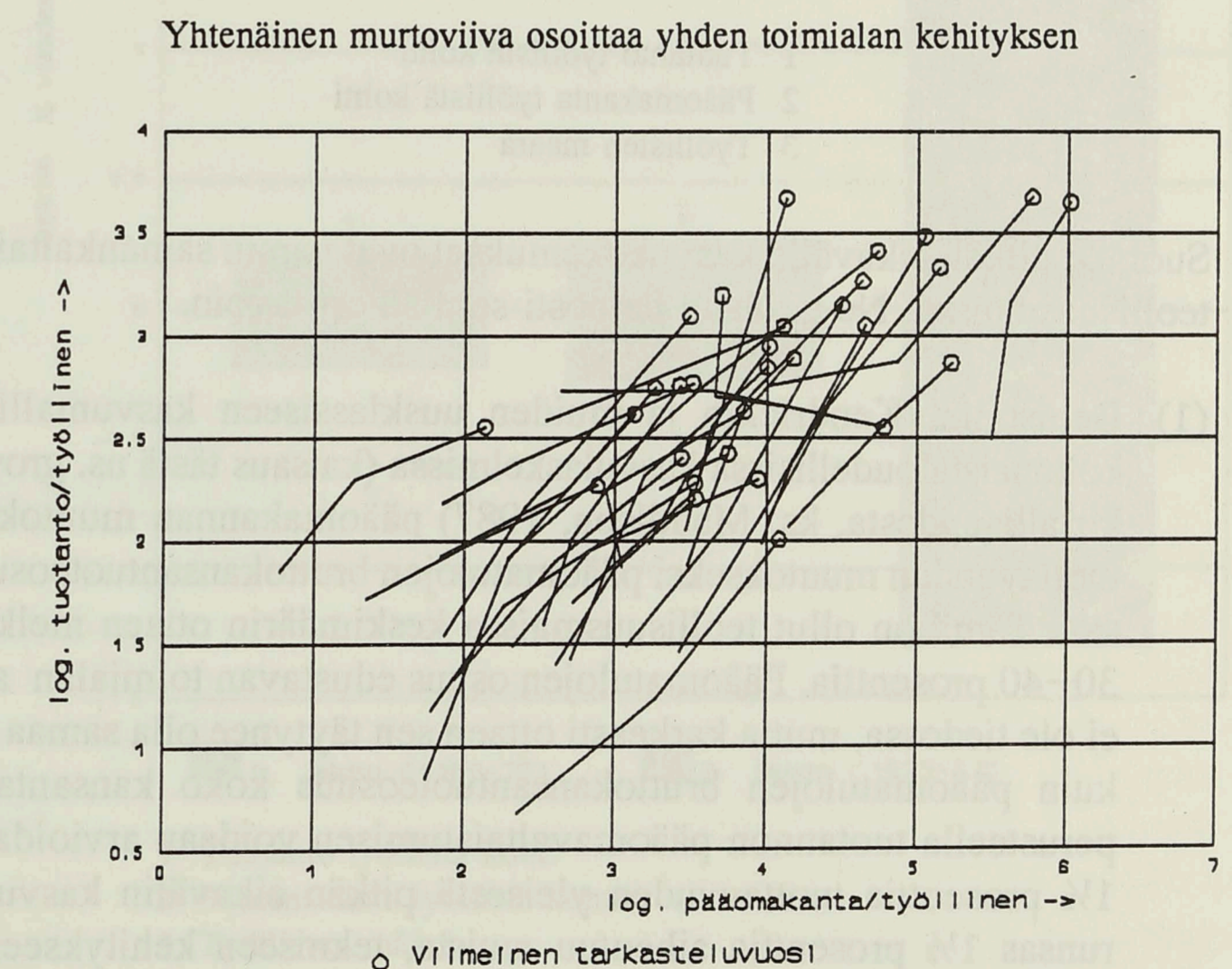
Aineisto

Kansantalouden tilinpidossa on toimialatietoja yrittäjätoiminnasta ja julkisesta toiminnasta. Tiedot näiden kahden sektorin 30 toimialan arvonlisäyksestä, työntekijöiden määrästä ja bruttopääomakannasta saatiin vuosilta 1960–75 Tilastokeskuksesta ja vuosilta 1975–91 ASTIKA-tietokannasta. Aikasarjat eivät olleet kaikilta osin yhteensopivia. Esimerkiksi vuosien 1960–75 kiinteähintaisissa sarjoissa perusvuosi oli 1980 ja vuosien 1975–91 sarjoissa 1985. Lisäksi toimialaluokituksen rajat vaihtelivat hieman jaksoittain. Sarjat yhdistettiin ketjuttamalla jälkimmäisen jakson sarjojen tasolle, joten kiinteähintaiset sarjat ovat karkeasti ottaen 1985-hintaisia. Tässä selvityksessä tarkastellaan jaksojen 1960–73 ja 1973–91 keskimääräisiä muutoksia. Merkkipaaluvedot ovat samat kuin monissa muissa kasvulaskelmissa. Toimialaluokitus ja käytetty aineisto on esitetty liitteessä.

Kokonaistaloudelliset vaihtelut

Lähes kaikilla toimialoilla tuotanto pääomavaltaitui ja työn tuottavuus lisääntyi molempina tarkastelujaksoina (kuvio 1). Muutosten samansuuntaisuus tuskin on pelkkä sattuma. Pikemminkin yhteisen vaihtelun syyksi voidaan ajatella kaikille toimialoille yhteiset *kokonaistaloudelliset* tekijät.

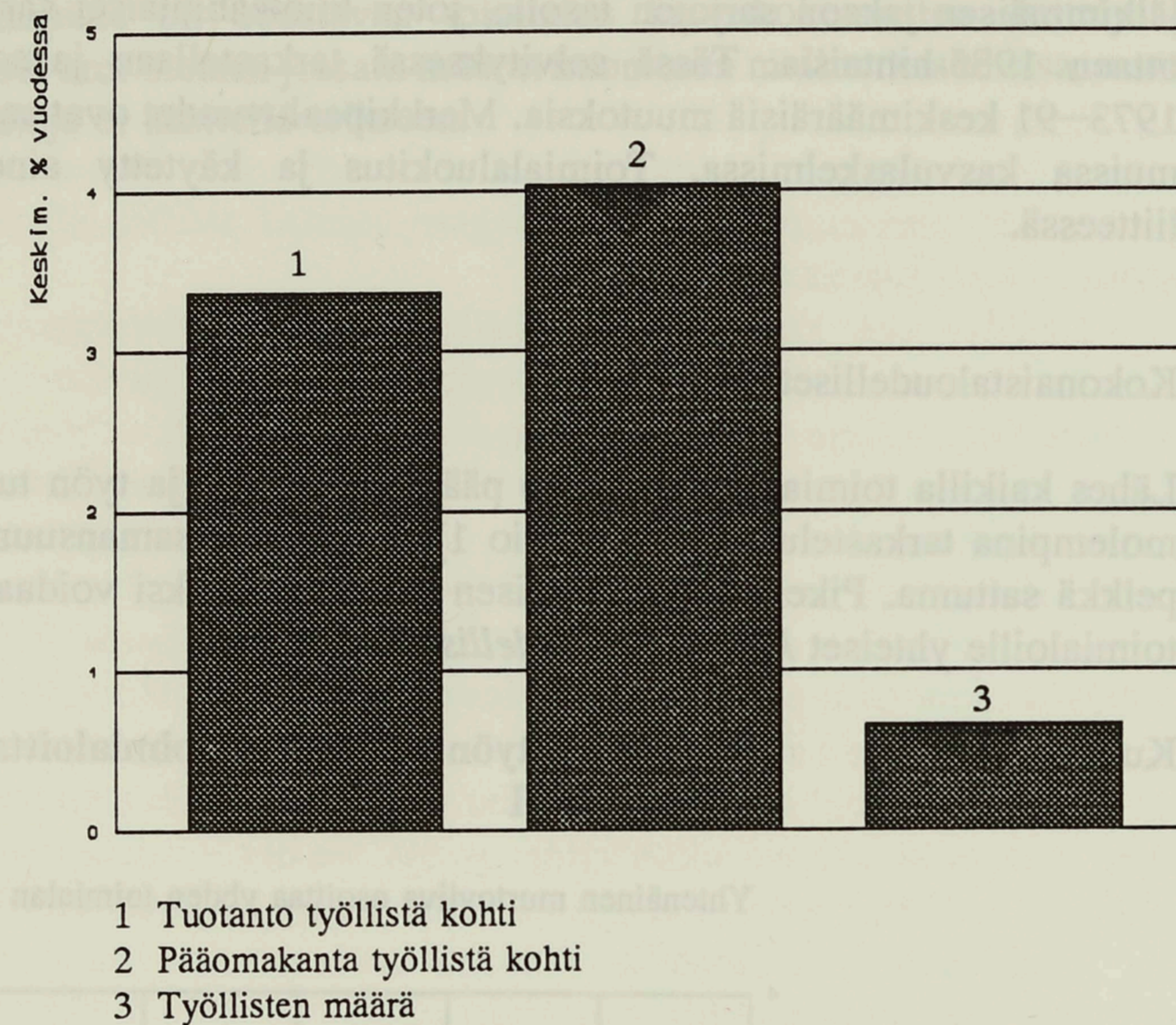
Kuvio 1. Pääoma ja työn tuottavuus toimialoittain vuosina 1960, 1973 ja 1991



Kokonaistaloudellisten tekijöiden vaikutus toimialojen pitkän aikavälin kasvuun voidaan arvioida laskemalla toimialojen kasvulukujen keskiarvo tarkastelujakson ajalta. Pitkä aikaväli viittaa tässä selvityksessä muutaman kymmenen vuoden ajanjaksoon. Jakson pituutta ei voida määrittää tarkasti. Käytetyn aineiston perusteella on vaikea erottaa toisistaan esimerkiksi täysin vakaasti etenevää kasvua ja 60 vuoden jaksoissa eteneviä pitkiä syklejä.

Työn tuottavuus ja tuotannon pääomavaltaisuus kasvoivat tarkastelujakson aikana keskimäärin 3–4 prosentin vuosivauhdilla (kuvio 2). Myös työllisten määrä lisääntyi, joskin selvästi hitaammin kuin muut muuttajat.

Kuvio 2. Keskimääräiset muutokset, % vuodessa



Suomen pitkän aikavälin kasvukokemukset ovat varsin samankaltaiset kuin muissa teollisuusmaissa. Ne voidaan helposti selittää eri tavoin.

- (1) Denisonin, Kendrickin ja muiden uusklassiseen kasvumalliin perustuvissa kokonaistaloudellisissa kasvulaskelmissa (katsaus tästä ns. growth accounting-kirjallisuudesta, ks. Maddison, 1987) pääomakannan muutoksesta jyvitetään tuottavuuden muutokseksi pääomatulojen bruttokansantuoteosuuden suuruinen osa. Tämä on ollut teollisuusmaissa keskimäärin ottaen melko vakaasti noin 30–40 prosenttia. Pääomatulojen osuus edustavan toimialan arvonlisäyksestä ei ole tiedossa, mutta karkeasti ottaen sen täytyy olla samaa suuruusluokkaa kuin pääomatulojen bruttokansantuoteosuus koko kansantaloudessa. Tällä perusteella tuotannon pääomavaltaisuuden voidaan arvioida selittävän noin 1½ prosenttia tuottavuuden yleisestä pitkän aikavälin kasvusta. Jäännös eli runsas 1½ prosenttia aiheutuu muista, tekniseen kehitykseen samaistetusta tekijöistä.

- (2) Jos pääomamuuttujan kerroin on suurempi kuin kasvutilinpitolaskelmissa oletetaan, teknisen kehityksen selitysosuus pienenee vastaavasti. Uuden kasvuteorian hengen mukaisesti pääomakannan muutosten voidaan olettaa näkyvän samansuuruisina tuottavuuden muutoksina. Tällöin eksogeenisen teknisen kehityksen osuus jää olemattomaksi.

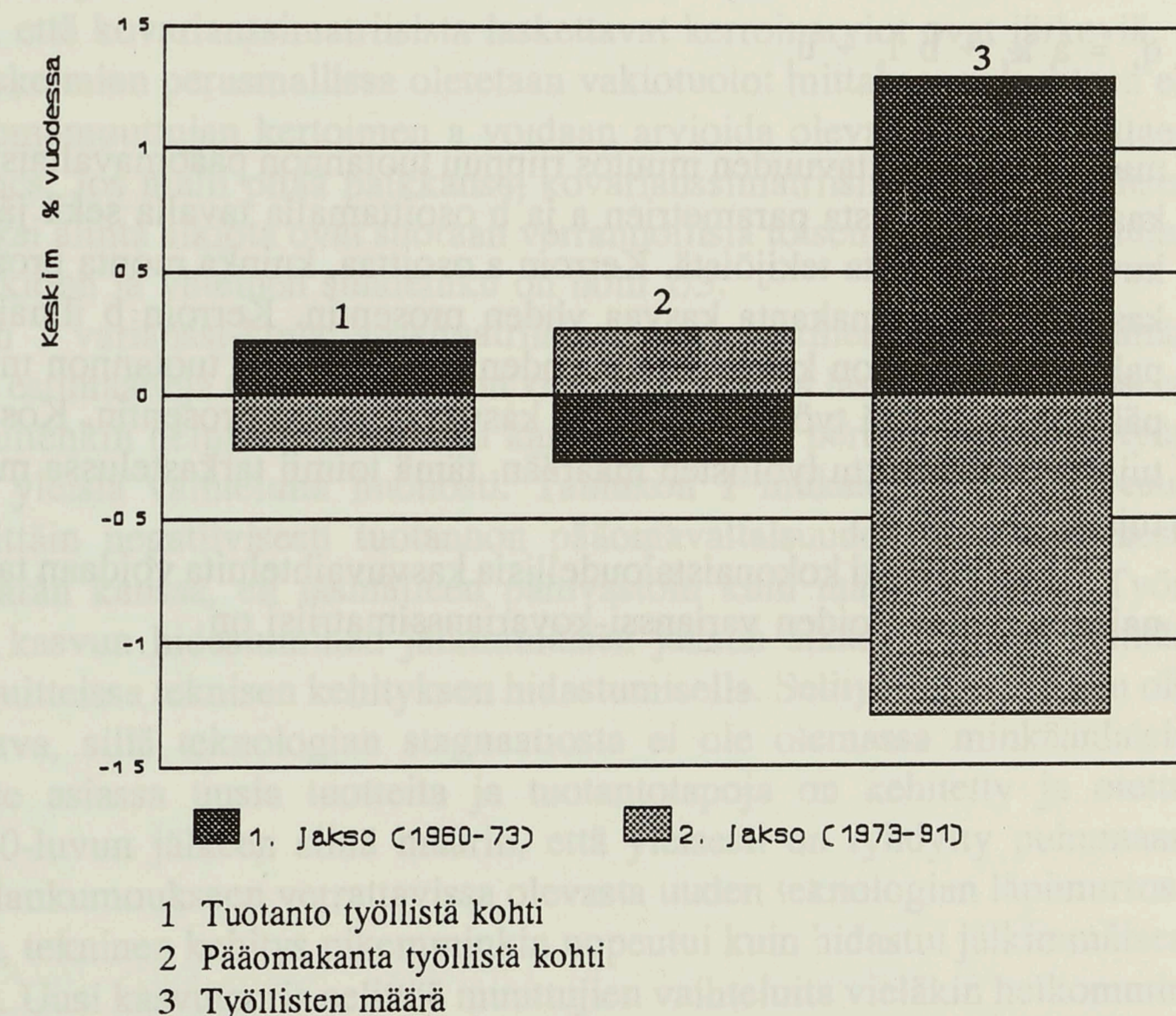
- (3) Työn tuottavuuden kasvu voidaan selittää myös vetoamalla työtä säästävään tekniseen kehitykseen. Jos pääomakanta kasvaa kiinteässä suhteessa tehokkuusyksiköissä mitattuun työpanokseen, sen kontribuutio tuottavuuden kasvuun on nolla siinä suhteessa, että tuotantotekijämääriltään tasapainoista kasvua ei voida nopeuttaa pääomakannan kasvua nopeuttamalla. Toisaalta pääomakannan täytyy kasvaa samalla vauhdilla kuin tuotanto.

- (4) Tuottavuuden kasvun perimmäinen syy saattaa olla myös tuotannon mittakaavan lisääntyminen, joskaan tämä selitys ei ole ainakaan ainoana täysin uskottava mm. siksi, että mittakaavamuuttujana käytetyn työllisten määrän keskimääräinen 0.5 prosentin kasvu voidaan helposti selittää satunnaisiksi otantavirheiksi.

Hieman lyhyemmällä, noin 15 vuoden aikajänteellä kasvun yleisiä, kaikille toimialoille yhteisiä vaihteluita voidaan arvioida jaksojen keskimääräisten kasvulukujen poikkeamalla keskiarvostaan. Kun jaksoja on vain kaksi, poikkeamat ovat itseisarvoltaan yhtä suuret mutta erimerkkiset (kuvio 3).¹

Kuvio 3.

Kokonaistaloudelliset kasvuvaihtelut jaksoittain, % vuodessa



¹ $x_1 - \bar{x} = x_1 - (x_1 + x_2)/2 = (x_1 - x_2)/2 = -x_2 + \bar{x}$

Poikkeamista lasketut varianssi- ja kovarianssikertoimet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Yleisten kasvuvaihteluiden kovarianssimatriisi

	q^w	k^w	l^w
q^w	0.10	-1.00	1.00
k^w	-0.12	0.15	-1.00
l^w	0.57	-0.70	3.35

Muuttujien kovarianssikertoimet on esitetty lävistäjän alapuolella, korrelaatiokertoimet lävistäjän yläpuolella

q^w tuottavuuden muutos, keskimäärin % vuodessa

k^w pääomavaltaisuuden muutos, keskimäärin % vuodessa

l^w työllisten määrän muutos, keskimäärin % vuodessa

Työllisten määrä kasvoi voimakkaasti ensimmäisen ja supistui vastaavasti yhtä voimakkaasti jälkimmäisen jakson aikana. Vaihtelut heijastavat paljolti kansantalouden aktiviteetin vaihteluita. Kahden muun muuttujan vaihtelut olivat huomattavasti vähäisemmät kuin työllisten määrän vaihtelut. Työllisyyden muutokset korreloivat negatiivisesti tuotannon pääomavaltaisuuden ja positiivisesti työn tuottavuuden muutosten kanssa. Työn tuottavuus kasvoi vuosina 1960–73 hitaammin kuin vuosina 1973–91, vaikka tuotannon pääomavaltaisuus lisääntyi jälkimmäisen jakson aikana nopeammin kuin edellisen jakson aikana.

Kasvulaskelmissa pääomaa ja työllisten määrää tarkastellaan annettuina suureina. Tuotantofunktion

$$q_t = a k_t + b l_t + u_t$$

mukaan työn tuottavuuden muutos riippuu tuotannon pääomavaltaisuuden ja mittakaavan muutoksista parametrien a ja b osoittamalla tavalla sekä jäännöstermin u_t kuvaamista muista tekijöistä. Kerroin a osoittaa, kuinka monta prosenttia tuotanto kasvaa jos pääomakanta kasvaa yhden prosentin. Kerroin b ilmaisee puolestaan paljonko tuotannon kasvu ylittää yhden prosentin, jos tuotannon mittakaava (sekä pääomakanta että työllisten määrä) kasvavat yhden prosentin. Koska muut muuttajat on suhteutettu työllisten määrään, tämä toimii tarkastelussa mittakaavamuuttujana.²

Teoreettisesti kokonaistaloudellisia kasvuvaihteluita voidaan tarkastella satunnaismuuttujina, joiden varianssi-kovarianssimatriisi on

² Muodossa $Q = AK^\alpha L^\beta$ esitetyn Cobb-Douglas-tuotantofunktion kertoimiin a ja b liittyvät siten, että $a = \alpha$ ja $b = \alpha + \beta - 1$. (Tässä Q, K ja L viittaavat määriin, eivät logaritmiin muutoksiin.)

$$\Omega_w =$$

$$\begin{matrix} & Q^w & K^w & L^w \\ Q^w & \sigma_q^2 & & \\ K^w & \sigma_{kq} & \sigma_k^2 & \\ L^w & \sigma_{lq} & \sigma_{kl} & \sigma_l^2 \end{matrix}$$

(matriisin symmetrisyyden takia ainoastaan lävistäjän alapuolella olevat kovarianssikomponentit on näytetty).

Tuotantofunktio tarkastelu ei rajoita varianssi-kovarianssimatriisia muutoin kuin ensimmäisen sarakkeen (rivin) osalta. Kun tuotantofunktion jäännöstermit oletetaan toisistaan ja muista muuttujista riippumattomiksi, odotusarvoltaan nollan suuruisiksi satunnaismuuttujiksi, Ω_w :n ensimmäiseksi sarakkeeksi saadaan

$$\sigma_q^2 = a^2 \sigma_k^2 + 2 a b \sigma_{kl} + b^2 \sigma_l^2 + \sigma_u^2$$

$$\sigma_{kq} = a \sigma_k^2 + b \sigma_{kl}$$

$$\sigma_{lq} = a \sigma_{kl} + b \sigma_l^2$$

Parametrien (a , b ja σ_u^2) lukumäärä on sama kuin yhtälöiden lukumäärä, joten muodollisesti tuotantofunktio ei rajoita kovarianssimatriisia. Tuotantofunktio antaa kuitenkin tulkinnan varianssi- ja kovarianssikertoimille ja sitä täsmentämällä voidaan asettaa rajoituksia kovarianssimatriisille. Tulkinta tuotantofunktiorelaationa edellyttää, että kovarianssimatriisista laskettavat kerroinarviot ovat järkeviä.

Kasvulaskelmien perusmallissa oletetaan vakiotuotot mittakaavan suhteen eli $b = 0$ ja pääomamuuttujan kertoimen a voidaan arvioida olevan karkeasti ottaen noin kolmannes. Jos malli pitää paikkansa, kovarianssimatriisin Ω^w ensimmäisen sarakkeen kaksi alinta alkioita ovat suoraan verrannollisia toisen sarakkeen kahteen viimeiseen alkioon ja yhteinen suhdeluku on noin 1/3.

Taulukon 1 varianssi-kovarianssimatriisi on singulaarinen, eikä pienimmän neliösumman estimaatteja tuotantofunktion kertoimille voida laskea tavanomaiseen tapaan. On kuitenkin helppo havaita, että kasvulaskelmien perusmalli kuvaa työn tuottavuuden yleisiä vaihteluita huonosti. Taulukon 1 mukaan työn tuottavuus korreloi nimittäin negatiivisesti tuotannon pääomavaltaisuuden ja positiivisesti työllisten määrän kanssa, eli täsmälleen päinvastoin kuin malli ennustaa. Työn tuottavuuden kasvun hidastuminen jälkimmäisen jakson aikana voidaan selittää perusmallin puitteissa teknisen kehityksen hidastumisella. Selitys ei kuitenkaan ole kovin uskottava, sillä teknologian stagnaatiosta ei ole olemassa minkäänlaisia merkkejä. Itse asiassa uusia tuotteita ja tuotantotapoja on kehitetty ja otettu käyttöön 1970-luvun jälkeen siinä määrin, että yleisesti on ryhdytty puhumaan teolliseen vallankumoukseen verrattavissa olevasta uuden teknologian läpimurrosta. Jos jotakin, tekninen kehitys pikemminkin nopeutui kuin hidastui jälkimmäisen jakson aikana. Uusi kasvuteoria selittää muuttujien vaihteluita vieläkin heikommin kuin kasvulaskelmien perusmalli, ainakin silloin kun se korostaa investointien korkeaa tuottavuutta.

Taulukon 1 luvut ovat sitä vastoin kohtuullisen hyvin sopuoinnussa suur-
tuotannon etuja painottavan yksinkertaisen tuotantofunktion $a = 0$, $b > 0$ kanssa
edellyttäen, että mittakaavamuuttujan kerroin b on suuruudeltaan noin viidennes.
Tätä suuruusluokkaa olevat mittakaavaedut selittävät tuottavuuden kasvun vaihtelut
kokonaan, eli virhetermin u varianssi on likimain nolla. Tuotannon pääoma-
valtaisuuden ja työn tuottavuuden välinen negatiivinen korrelaatio on tämän
selityksen mukaan pelkästään näennäinen. Annetulla tuotannon mittakaavalla
pääoma ja tuottavuus ovat korreloimattomia.

Suurtuotannon edut saattoivat tarkastelujakson aikana perustua siihen, että
tarkastelujakson päättyessä tuotantokapasiteetti oli yleisesti vajaakäytössä.
Vaihtoehtoisesti saman tuotantomäärän aikaansaamiseksi tarvittiin jälkimmäisen
jakson aikana mahdollisesti aikaisempaa enemmän pääomahyödykkeitä, esimerkiki-
si öljykriisien aiheuttaman pääomakannan ennenaikainen vanhenemisen tai
investointien epäsuotuisan kohdentumisen (vrt. esim. DeLong, 1992) takia.

Vaikka tulokset ovat mielenkiintoisia, niille tuskin voidaan antaa kovin suurta
painoa. Havaitut poikkeamat teoriasta on nimittäin helppo tulkita satunnaisiksi
ilmiöiksi, jotka eivät kaipaa sen kummempia selityksiä. Mielenkiinnon kohteena
olevan pääomamuuttujan vaihtelut olivat liian vähäisiä, jotta niiden vaikutuksista
olisi ollut mahdollista tehdä luotettavia päätelmiä, ja havaintoaineiston niukkuuden
takia tuotantofunktion kertoimien tavanomainen estimointi on mahdotonta, tilas-
tollisen merkitsevyyden analysoinnista puhumattaan. Kuten usein muulloinkin,
tämän selvityksen kokonaistaloudelliset aikasarjat ovat sopuoinnussa lähes minkä
tahansa teorian kanssa.

Toimialoittaiset vaihtelut

Toimialoittaisia vaihteluita tarkasteltaessa muuttujista vähennettiin jaksoittaiset
keskiarvot ennen muita laskutoimituksia. Näin saatujen kasvupoikkeamien
kovarianssi- ja korrelaatiokertoimet on esitetty taulukossa 2. Varianssi- ja kova-
rianssikertoimen alapuolella on suluissa kertoimen (asymptoottinen) keskihajonta.
Muuttujia ei ole oletettu normaalisti jakautuneiksi, vaan keskihajonnat on laskettu
kovarianssikertoimien todellisesta otoshajonnasta.³

³ Normaalisti jakautuneiden muuttujien kovarianssikertoimien keskihajonnat voidaan arvioida
suoraan kovarianssikertoimista. Näin lasketut keskihajonnat olivat keskimäärin ehkä noin viiden-
neksen pienempiä kuin taulukossa 2 raportoidut empiiriset keskihajonnat.

Taulukko 2. Toimialoittaisten muutosten kovarianssimatriisi

	Q ₁	Q ₂	K ₁	K ₂	L ₁	L ₂
Q ₁	3.77 (1.13)	0.44	0.19	0.16	-0.38	-0.53
Q ₂	1.53 (0.67)	3.20 (1.11)	0.07	0.07	-0.24	-0.39
K ₁	0.97 (1.19)	0.34 (0.81)	6.72 (2.46)	0.50	-0.54	-0.23
K ₂	0.50 (0.68)	0.18 (0.48)	2.04 (1.16)	2.52 (0.78)	-0.26	-0.36
L ₁	-2.10 (1.25)	-1.23 (0.80)	-3.97 (2.22)	-1.17 (0.91)	7.97 (2.98)	0.72
L ₂	-2.23 (0.84)	-1.54 (0.74)	-1.28 (1.20)	-1.25 (0.79)	4.41 (1.52)	4.74 (1.59)

Muuttujista on vähennetty jaksoittaiset keskiarvot ennen kovarianssikertoimien laskemista.
Kovarianssikertoimet on esitetty lävistäjän alapuolella, korrelaatiokertoimet lävistäjän yläpuolella.

Q_t Työn tuottavuuden muutos jakson t aikana, % vuodessa
K_t Tuotannon pääomavaltaisuuden muutos jakson t aikana, % vuodessa
L_t Työllisten määrän muutokset jakson t aikana, % vuodessa
Jakso 1 1960–73
Jakso 2 1973–91

Kaikkien muuttujien vaihtelut olivat suuria. Myös toimiala-aineistossa muuttujista
eniten vaihteli työllisten määrä, jonka muutosten keskihajonta oli ensimmäisen
jakson poikkileikkauksessa lähes 3 ($= \sqrt{7.97}$) ja jälkimmäisen jakson poikkileik-
kauksessa runsaat 2 prosenttia ($= \sqrt{4.74}$). Työn tuottavuuden ja tuotannon pääoma-
valtaisuuden vaihtelut olivat jonkin verran vähäisempiä, mutta vähintään yhtä
voimakkaita kuin työllisten määrän yleiset vaihtelut. Kaikkien kolmen muuttujan
toimialoittaiset kasvuerot olivat vähäisemmät jakson 2 kuin jakson 1 aikana, joskin
tuottavuuden osalta ero oli vain vähäinen.

Kaikki muuttujat olivat positiivisesti autokorreloituneita. Jos toimiala kasvoi
ensimmäisen jakson aikana nopeammin kuin muut keskimäärin, se todennäköisesti
kasvoi keskimääräistä nopeammin myös jälkimmäisen jakson aikana. Erityisen
pysyviä olivat työllisten määrän muutokset.

Tuottavuusmuuttuja korreloi positiivisesti pääomamuuttujan samanaikaisten
ja viivästettyjen muutosten kanssa. Osan yhteisestä vaihtelusta selittää luultavasti
yhteinen nimittäjä, työllisten määrä, jonka muutokset korreloivat negatiivisesti
sekä tuottavuuden että pääomavaltaisuuden muutosten kanssa.

Seuraavassa jaksossa toimialoittaisia kasvupoikkeamia tarkastellaan yksinker-
taisen kovarianssimatriisimallin avulla. Malli on pitkittäisaineistojen analyysissä
usein käytetyn "kiinteiden vaikutusten" eli "between-within" mallin yksinkertainen
yleistys. Tuotantorelaation ominaisuuksia arvioidaan eri aikaväleillä jakson 5
empiirisessä tarkastelussa arvioimalla mallin piilevien muuttujien kovarianssi-
rakteiteita sekä testaamalla näille asetettavia rajoituksia.

3 Toimialoittaisten vaihteluiden malli

Seuraavassa PS-malliksi kutsutussa hajoittelussa

$$Q_{it} = q_{ip} + q_{it}, K_{it} = k_{ip} + k_{it}, L_{it} = l_{ip} + l_{it}$$

toimialan i poikkeaman jakson t yleisestä kasvuvauhdista jaetaan kahdeksi piileväksi muuttujaksi, joista edellinen viittaa toimialan i pysyvään poikkeamaan toimialojen yleisestä kasvusta ja jälkimmäinen toimialan i tilapäiseen, jakson t aikaiseen poikkeamaan omasta tavanomaisesta kasvuvauhdistaan. Pitkää (p) ja kahta lyhyttä aikaväliä (1 ja 2) tarkastellaan kuten todellisia ajanjaksoja, vaikka muuttujien muutoksia näiden jaksojen aikana ei voida havaita.

Mallin täsmennys sallii "samanaikaisten" muuttujien korreloituneisuuden. Sen sijaan "eriaikaiset" komponentit oletetaan toisistaan riippumattomiksi seuraavasti:

$$E x_{ir} = 0, E x_{ir} x_{is} = 0 \text{ kun } r \neq s,$$

$$E x_{ir}^2 = \sigma_{xr}^2, E x_{ir} y_{ir} = \sigma_{xyr}$$

($r = p, 1, 2$). PS-malli liittyy läheisesti paitsi pitkittäisaineistojen analyysissä usein käytettyyn kiinteiden vaikutusten malliin (mallin kertoimien tulkinnasta pitkän ja lyhyen aikavälin kertoimiksi, ks. Baltagi ja Griffin, 1984) myös aikasarjojen aaltoalueittaiseen regressioon (ks. esim. Engle, 1974). Näistä poiketen tilapäisiin vaihteluihin liittyviä parametreja ei kuitenkaan pakoteta yhtä suuriksi eri ajankohdina, mikä tekee mahdolliseksi tuotantorelaation muutosten tarkastelun.

PS-mallin teoreettinen kovarianssimatriisi voidaan esittää muodossa

$$\Omega_{PS} = \begin{matrix} & Q_1 & Q_2 & K_1 & K_2 & L_1 & L_2 \\ \begin{matrix} Q_1 \\ Q_2 \\ K_1 \\ K_2 \\ L_1 \\ L_2 \end{matrix} & \begin{matrix} \sigma_{qp}^2 + \sigma_{q1}^2 \\ \sigma_{qp}^2 & \sigma_{qp}^2 + \sigma_{q2}^2 \\ \sigma_{kqp} + \sigma_{kq1} & \sigma_{kqp} & \sigma_{kp}^2 + \sigma_{k1}^2 \\ \sigma_{kqp} & \sigma_{kqp} + \sigma_{kq2} & \sigma_{kp}^2 & \sigma_{kp}^2 + \sigma_{k2}^2 \\ \sigma_{lqp} + \sigma_{lq1} & \sigma_{lqp} & \sigma_{klp} + \sigma_{kl1} & \sigma_{klp} & \sigma_{lp}^2 + \sigma_{l1}^2 \\ \sigma_{lqp} & \sigma_{lqp} + \sigma_{lq2} & \sigma_{klp} & \sigma_{klp} + \sigma_{kl2} & \sigma_{lp}^2 & \sigma_{lp}^2 + \sigma_{l2}^2 \end{matrix} \end{matrix}$$

ja haluttaessa kovarianssimatriisin kahden ensimmäisen sarakkeen kertoimille saadaan tuotantofunktion

$$q_r = a_r k_r + b_r l_r + u_r \quad (r = p, 1, 2)$$

avulla tulkinta

$$\sigma_{qr}^2 = a_r^2 \sigma_{kr}^2 + 2 a_r b_r \sigma_{klr} + b_r^2 \sigma_{lr}^2 + \sigma_{ur}^2$$

$$\sigma_{kqr} = a_r \sigma_{kr}^2 + b_r \sigma_{klr}$$

$$\sigma_{lqr} = a_r \sigma_{klr} + b_r \sigma_{lr}^2$$

Näin täsmennetyin tuotantofunktion parametrit riippuvat tarkasteltavasta "ajanjaksoista", joten tuotantofunktiomallissa on yhtä monta parametria kuin alkuperäisessä mallissa. Kysymyksessä on siis saman mallin kaksi vaihtoehtoista esitysmuotoa.

Rajoittamattomassa kovarianssimatriisissa on 21 vapaata parametria, kun taas PS-mallin parametrien lukumäärä on 18. "Eriaikaisten" komponenttien riippumattomuudesta seuraavat kolme rajoitusta pakottavat eriaikaiset ristikovarianssit keskenään yhtä ja sulkevat tarkastelun ulkopuolelle erilaiset tuotannon viiveet.

(a) Pääoman viivästyneet tuottavuusvaikutukset

Päinvastoin kuin yksinkertaisessa tuotantofunktiossa oletetaan, pääomakannan kasvu voi vaikuttaa tuottavuuden kasvuun hitaasti mm. seuraavista syistä:

Virheelliset poistoarviot

Pääomakantaa laskettaessa pääoman tuotantokyky ja pääomahyödykkeen elinikä arvioidaan kaavamaisesti. Jos kulumisarviot eivät ole oikeita, bruttopääomakanta ei kuvaa tyydyttävästi pääomakannan todellista tuotantokykyä. Puute voidaan korjata osaksi ottamalla tuotantofunktioon mukaan myös pääomakannan viivästetyt arvot.

Pääomahyödykkeisiin sitoutuneet teknologiset uudistukset

Jos uudet investointihyödykkeet ovat tehokkaampia kuin vanhat eikä tehokkuuseroja oteta huomioon pääomakannan suuruutta laskettaessa, pääomakanta on sitä tuottavampi mitä nopeammin se kasvaa eli mitä alhaisempi on pääomahyödykkeiden keski-ikä (embodied technological progress).

Oppiminen tekemällä

Jos tuotantolaitteisto ei saada tehokkaaseen käyttöön ennenkuin työntekijät ovat oppineet käyttämään sitä kunnolla ja jos oppiminen jatkuu koko laitteen eliniän, pääomakannan tuottavuus on sitä korkeampi mitä kauemmin laitteet ovat olleet käytössä eli mitä korkeampi on pääomahyödykkeiden keski-ikä (learning by doing).

(b) Vastakkaissuuntaiset viivästyneet vaikutukset

Monissa investointimalleissa tuottavuus vaikuttaa pääomakannan kasvuun. Jos pääomakanta sopeutuu tuottavuuden ulkosyntyisiin muutoksiin hitaasti, periodin t tuottavuus korreloi periodin $t+1$ pääomakannan kanssa. PS-malli sulkee tarkastelun ulkopuolelle myös esimerkiksi tuotannon mittakaavan viivästyneet vaikutukset tuotannon pääomavaltaisuuteen.

Kovarianssimatriisia voidaan muotoilla edelleen asettamalla tuotantofunktiolle rajoituksia. Voidaan kysyä pitääkö paikkansa $a_1 = a_2$, $b_1 = b_2$ (muuttumaton lyhyen aikavälin tuotantofunktion) tai $a_1 = a_2 = a_p$, $b_1 = b_2 = b_p$ (täysin vakaa tuotantofunktio). Mielenkiintoinen kysymys on myös kasvutilinpidon perusmallin istuvuus eri aikaväleillä.

Tuotantoteknologiaaltaankin muuttumattomassa taloudessa lyhyen aikavälin tuotantofunktio poikkeaa pitkän aikavälin tuotantofunktiosta, jos osa mallitarkastelun ulkopuolelle jäävistä työn ja pääoman substituutti- ja komplementtituotannon tekijöistä on kiinteitä lyhyellä mutta muuttuvia pitkällä aikavälillä. Tässä tapauksessa tuotantofunktio voi olla täysin vakaa vain, jos edustava toimiala ennättää sopeuttaa kaikki panoksensa lyhyen aikavälin kuluessa. Jos tuotantoteknologia ei ole stationaarinen, työn ja pääoman mittaamatta jäävien substituutti- ja komplementtituotannon tekijöiden lyhyen aikavälin tuotantofunktiosta voidaan selittää myös esimerkiksi viittaamalla ei-neutraaliin tekniseen kehitykseen.

4 Estimointimenettely

Between-within-estimaatit

Jos tuotantofunktio on vakaa lyhyellä aikavälillä, sen kertoimet voidaan estimoida yksinkertaisesti luvussa 2 sovelletun "between-within" hajoitelman

$$x_{it} = x_i^b + x_{it}^w$$

$$x_i^b = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2}; x_{it}^w = x_{it} - x_i^b$$

avulla. W-muuttujien teorettinen kovarianssimatriisi on $\Omega_w =$

$$\begin{matrix} & q^w & k^w & l^w \\ q^w & \sigma_{qs}^2 & & \\ k^w & \sigma_{kqs} & \sigma_{kqs}^2 & \\ l^w & \sigma_{lqs} & \sigma_{kls} & \sigma_{ks}^2 \end{matrix}$$

jossa alaindeksi s viittaa jaksojen 1 ja 2 lyhyen aikavälin kovarianssikertoimien keskiarvoon. B-muuttujien kovarianssimatriisin odotusarvo Ω_B on $\Omega_p + \Omega_w/2$ kun

$$\Omega_p = \begin{matrix} & q_p & k_p & l_p \\ q_p & \sigma_{qp}^2 & & \\ k_p & \sigma_{kqp} & \sigma_{kp}^2 & \\ l_p & \sigma_{lqp} & \sigma_{klp} & \sigma_{lp}^2 \end{matrix}$$

Ω_B :ta ja Ω_w :ta vastaavat empiiriset kovarianssimatriisit voidaan laskea aineistosta ja niiden perusteella saadaan myös arvio Ω_p :lle.

Pienimmän etäisyyden estimaatit

Yleinen kovarianssimatriisin malli voidaan estimoida pienimmän etäisyyden menetelmällä. Seuraavassa malliesitystä on tiivistetty keräämällä kovarianssimatriisin erilliset alkioit yhdeksi rivivektoriksi $f(B)$, jossa B viittaa mallin kerroinvektoriin. mv_i viittaa toimialan i ($i = 1, \dots, I$) havainnoista muodostettuun vastaavaan

kovarianssikertoimien vektoriin, mv näiden otoskeskiarvoon ja V otoskovarianssimatriisiin.⁴

Pienimmän etäisyyden estimaatit lasketaan minimoimalla etäisyys

$$D(B)_w = I (mv - f(B))' W (mv - f(B))'$$

parametrien B suhteen, kun W jokin positiivisesti definiitti matriisi. Painomatriisi voidaan valita eri tavoin. Seuraavassa W:nä on käytetty V:n käänteismatriisia sekä V:n lävistäjistä muodostuvan diagonaalimatriisin käänteismatriisia. Näistä edellinen valinta on Chamberlainin (1983) tulosten mukaan optimaalinen ja helpottaa tilastollista päättelyä, edellyttäen että malli on oikein täsmennetty, i-yksiköt ovat toisistaan riippumattomia ja jotkut melko yleisiltä vaikuttavat jakaumaoletukset ovat voimassa. Minimoivalle B°:lle pätee suurilla I:n arvoilla likimääräisesti

$$D(B^\circ)_{V^{-1}} \sim \chi^2(k);$$

vapausasteiden lukumäärä k saadaan mv :n dimension ja matriisin $\partial f/\partial B$ asteluvun erotuksena (ks. lähemmin Chamberlain, 1983, Newey, 1985 sekä Abowd ja Card, 1990).

⁴ Tarkasteltavassa tapauksessa $f(B)$ ja mv -vektoreissa on 21 alkioita ja V on 21x21-matriisi.

5 Kovarianssimallien estimointituloksia

PS-mallin kolme rajoitusta olivat aineiston kanssa sopuoinnussa sikäli, että empiiriset ristikovarianssit olivat kaikki keskenään saman merkkiset (ks. taulukko 2). Työllisten määrän ja pääomamuuttujan sekä pääomamuuttujan ja tuottavuuden ristikovarianssit olivat myös itseisarvoltaan hyvin lähellä toisiaan. Myöskään työllisten määrän ja tuottavuuden ristikovarianssi ei poikennut kerroinarvioiden tarkkuuteen verrattuna tuntuvasti muista ristikovariansseista. Chamberlainin mitalla arvioituna PS-mallin etäisyys rajoittamattomasta kovarianssimatriisimallista, 1.845, ei ole suuri kolmeen vapausasteeseen verrattuna, joten mallin rajoitukset läpäisevät myös muodollisen testin helposti.

Taulukko 3. Toimialoitteiset kasvuvaihtelut. Pitkän ja lyhyen aikavälin kerroinarvioita

	Pitkä aikaväli			Lyhyt aikaväli						
	B/W (1)	PNS (2)	MIN (3)	B/W (4)	PNS (5)	MIN (6)	1960-73 PNS (7)	1960-73 MIN (8)	1973-91 PNS (9)	1973-91 MIN (10)
σ_q^2	2.02	1.53	1.45	0.98	1.96 ¹	1.97 ¹	2.24	1.79	1.68	2.15
σ_k^2	2.69	2.04	1.48	1.29	2.57 ¹	2.38 ¹	4.68	4.07	0.47	0.69
σ_l^2	4.90	4.41	3.56	0.98	1.94 ¹	1.69 ¹	3.56	2.84	0.32	0.54
σ_{kq}	0.46	0.42	0.24	0.08	0.11 ¹	0.02 ¹	0.55	0.30	-0.23	-0.25
σ_{lq}	-1.75	-1.73	-1.62	-0.04	-0.10 ¹	0.02 ¹	-0.38	0.18	0.19	-0.15
σ_{kl}	-1.57	-1.23	-0.77	-0.69	-1.38 ¹	-1.19 ¹	-2.74	-2.05	-0.02	-0.32
a	-0.05	-0.04	-0.09	0.06	0.11 ²	0.00 ²	0.10	0.16	-0.47	-0.67
b	-0.37	-0.40	-0.47	-0.00	-0.05 ²	-0.02 ²	0.03	0.18	0.57	-0.67
σ_u^2	1.38	0.85	0.71	0.97	1.81 ^{1,2}	1.87 ^{1,2}	2.18	1.71	1.46	1.88
R ²	0.31	0.45	0.51	0.01	0.08 ²	0.05 ²	0.03	0.05	0.13	0.13

B/W Between-within-estimaattori

PNS Diagonaalimatriisilla painotettu pienimmän neliösumman estimaattori

MIN Chamberlainin optimaalinen pienimmän neliösumman estimaattori

R² $1 - \sigma_u^2 / \sigma_q^2$

¹ jaksojen 1960-73 ja 1973-91 keskiarvo

² ainoastaan a- ja 2-kertoimet pakotettu keskenään yhtä molempina jaksoina

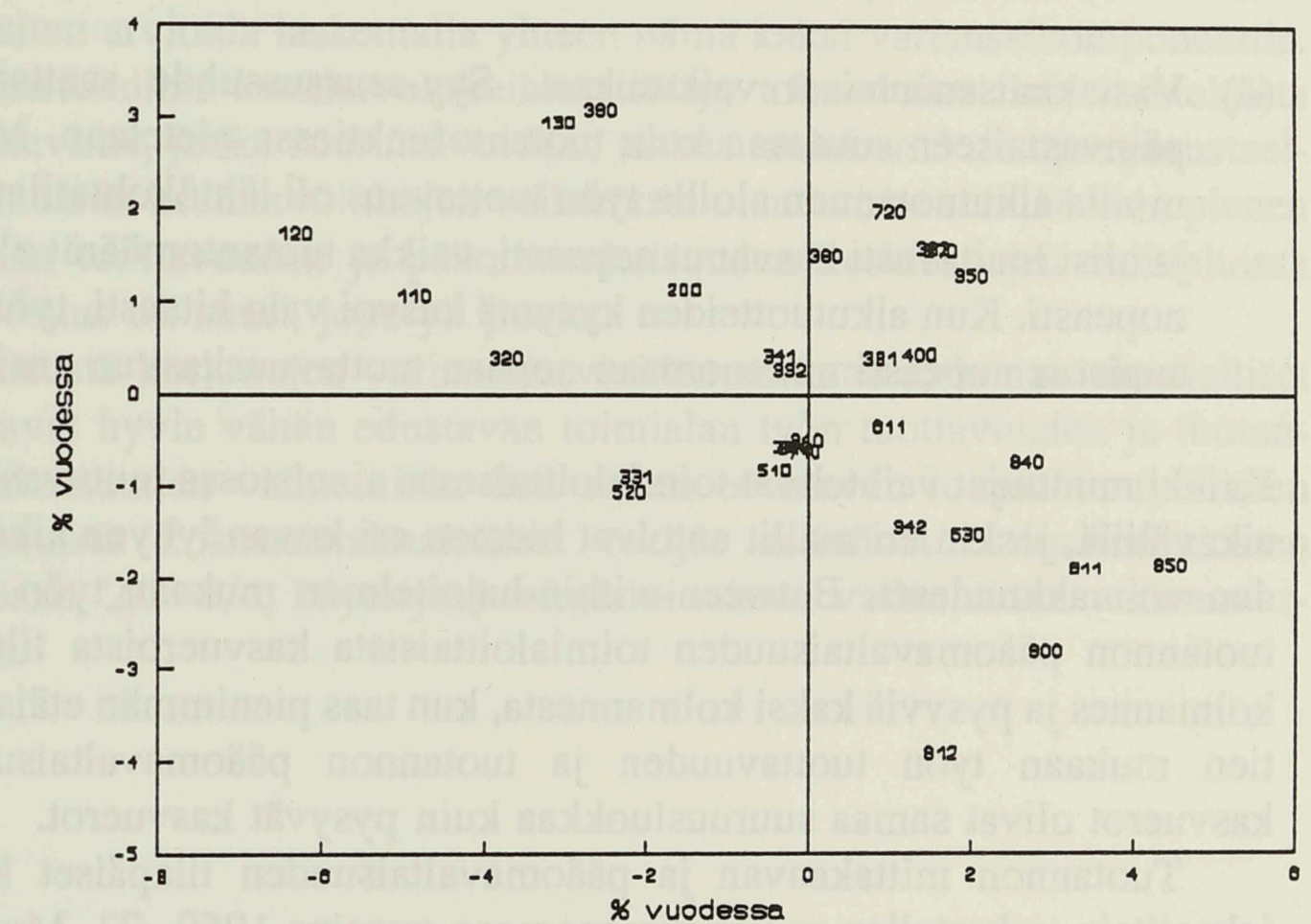
PS-mallin estimointitulokset on esitetty taulukossa 3, jossa pitkän aikavälin PNS- ja MIN-kertoimet on otettu rajoittamattomasta mallista.

Tulosten mukaan toimialoitteiset pysyvät kasvuerot olivat varsin suuria. Odotetusti eniten vaihtelevat työllisten määrän toimialoitteiset pitkän aikavälin kasvuvauhdit, mutta myös tuotannon pääomavaltaisuuden ja työn tuottavuuden suhteen toimialat poikkesivat toisistaan huomattavasti. Työllisten määrän pitkän

aikavälin kasvutrendit olivat yleensä erisuuntaisia kuin tuottavuuden ja tuotannon pääomavaltaisuuden, eli keskimääräistä nopeammin kasvavalla toimialalla sekä työn tuottavuus että tuotannon pääomavaltaisuus kasvoivat yleensä keskimääräistä hitaammin.

Pitkän aikavälin tuotantofunktiossa mittakaavamuuttujan kerroin oli estimointimenetelmästä riippuen $-0.5 - -0.4$. Itseisarvoltaan suurimman arvion mukaan toimialan pääomakannan ja työpanoksen tasasuhtainen, jatkuva kasvattaminen yhtä prosenttia keskimääräistä nopeammalla vauhdilla hidastaisi työn tuottavuuden kasvua vuosittain lähes puoli prosenttia. Voimakas negatiivinen korrelaatio aiheutuu lähinnä alkutuotannon ja palveluiden toimialoista (ks. kuvio 4 ja liite). Epäselvää on, missä määrin se liittyy edustavan toimialan pitkän aikavälin tuotantorajoitettiin ja missä määrin kysymyksessä on väliintulevien, tarkastelusta puuttuvien toimialamuuttujien aiheuttama näennäiskorrelaatio.

Kuvio 4. Mittakaava ja työn tuottavuus: keskimääräiset poikkeamat toimialoitteain



Työn tuottavuuden ja tuotannon mittakaavan toimialatasolla negatiiviselle pitkän aikavälin korrelaatiolle voidaan tarjota eri selityksiä:

- (1) Vähenevät rajatuotot mitattujen tuotannontekijöiden suhteen. Jos mitaamatta jäävät kiinteät tuotannontekijät ovat tärkeitä, rajatuotot mitattujen tuotannontekijöiden mittakaavan suhteen ovat väheneviä silloinkin kun vakiotuottojen oletus pitää paikkansa kaikkien tuotannontekijöiden suhteen. Mallitarkastelun ulkopuolelle ovat tässä tarkastelussa jääneet esimerkiksi yrittäjien ja yritysten johtohenkilöiden liikkeenjohdolliset kyvyt (ks. Lucas, 1974). Jos johtotehtävissä työn tuottavuus kasvaa samalla vauhdilla kuin muissa tehtävissä keskimäärin, johtajuuden puute ei estä kansantalouden tasapainoista kasvua. Sen sijaan poikkeuksellisen nopeasti laajenevilla toimialoilla päätöksentekijöiden kyvyt joutuvat kovalle koetukselle ja virheellisten päätösten kasautuessa resurssien tuottavuus saattaa alentua.

- (2) Jos sopeutumiskustannukset ovat tärkeitä, toimialatason vähenevien rajatuottojen selitys saattaa olla myös koko kansantalouden käytettävissä olevien voimavarojen niukkuus, johon nopeasti laajeneva toimiala törmää. Nopeasti kasvava yritys saattaa joutua pestamaan työntekijöitä paitsi työmarkkinoille tulijoista myös muiden yritysten työntekijöistä. Kun työnhakijoiden tuottavuutta ei pysytä arvioimaan luotettavasti etukäteen, nopea kasvu saattaa kostautua työvoiman heikkona keskimääräisenä laatuna. Toimintaansa supistavat yritykset ovat paremmassa asemassa sikäli, että voivat vähentää työvoimaansa hinta-laatusuhdekirjon epäedullisesta päästä.
- (3) Muuttujien mittausvirheet. Kansantalouden tilinpidossa tuotannon määrä arvioidaan palvelualoilla paljolti työpanoksen perusteella. Tuottavuuden mitattu kasvu jää määritelmän perusteella lähes olemattomaksi, eivätkä mittakaavan edut ja haitat tai muut työn todelliseen tuottavuuteen vaikuttavat tekijät pääse näkyviin. Tuotantofunktio tarkastelun näkökulmasta tuottavuuden ja tuotannon mittakaavan välinen negatiivinen korrelaatio on tässä tapauksessa näennäistä.
- (4) Vastakkaissuuntaiset vaikutukset. Syy-seuraussuhde saattaa myös kulkea päinvastaiseen suuntaan kuin tuotantofunktiossa oletetaan. Maataloudessa ja muilla alkutuotannon aloilla työn tuottavuus oli lähtökohtatilanteessa alhainen ja olisi luultavasti kasvanut nopeasti, vaikka tuotantomäärät olisivat kasvaneet nopeasti. Kun alkutuotteiden kysyntä kasvoi vain hitaasti, työn määrää voitiin supistua nopeasti nimenomaan nopean tuottavuuskasvun ansiosta.

Kaikki muuttajat vaihtelivat toimialoittaisessa aineistossa tuntuvasti myös lyhyellä aikavälillä, joskin eri mallit antoivat hieman eri kuvan lyhyen aikavälin vaihteluiden voimakkuudesta. Between-within-hajoitelman mukaan työn tuottavuuden ja tuotannon pääomavaltaisuuden toimialoittaisista kasvuerosta tilapäisiä oli noin kolmannes ja pysyviä kaksi kolmannelta, kun taas pienimmän etäisyyden estimaattien mukaan työn tuottavuuden ja tuotannon pääomavaltaisuuden tilapäiset kasvuerot olivat samaa suuruusluokkaa kuin pysyvät kasvuerot.

Tuotannon mittakaavan ja pääomavaltaisuuden tilapäiset kasvuerot olivat jaksoittain tarkastellen suuria nimenomaan vuosina 1960–73. Myöhemmin muuttajat kehittyivät – pysyviä kasvueroja lukuunottamatta – kaikilla toimialoilla varsin yhtenäisesti. Tuottavuuden osalta ei vastaavaa eroa jaksojen välillä ollut ja "optimaalisin" painoin laskettujen kerroinarvioiden mukaan tuottavuuden lyhyen aikavälin kasvuvaihtelut jopa voimistuivat jälkimmäisen jakson aikana.⁵

Muuttujien lyhyen aikavälin korrelaatiot olivat varsin alhaisia, lukuunottamatta työllisten määrän ja tuotannon pääomavaltaisuuden negatiivista korrelaatiota. Lyhyen aikavälin within-tuotantofunktion kertoimiksi saatiin $a_s = .06$ ja $b_s = -.00$. Vakiotuottojen oletus näyttäisi siten pitävän hyvin paikkansa lyhyellä aikavälillä. Vaikka pääoma korreloi positiivisesti tuottavuuden kanssa, estimoitu rajatuottavuus

⁵ Jos vuotuiset kasvuvauhdit ovat toisistaan riippumattomia, samalla tavalla jakautuneita satunnaismuuttujia, muuttujan keskimääräinen muutos vaihtelee yleensä enemmän pitkän kuin lyhyen jakson aikana. Tuottavuuden muutosten varianssien osalta jaksojen pituuden perusteella näin määrättyvä varianssien suhdeluku 13/18 saattaa hyvin pitää paikkansa. Sen sijaan kahden muun muuttujan varianssiarviot viittaavat siihen, että toimialojen tilapäiset kasvuerot olivat aidosti pienemmät vuosina 1973–91 kuin vuosina 1960–73.

on selvästi tavanomaisissa kasvulaskelmissa olettaa alhaisempi. Jaksoittaisessa tarkastelussa pääoman rajatuottavuus oli positiivinen nimenomaan vuosina 1960–1973. Sen sijaan jälkimmäisen jakson aikana pääoman tuottavuus oli selvästi negatiivinen (ks. sarakkeet 9–10 taulukossa 3).

Muutamit estimointikokeilut osoittivat, että myös yleisen PS-mallin yksinkertaistaminen on mahdollista. Esimerkiksi lyhyen aikavälin tuotantofunktiossa eri jaksojen kertoimet voidaan helposti pakottaa yhtä suuriksi, joten BW-malli on hyväksyttävissä. Kokeilujen tuloksista voidaan mainita myös, että pitkälle yksinkertaistettujen mallien osalta optimaalisin painoin lasketut soviteet vaikuttivat huonosti istuvilta.

Yleisten ja toimialoittaisten vaihteluiden vertailu

Käytetyssä mallitarkastelussa edustavan toimialan kasvuvaihtelut tulevat kahdesta toisistaan riippumattomasta lähteestä, nimittäin kokonaistaloudellisten ja toimialakohtaisten tekijöiden muutoksista. Edustavan toimialan kasvuvaihteluiden voimakkuus voidaan siten arvioida laskemalla yhteen nämä kaksi varianssikomponenttia. Luvussa 2 tarkasteltuihin keskiarvolukuihin sisältyy toimialoittaisista vaihteluista aiheutuva otantavirhe, jonka suuruus voidaan laskea taulukon 3 tietojen perusteella. Työllisten määrän keskiarvolukujen vaihtelusta otantavirhe selittää vain pienen osan. Sen sijaan tuottavuuden ja pääomavaltaisuuden keskiarvojen vaihteluissa otantavirheen osuus oli suuri, jopa yli puolet.

Otantavirheestä korjattujen varianssiarvioiden mukaan kokonaistaloudelliset häiriöt vaikuttavat hyvin vähän edustavan toimialan työn tuottavuuden ja tuotannon pääomavaltaisuuden vaihteluihin. Sen sijaan edustavan toimialan työllisten määrän vaihteluista kokonaistaloudelliset tekijät selittävät estimointitulosten mukaan valtaosan, 2/3–3/4, käytetystä toimialoittaisten vaihteluiden varianssiarviosta riippuen.

6 Johtopäätökset

Taloudellisen kasvun vaihteluita selitettäessä lähtökohdaksi otetaan usein uusklassinen tuotantofunktio ja tuotantotekijöiden kasvuvaikutukset arvioidaan kertomalla panoksen määrän muutos panoksen oletetulla rajatuottavuudella. Rajatuottavuusoletuksen ja siten myös tavanomaisten kasvulaskelmien paikkansapitävyyttä voidaan koetella arvioimalla tuotantofunktion kertoimet suoraan panos- ja tuotostietojen perusteella.

Tässä selvityksessä pääoman rajatuottavuutta arvioidaan käyttäen aineistona toimialoittaisia aikasarjoja. Työn tuottavuuden, tuotannon pääomavaltaisuuden ja mittakaavan vaihteluita tarkastellaan pitkällä, vuodesta 1960 vuoteen 1991 ulottuvalla aikavälillä sekä vuodet 1960–73 ja 1973–91 kattavilla osajaksoilla. Mallitarkastelu ottaa pelkistetysti huomioon paitsi kokonaistaloudelliset myös toimialakohtaiset tekijät, mutta yksittäisten toimialojen kasvukokemuksia ei eritellä erikseen. Mielenkiinto suuntautuu edustavan toimialan kehitykseen.

Kasvulaskelmien yksinkertainen tuotantofunktio selittää hyvin edustavan toimialan keskimääräisen tuottavuuden kasvun koko tarkastelujakson 1960–91 aikana. Tulokset eivät kuitenkaan tue sitä uusklassisen kasvuteorian perusajatusta, että tuotannon pääomavaltaisuuden vaihtelut ovat työn tuottavuuden vaihteluiden merkittävä selittäjä. Edustavan toimialan pääoman rajatuottavuusarviot olivat nimittäin selvästi tavanomaisissa kasvulaskelmissa oletettua alhaisempia. Jälkimmäisen tarkastelujakson aikana pääoman rajatuottavuus oli estimointitulosten mukaan jopa negatiivinen, joskaan erot eri jaksojen välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Rajatuottavuuden alhaisuuden syy saattoi olla tuotantovoimien kohdentuminen heikkotuottoisiin kohteisiin; tuotantotekijät saattoivat esimerkiksi siirtyä (toimialan sisällä) tuottavuudeltaan heikkoihin toimintoihin tai uusien investointien tuotto jäi matalaksi pääomakannan alhaisen käyttöasteen takia. Pääomakannan vajaa-käyttöisyyteen perustuva selitys edellyttää, että työtä ei voida korvata pääomalla niin helposti kuin tavanomaisissa kasvumalleissa ja -laskelmissa oletetaan.

Lähteet

- Barro, Robert ja Sala i Martin, Xavier (1990) **Economic Growth and Convergence across the United States**. National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 3419.
- Brechling, Frank (1965) **The Relationship between Output and Employment in British Manufacturing Industries**. Review of Economic Studies 32, July 1965, 187–216.
- Cabarello, Ricardo J. ja Lyons, Richard K. (1992) **External effects in U.S. procyclical productivity**. Journal of Monetary Economics 29/1992, 209–225.
- Maddison, Angus (1987) **Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment**. Journal of Economic Literature, Vol XXV (June 1987), 649–698.
- Mankiw, N.G, Romer, D. ja Weil, D. (1992) **A Contribution to the Empirics of Economic Growth**. American Economic Review,
- Abowd, John M. and Card, David, (1989) **On the Covariance Structure of Earnings and Hours Changes**. Econometrica, Vol. 57, 411–445.
- Chamberlain, Gary, Panel Data. Chapter 22 in **Handbook of Econometrics**, Vol. 2, Zvi Griliches and Michael Intriligator (eds.), New York, 1984.
- De Long, J. Bradford (1992) **Productivity Growth and Machinery Investment: A Long-Run Look, 1870–1980**. Journal of Economic History, Vol. 52, June 1992, 307–324.
- Denison, Edward (1962) **The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us**. Washington DC: Committee for Economic Development.
- Denison, Edward (1967) **Why Growth Rates Differ? Postwar Experience in Nine Western Countries**. Brookings Institution, Washington D.C.
- Engle, Robert F. (1974) **Band Spectrum Regression**. International Economic Review, Vol. 15, pp. 1–11.
- Griliches, Zvi (1988) **Productivity Puzzles and R & D: Another Nonexplanation**. Journal of Economic Perspectives, Vol. 2, No 4, 1988, 9–21.
- Hall, Robert E. (1988) **The Relation between Price and Marginal Cost in U.S. Industry**. Journal of Political Economy, 1988, Vol. 96, no. 5, 921–947.
- Holz-Eakin, Douglas (1992) **Solow and the States: Capital Accumulation, Productivity and Growth**. National Bureau of Economic Research, Working Paper 4144.
- Jorgenson, Dale, Gollop, Frank ja Fraumeni, Barbara (1987) **Productivity and U.S. Economic Growth**. Cambridge, Harvard University Press.
- Kendrick, John (1983) **Interindustry Differences in Productivity Growth**. Washington, American Enterprise Institute.
- Kendrick, John (1961) **Productivity Trends in the United States**. Princeton, Princeton University Press.
- Lucas, R.E. (1988) **On the Mechanics of Economic Development**. Journal of Monetary Economics, 21, 1988, 1–42.

- Murphy, Kevin M, Shleifer, Andrei ja Vishny, Robert W. (1989) *Industrialization and the Big Push*. Journal of Political Economy, Vol. 97, October 1989, 1003-1026.
- Newey, Whitney K. *Generalized Methods of Moments Specification Tests*, Journal of Econometrics, 29 (1985), 229-289.
- Romer, Paul (1986) *Increasing Returns and Long-Run Growth*. Journal of Political Economy, 94, 1002-1037.
- Romer, Paul (1990) *Capital, Labor, and Productivity*. Brookings Papers on Economic Activity, 337-367.
- Solow, Robert (1957) *Technical Change and the Aggregate Production Function*. Review of Economics and Statistics, 312-320.
- Solow, Robert (1962) *Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth*. American Economic Review, May 1962, vol. 52, 76-86.
- Tinbergen, Jan (1942) *Zur Theorie der Langfristigen Wirtschaftsentwicklung*. Weltwirtschaftliches Archiv, 1942, 512-49.

Liite

Toimialaluokitus ja aineisto

Toimiala	TOL	Tuotanto (milj. 1985-mk)			Bruttopääomakanta (milj. 1985-mk)			Työntekijöiden määrä (1000 henkeä)		
		1960	1973	1991	1960	1973	1991	1960	1973	1991
Maatalous	110	11055	11114	12146	59300	83474	97361	559	272	164
Metsätalous	120	10269	8521	9133	14819	26638	34300	152	52	30
Kalatalous ja metsästys	130	248	428	824	681	1395	1296	5	3	2
Kaivos- ja muu kaivannaistoiminta	200	422	741	1268	3054	4950	6092	6	7	4
Elintarvike-, juoma- ja tupakkateol	310	3464	6690	9587	12016	22824	34637	48	66	53
Tevanake-teollisuus	320	2673	4818	2781	4885	8578	9606	83	77	28
Puutavaran pl. kalusteiden valmistus	331	2156	2472	2993	4911	10305	15476	49	44	30
Puukalusteiden valmistus	332	397	938	1243	728	2226	3470	11	14	11
Kemiallinen metsäteollisuus	341	3214	6267	10975	21516	48408	67663	40	54	39
Graafinen tuotanto, kustannustoi	342	2010	4004	6213	1448	3867	12927	23	34	39
Kemian teollisuus	350	1214	5717	9453	5992	22623	37132	19	41	36
Savi-, lasi- ja kivit tuotteiden valmis	360	659	2335	3240	2348	6616	10297	16	23	19
Metallien valmistus	370	416	1485	3467	2961	12642	17211	10	21	16
Metallituotteiden ja koneiden val	381	2977	8072	13868	7516	16548	26857	60	99	88
Sähkötekniset ja hienomekaaniset	383	911	3272	7391	1254	4432	10901	19	38	33
Kulkuneuvojen valmistus	384	1789	4914	3926	5788	9253	13223	28	39	28
Muu valmistus	390	187	408	718	458	761	1201	8	6	5
Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto	400	1872	5486	10230	37566	72881	108065	16	26	27
Talonrakennustoiminta	510	8144	15852	17422	2759	6375	11353	127	140	135
Maa- ja vesirakennustoiminta	520	5033	5619	6441	4625	8995	10625	74	58	47
Tukkukauppa ja agentuuritoiminta	611	4197	11046	15793	17265	33083	46045	54	86	83
Vähittäiskauppa	612	6308	12774	15823	21149	38917	59372	155	186	174
Ravitsemis- ja majoitustoiminta	630	1804	4701	6298	1248	5877	11577	32	62	65
Kuljetus ja varastointi	710	7975	14867	21279	63880	158725	224898	101	114	121
Tietoliikenne	720	1201	3550	9933	5948	19211	38222	27	40	43
Rahoitustoiminta	811	2627	6735	13651	10940	16842	22580	18	46	56
Vakuutustoiminta	812	1061	1653	1698	963	5081	15717	7	11	13
Muu kiinteistötoiminta	840	1414	3249	8973	4960	22904	72032	9	18	23
Liike-elämää palveleva toiminta	850	2047	5824	15007	1933	8091	43194	15	35	71
Yhteisk. ja henkilökoht. palvel.	900	20342	42742	68821	57611	135698	256828	213	409	608

SUOMEN PANKIN KESKUSTELUALOITTEITA

ISSN 0785-3572

- 1/94 Juha Tarkka **Implicit Interest as Price Discrimination in the Bank Deposit Market.** 1994. 28 s. ISBN 951-686-385-X. (TU)
- 2/94 Airi Heikkilä **Selvitys suorista sijoituksista Suomeen.** 1994. 59 s. ISBN 951-686-386-8. (TU)
- 3/94 Erkki Koskela — Jouko Vilmunen **Tax Progression is Good for Employment in Popular Models of Trade Union Behaviour.** 1994. 22 s. ISBN 951-686-387-6. (TU)
- 4/94 Anne Brunila **Investment and Financing Considerations: Evidence from Finnish Panel Data.** 1994. 28 s. ISBN 951-686-398-1. (KT)
- 5/94 Jarmo Kontulainen — Jouko Vilmunen **Viewpoints on "Three Assessments of Finland's Economic Crisis and Economic Policy".** 1994. 19 s. ISBN 951-686-401-5. (RP)
- 6/94 Pia Ahlqvist **Käteisrahan kysyntä Suomessa 1992.** 1994. 52 s. ISBN 951-686-402-3. (TU)
- 7/94 Peter Nyberg — Vesa Vihriälä **The Finnish Banking Crisis and Its Handling (an update of developments through 1993).** 1994 49 s. ISBN 951-686-404-X. (RM)
- 8/94 Martin Dufwenberg — Heikki Koskenkylä — Jan Södersten **Manufacturing Investment and Taxation in the Nordic Countries.** 1994. 24 s. ISBN 951-686-405-8. (TU)
- 9/94 Paavo Peisa **Työn tuottavuuden kasvu toimialojen kokemusten valossa.** 1994. 27 s. ISBN 951-686-406-6. (KT)