

VATT-KESKUSTELUALOITTEITA  
VATT-DISCUSSION PAPERS

294

PÄÄOMAPANOS  
JA SEN  
TUOTTAVUUS  
SUOMESSA  
VUOSINA 1975–  
2001\*

Pirkko  
Aulin-Ahmavaara\*\*  
Jukka Jalava\*\*\*

\* Kiitämme Reino Hjerpeä hyödyllisistä kommenteista. Paperissa esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia eivätkä välttämättä edusta Tilastokeskuksen kantoa.

\*\* Tutkija, Talouden rakenteet/Tilastokeskus; Kansantaloustieteen dosentti, Helsingin Yliopisto

\*\*\* Yliaktuaari, Kansantalouden tilinpito/Tilastokeskus

ISBN 951-561-435-X

ISSN 0788-5016

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus

Government Institute for Economic Research

Hämeentie 3, 00530 Helsinki, Finland

Email: etunimi.sukunimi@vatt.fi

Oy Nord Print Ab

Helsinki, tammikuu 2003

AULIN-AHMAVAARA, PIRKKO – JALAVA, JUKKA: PÄÄOMAPANOS JA SEN TUOTTAVUUS SUOMESSA VUOSINA 1975–2001. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 2003, (C, ISSN 0788-5016, No 294). ISBN 951-561-435-X.

**Tiivistelmä:** Tutkimuksessa määritellään neoklassisesta tuotantofunktiosta lähtien pääoman tuotantokykyä kuvaavat indikaattorit pääomapanokselle sekä vertaillaan näitä perinteisiin kansantalouden tilinpidon pääomakantoihin. Havainnollistetaan tehokkuuden laskuprofiilin ja poistoprofiilien välinen yhteys sekä tarkastellaan eräitä poiston käsitteeseen liittyviä ongelmia. Lisäksi käsitellään eri laatuja olevien tuottavien pääomakantojen muutosasteiden aggregointia koko kansantalouden pääomapanoksen määräindeksiksi sekä johdetaan siinä tarvittavat vuokrahinnat eri pääomatavaralajeille. Työn empiirisessä osassa tarkastellaan eroja perinteisten pääomakantojen ja uuden pääomapanosindeksin osoittamassa kehityksessä. Eri pääomatyyppien kasvukontribuutioita sekä niiden vaikutusta pääoman tuottavuuteen ja kokonaistuottavuuteen tarkastellaan myös.

**Asiasanat:** pääoma, pääomakanta, pääomapalvelut, tuottavuus

AULIN-AHMAVAARA, PIRKKO – JALAVA, JUKKA: PÄÄOMAPANOS JA SEN TUOTTAVUUS SUOMESSA VUOSINA 1975–2001. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 2003, (C, ISSN 0788-5016, No 294). ISBN-951-561-435-X.

**Abstract:** This study defines starting from a neoclassical production function the indicators for capital input and compares these with the traditional capital stocks of national accounts. The connection between the pattern of efficiency decline and depreciation is discussed (as well as some problems relating to the concept of depreciation). Furthermore, the rental prices needed in the aggregation of heterogeneous productive capital stocks into a volume index of capital services for the whole economy are derived for the separate types of capital. In the empirical part of the paper differences in the traditional capital stocks and the new capital services series are observed. A sensitivity analysis on the impacts of the different capital measures on growth, capital productivity and multifactor productivity is also performed.

**Key words:** capital, capital stock, capital services, productivity



# Sisällys

<b>1 Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2 Pääoma kansantalouden tilinpitoa koskevissa suosituksissa</b>	<b>4</b>
<b>3 Pääoman tehokkuuden lasku: tuottava pääomakanta</b>	<b>7</b>
<b>4 Varojen uudelleen arvostus ja poistot: nettopääomakanta</b>	<b>11</b>
<b>5 Pääoman vuokrahinnat ja pääomapanos</b>	<b>15</b>
<b>6 Pääomalaskelmat Suomelle</b>	<b>18</b>
<b>7 Johtopäätökset</b>	<b>25</b>
<b>Kirjallisuus</b>	<b>26</b>
<b>Liitteet</b>	<b>29</b>



# 1 Johdanto

Pääomateoria on yksi talousteorian vaikeimmista ja kiistanalaisimmista alueista. Karl Marxista ja Cambridgen kiistoista (controversies) lähtien taloustieteilijöiden keskuudessa on vallinnut jatkuva erimielisyys siitä, mitä pääoma on ja mitä esimerkiksi pääoman määrällä tarkoitetaan. Erimielisyys vallitsee mm. jo siitä voidaan heterogeenista pääomaa yleensä lainkaan aggregoida yhdeksi pääoman mittariksi. Myös pääoman mittaaminen käytännössä on ongelmallista ja kiistojen kohteena. Pääomaan ja sen mittaamiseen liittyvistä asioista kirjoittava taloustieteilijä saakin yleensä varautua melko jyrkkäänkin kritiikkiin yhden tai toisen koulukunnan taholta. Yksi keino torjua kritiikkiä ennakolta on esittää lainaus, joka kertoo asian ongelmallisuuden. Esimerkiksi Diewert (2001) esittää seuraavan lainauksen Hicksiltä (1973):

*”Capital (I am not the first to discover) is a very large subject, with many aspects; wherever one starts it is hard to bring more than a few of them into view. It is just as if one were making pictures of a building; though it is the same building it looks quite different from different angles.”*

Myös Hulten (1990) lainaa Hicksiä (1981):

*”Measurement of capital is one of the nastiest jobs that economists have set to statisticians.”*

Pääoman mittaamisen ongelmat ovat kuitenkin perustuvaa laatua olevia taloustieteellistä ongelmia, joita ei ole mahdollista tilastojen tuottamisen yhteydessä ratkaista. Yksi mahdollinen tapa suhtautua pääoman määrittelyyn ja mittaamiseen ongelmiin on tietysti unohtaa ne. Taloustieteessä onkin usein tapana kirjoittaa huolettomasti  $K$  edustamaan sekä pääoman arvoa että sen tarjoamaa tuotantopainosta ja olettaa molempien laskevan samalla asteella  $\delta$ , jota sitten kutsutaan poistoasteeksi.

Kansantalouden tilinpidossa (SNA93 ja ESA95) toisaalta on kaksi pääomakantakäsitettä: kiinteän pääoman bruttokanta ja kiinteän pääoman nettokanta. Bruttokanta on tuottajien hallussa ja vielä käytössä olevien kiinteiden varojen arvo, arvotettuna ”uutta vastaavin” hinnoin, riippumatta niiden iästä tai todellisesta kunnosta. Nettokantaa laskettaessa oletetaan, että pääomatavaroiden jäljellä oleva arvo alenee johtuen siitä, että niiden odotettavissa olevat tulevat tuotot vähenevät fyysisestä heikkenemisestä, tavanomaisista vahingoista, teknisestä vanhanaikaistumisesta sekä vanhentumisesta johtuen. Perinteisiä pääomakantoja on kehitelty jo pitkään ja niiden helpon saatavuuden takia niitä on käytetty tuottavuuslaskelmissa. Kumpikaan kansantalouden tilinpidon pääomakantakäsitteistä ei kuitenkaan sovellu kovin hyvin tuottavuus- tai kasvutilinpidolaskelmissa käy-

tettäväksi. Bruttokannassa ei oteta huomioon pääomaesineiden tuotantokyvyn mahdollista laskua niiden ikääntyessä. Nettokanta kuvaa pääoman varallisuusarvoa eikä tuotantokykyä.

Neoklassiseen teoriaan perustuvassa kasvutilinpidossa ja siihen liittyvässä tuottavuustutkimuksessa onkin jokseenkin yleisesti päädytty suosittelemaan brutto- ja nettokantojen sijasta Jorgensonin ja Grilichesin jo vuonna 1967 (Jorgenson & Griliches 1967) esittämää ns. tuottavan pääoman käsitteeseen perustuvaa pääomapalvelujen virtaa pääomapanoksen mittariksi. Viime aikoina pääomapanoksen mittaaminen on ollut erityisesti esillä OECD:n piirissä. Vuonna 1993 (OECD 1993) ilmestyneessä teoksessa käydään läpi pääomakantalaskelmien peruskäsitteet, eliniät, eloonjäämis- ja kuolleisuusfunktiot, sekä vertaillaan eri maiden käytäntöjä. OECD:n ja Australian tilastoviraston aloitteesta vuodesta 1997 lähtien toiminut ns. Canberran-ryhmä on valmistellut käsikirjan (katso OECD 2001a) kiinteään pääoman virtojen ja varantojen tilastoimiseen liittyvistä teoreettisista käsitteistä ja käytännön menetelmistä. Pääoman mittaamista käsitellään myös OECD:n (2001b) tuottavuuskäsikirjassa, joka suosittelee tuottavan pääoman käsitteeseen perustuvaa pääomapanoksen mittaria. Eri laatuja olevat tuottavien pääomakantojen muutosasteet aggregoidaan yhteen käyttämällä painoina vastaavia vuokraushintoja.

Täyttä yksimielisyyttä ei viimeaikaisesta runsaasta keskustelusta huolimatta myöskään empiirisellä puolella ole kuitenkaan saavutettu (ks. esim. Aulin-Ahmavaara 2003). Erimielisyydet keskittyvät pitkälti poistojen määrittelyyn ja mittaamiseen (ks. esim. Hill & Hill 1999). Myöskään siitä, mitä kaikkea pääomaan tulee sisällyttää ei vallitse täyttä yksimielisyyttä. Tuottavuustutkimuksessa on tapana sisällyttää pääomaan tuotettu kiinteä pääoma, maa ja varastot. Näiden lisäksi tuotannossa tarvitaan luonnonvaroja ja inhimillistä pääomaa. Myös tutkimus- ja kehittämistoimintaa voidaan pitää pääoman muodostuksena (Rouvinen 2002). Eräissä tapauksissa (Keuning 1999) myös rahoituspääoman sisällyttämistä pääomapanokseen on esitetty.

Tässä paperissa pääomalla tarkoitetaan, kansantalouden tilinpidon kielellä ilmaistuna tuotettua kiinteää pääomaa eli periaatteessa koneita, laitteita sekä tuotettuja aineettomia kiinteitä varoja kuten atk-ohjelmia ja tietokantoja. Tavoitteena on muodostaa tuottavan pääoman tuotantokykyä kuvaavat indikaattorit kiinteään pääomaan sisältyvälle pääomapanokselle sekä vertailla näitä perinteisiin kansantalouden tilinpidon pääomakantoihin. Kansantalouden tilinpidon mukaisia pääomakantakäsitteitä tarkastellaan lähemmin luvussa 2. Pääoman tuotantokyky sekä siihen liittyvä tuottavan pääoman käsite määritellään neoklassisesta tuotantofunktiosta lähtien luvussa 3. Luvussa 4 johdetaan neoklassisen paradigman mukainen pääoman arvon aleneminen eli poisto, osoitetaan tehokkuuden laskuprofiilin ja poistoprofiilien välinen yhteys sekä tarkastellaan eräitä poiston käsitteeseen liittyviä ongelmia. Luvussa 5 käsitellään eri laatuja olevien tuottavien pääomakantojen muutosasteiden aggregointia koko kansantalouden pääomapa-



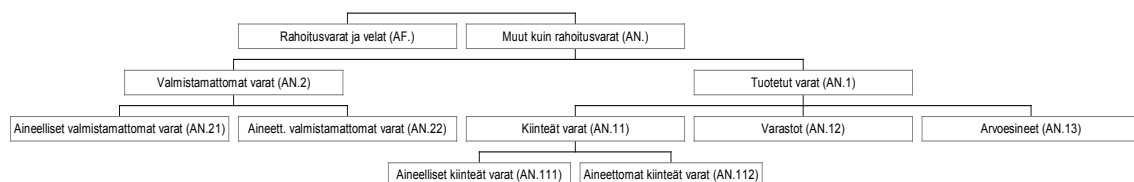
noksen määraindeksiksi sekä johdetaan siinä tarvittavat vuokrahinnat eri pääomatavaralajeille. Työn empiirisessä osassa luvussa 6 tarkastellaan eroja perinteisten pääomakantojen ja uuden pääomapanosindeksin osoittamassa kehityksessä. Luku 7 sisältää johtopäätökset.

## 2 Pääoma kansantalouden tilinpitoa koskevissa suosituksissa

Uusimmassa maailmanlaajuisessa tilinpitosuosituksessa SNA93:ssa<sup>1</sup> on pääomakantaa koskevat kohdat melko hajallaan. Kohdassa 15.101 todetaan, että investointikertymämenetelmää yleensä käytetään brutto- ja nettokantojen estimoimiseen. Kantaestimaatteja tarvitaan SNA93:n mukaan tuotannon ja tuotavuuden kasvun analysoimiseen sekä varallisuustaseisiin. SNA93:een perustuen on uudistettu myös Euroopan kansantalouden tilinpitojärjestelmä, ESA95<sup>2</sup>. Myös ESA95:ssä käsitellään pääomakantaa lyhyesti ja hajanaisesti. Investointikertymämenetelmää suositellaan käytettäväksi aina, kun kiinteästä pääomakannasta ei ole välitöntä tietoa (ESA95, 6.04). Nettokanta on sekä SNA93:n että ESA95:n kantakäsite. Sitä käytetään varallisuustaseissa, panostuotoksessa sekä käyttötauluissa<sup>3</sup>.

SNA93 ja ESA95 sisällyttävät varojen luokituksen (ks. Kuvio 1) ainoastaan varat joihin on olemassa omistusoikeus ja joista on saatavissa taloudellista hyötyä niiden hallussapidosta tai niiden käyttämisestä tilinpitojärjestelmän määrittelemään taloudelliseen toimintaan; täten esim. henkistä pääomaa, kulttuuria ja luonnonvaroja (joita ei omisteta) ei lueta mukaan (SNA93, 2.41). Tässä paperissa tarkastellaan, kansantalouden tilinpidon kielellä ilmaistuna tuotettuja kiinteitä varoja, jota voidaan myös kutsua kiinteäksi pääomaksi tai pelkästään pääomaksi.

Kuvio 1. Varojen luokitus kansantalouden tilinpidossa



Lähde: ESA95, liite 7.1

*Kiinteän pääoman bruttokannalla* tarkoitetaan tuottajien hallussa ja vielä käytössä olevien kiinteiden varojen arvoa (tietyllä hetkellä ajassa), arvoitettuna ”uutta vastaavin” hinnoin, riippumatta niiden iästä tai todellisesta kunnosta. Bruttokanta

<sup>1</sup> System of National Accounts 1993, UN, OECD, EU, IMF, World Bank, 1993.

<sup>2</sup> European System of Accounts ESA 1995, Eurostat, 1996. EU:ssa kansantalouden tilinpidon tietoja käytetään laajasti talouden seurannan lisäksi myös hallinnollisiin tarkoituksiin (mm. maiden EU-jäsenmaksut, aluetuet, EMU-kriteerit, jne.). ESA95 on asetustasoinen säädös, jota jäsenmaiden kansantalouden tilinpidossa on noudatettava.

<sup>3</sup> Käyttötaulukko kuvaa tavaroiden ja palveluiden käyttöä tuotteittain ja käyttöalajin mukaan, toisin sanoen välituotekäyttöön, kulutukseen, pääoman bruttomuodostukseen tai vientiin (ESA95, 9.04).

siis koostuu menneiden investointien kumuloituneesta arvosta vähennettynä kumuloituneella poistumalla. Kiinteä vara poistetaan pääomakannasta sen eliniän päätyttyä. Bruttokanta  $K_t^B$  vuoden  $t$  lopussa estimoidaan ns. investointikertymä (PIM= perpetual inventory method) -menetelmää käyttäen:

$$(1) \quad K_t^B = \sum_{s=0}^{S-1} d_s^B I_{t-s}$$

jossa  $d_s^B$  on eloonjääneiden osuus pääomatavaroiden kohortista, joka vuonna  $t$  täyttää  $s$  vuotta ja  $S$  on ao. tavaratyyppiä olevan kiinteän varan maksimaalinen elinikä<sup>4</sup>. Eloojääneiden suhteellinen osuus on ei kasvava ja vähenee lopulta nolnaan. Investoinnit ilmaistaan sen vuoden hinnoissa, joissa bruttokanta halutaan esittää. Koko kansantalouden bruttopääomakanta lasketaan eri laatuja olevien bruttokantojen summana.

Bruttokantaa ei sellaisenaan tarvita SNA93/ESA95 tilinpitojärjestelmässä. Bruttokantaa on aiemmin pidetty ikään kuin ”tuotantopotentialina”. Koska bruttokannassa ei huomioida varojen fyysistä rappeutumista, niin itse asiassa bruttokantaa käytetään ainoastaan välivaiheena tuottavien pääomakantojen (ja nettokantojen) laskemiseen eikä aina siihenkään. Esimerkiksi Yhdysvaltain Bureau of Economic Analysis laskee nykyisin lähes kaikkien pääomaesinelajien osalta suoraan nettokantaluvut (ks. Fraumeni 1997 ja Jorgenson 1999).

*Kiinteän pääoman nettokanta* osoittaa kunakin ajankohtana käytössä olevan pääoman arvon. Pääomaesineen nettoarvo määritellään vastaavan uuden pääomaesineen ostajan hinnan ja kasautuneen pääoman kulumisen erotuksena (ks. SNA93, 6.199). Kansantalouden tilipidossa käytetään termiä kiinteän pääoman kuluminen (consumption of fixed capital) joka tarkoittaa periaatteessa samaa kuin taloustieteessä yleisemmin käytetty termi: poistot<sup>5</sup>. Pääoman kuluminen lasketaan SNA93:n mukaan kaikille bruttopääomakantaan kuuluville pääomaesineille käyttäen joko lineaarisia tasapoistoja tai geometrisiä poistoja. Kiinteän pääoman kulumisella tarkoitetaan kansantalouden tilipidossa kiinteän pääoman arvon vähenemistä, joka on seurauksena tilinpitokauden aikana tapahtuneesta:

- i. fyysisestä heikentymisestä,
- ii. odotetusta vanhanaikaistumisesta,
- iii. tavanomaisista vahingoista,
- iv. vanhentumisesta<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> SNA93 ja ESA95 eivät esitä määrittelyjä kaavojen avulla. Tässä esitetyt kaavat ovat kirjoittajien tulkinta SNA93:n ja ESA95:n sanallisista määrittelyistä.

<sup>5</sup> Poistojen ja pääoman kulumisen välistä yhteyttä tarkastellaan lähemmin tämän paperin luvussa 4.

<sup>6</sup> Katso SNA93 kohta 6.179, ESA95 kohta 6.02 ja Katz & Herman (1997).

Kiinteän pääoman kulumisen tulee toisaalta SNA93:n (kohta 6.193) mukaan kunkin bruttokantaan kuuluvan pääomaesineen osalta vastata sen tulevien tuottojen diskontatun arvon vähenemistä. Tulevien tuottojen diskontattu arvo on täydellisesti toimivilla markkinoilla, se hinta  $P_{t,s}^I$ , jonka rationaalisesti käyttäytyvä investoija on valmis  $s$  vuotta vanhasta pääomaesineestä maksamaan eli

$$(2) \quad P_{t,s}^I = \sum_{\tau=0}^{S-s-1} \frac{P_{t+\tau,s+\tau}^K}{(1+r)^{\tau+1}},$$

jossa  $P_{t+\tau,s+\tau}^K$  on  $s + \tau$  vuotta vanhan pääomaesineen vuokra-arvo vuonna  $t + \tau$ .

### 3 Pääoman tehokkuuden lasku: tuottava pääomakanta

Sekä tuottavuusanalyysissä että kasvutilinpidossa on pääomapanosta usein mitattu joko bruttopääomakannalla tai nettopääomakannalla (ks. esim. Maddison 1987). Kumpikaan näistä ei kuitenkaan kuvaa pääoman tuotantokykyä. Bruttokannassa kunkin pääomaesineen oletetaan säilyttävän täyden tuotantokykynsä elinkaarensa loppuun saakka. Nettopääomakanta taas on varallisuuskäsite se kuvaa pääomaesineen arvoa, joka tietysti riippuu sen tuotantokyvyn odotetusta kehityksestä koko sen jäljellä olevan elinkaaren aikana, mutta ei kuitenkaan sen tuotantopotentiaalia tietyssä ajanjaksona. Pääomaesineen varallisuusarvo luonnollisesti laskee sen jäljellä olevan eliniän lyhetessä ja tulevien tuottojen samalla vähetessä, vaikka sen tuotantokyky pysyisi muuttumattomanakin koko sen eliniän.

Kiinteä pääoma tuottaa pääomapalveluja tuotannolle, toimien tuotannontekijänä yhdessä työn ja välituotepanosten kanssa. Pääomaesineen tuottamien palvelujen määrä riippuu yleensä esineen iästä. Oletetaan, että uuden homogeenisen pääomatavaran tuottama palveluvirta on yksi, ja että suhteellinen palvelujen virta on ei-kasvavaa:

$$(3) \quad d_0^P = 1 \quad \text{ja} \quad d_s^P - d_{s-1}^P \leq 0 \quad (s = 0, 1, \dots)$$

Oletetaan myös että jokainen pääomatavara lopulta poistetaan tai hävitetään, niin että palvelujen virta vähenee nolllaan:

$$(4) \quad \lim_{s \rightarrow \infty} d_s^P = 0.$$

Merkitään uuden, vuonna  $t$  hankitun, pääomaesineen tuottamaa palvelujen virtaa  $I_t$ :llä. Edellisenä vuonna,  $t-1$ , hankittujen pääomaesineiden tuottama palvelujen virta on tällöin  $d_1^P I_{t-1}$  ja vuonna  $t-s$  hankittujen pääomaesineiden tuottama palveluvirta  $d_s^P I_{t-s}$ . Kun uuden pääomaesineen tuottaman palveluvirran ajatellaan olevan suorassa suhteessa tämän esineen edustamaan pääomaan voidaan sanoa  $d_s^P$ :n myös edustavan vuonna  $t-s$  hankittujen pääomaesineiden suhteellista tehokkuutta.

Pääomapalvelujen virta on luonteva pääomapanoksen edustaja tuotantofunktiossa. Pääomapalvelujen virran voidaan ajatella edustavan kiinteän pääoman palveluja vastaavalla tavalla kuin työ edustaa inhimillisen pääoman palveluja. Olettaen että eri vuosikertaa olevien pääomatavaroiden tuottamat palvelut voivat täysin korvata toisensa ja että on olemassa vain yhtä laatua olevia pääomaesineitä eikä välituotteita käytetä, voidaan tuotantofunktio kirjoittaa seuraavasti:

$$(5) \quad Q = A_t F(L_t, K_t) = AF(L_t, [d_0^P I_t + d_1^P I_{t-1} + \dots + d_{S-1}^P I_{t-S+1}]).$$

Kuhunkin vuosikertaan kuuluvien pääomaesineiden rajatuotos on tällöin.

$$(6) \quad \partial Q_t / \partial I_{t-s} = d_{t-s}^P \partial Q_t / \partial K_t.$$

Koska  $d_0^P = 1$ , kunkin vuosikerran suhteellinen tehokkuus itse asiassa vastaa siihen kuuluvien pääomaesineiden rajatuotosta suhteessa vastaavan uuden pääomaesineen rajatuotokseen.

Tuotantofunktion (5) hakasuluissa olevaa summaa

$$(7) \quad K_t^P = \sum_{s=0}^{S-1} d_s^P I_{t-s}$$

kutsutaan usein tuottavaksi pääomakannaksi (esim. Triplett 1998, OECD 2001a, 2001b ja ABS 2000). Tuottava pääomakanta voidaan tulkita siksi uusien investointien määräksi, joka vastaa jäljellä olevien menneiden investointien tuotantokapasiteettia (Hulten 1996). Tuottava pääomakanta edustaa periaatteessa aina vain yhtä pääomaesinelajia kerrallaan. Joidenkin tutkijoiden (esim. Hill 1999) mielestä tulisi mieluummin puhua ao. laatua olevasta pääomapalvelujen virrasta. Yhden pääomaesinelajin tapauksessa ongelma ei tietenkään ole kovin merkityksellinen, koska palveluvirran ajatellaan olevan suoraan verrannollinen pääomakantaan ja tämän suhteen voidaan olettaa olevan kaikille samaa laatua olevilla pääomaesineillä yhtä suuri. Sen sijaan eri laatuja olevien pääomaesineiden kohdalla ei tällaista olettamusta voida tehdä eikä niiden edustamien tuottavien pääomakantojen summaa voida enää pitää palveluvirran indikaattorina (ks. tarkemmin Hill 1999).

Tuottavan pääomakannan tai sen edustaman pääomapalvelujen virran laskemiseksi on ensinnäkin valittava pääomaesineiden tehokkuuden laskuprofiili. Lisäksi on päätettävä, miten bruttopääomakantaan liittyvät poistumat käsitellään. Tuotantofunktioon perustuvia rajatuotoksia ei yleensä tunneta. Näin ollen pyritään löytämään jokin uskottava olettamus ikä-tehokkuusprofiilille<sup>7</sup>. Mahdollisia olettamuksia ovat esimerkiksi vakiotehokkuus pääomaesineen poistumaan saakka tai ns. lineaarinen tehokkuuden lasku. Näitä yleisemmin käytettyjä olettamuksia ovat ns. geometrinen tehokkuusfunktio (esim. Jorgenson, Gollop & Fraumeni 1987, Fraumeni 1997) ja hyperbolinen tehokkuusfunktio (esim. ABS 2001 ja Koumanakos et al. 2001). Geometrinen tehokkuuden lasku määritellään siten, että jokaisen vuosikerran tehokkuus laskee samassa suhteessa. Tällöin

<sup>7</sup> Vaihtoehtoisia ikä-tehokkuus profiileja koskevia oletuksia tarkastelevat yksityiskohtaisesti esimerkiksi Jorgenson, Gollop & Fraumeni (1987) ja OECD:n pääomakäsikirja (OECD 2001a).

$$(8) \quad d_s^P = (1 - \delta)^s .$$

Sijoittamalla (8) tuottavan pääomakannan kaavaan (7) ja antamalla pääomaesineiden vanheta yhdellä vuodella saadaan ikääntymisestä johtuvaksi tehokkuuden laskuksi:

$$(9) \quad R = \sum_{s=0}^{S-1} [d_{s+1} - d_s] I_{t-s} = \sum_{s=0}^{S-1} [(1 - \delta)^{s+1} - (1 - \delta)^s] I_{t-s} = -\delta \sum_{s=0}^{S-1} (1 + \delta)^s I_{t-s}$$

eli koko tuottavan pääomakannan tehokkuus laskee samassa suhteessa.

Toinen yleisesti käytetty ikä-tehokkuus profiili on ns. hyperbolinen tehokkuuden lasku:

$$(10) \quad d_t^P = \frac{M - A_t}{M - bA_t} ,$$

jossa  $M$  on pääomaesineen elinikä,  $A_t$  on varan ikä vuonna  $t$  ja  $b$  on tehokkuuden vähenemisparametri. Kuten kaavasta (10) helposti huomaa, jos  $b = 1$ , tehokkuus pysyy vakiona koko varan eliniän ja jos  $b = 0$  tehokkuus laskee suoraviivaisesti. Jo näiden kahden ääritapauksen perusteella havaitsee, että hyperbolisen ikä-tehokkuus funktion tapauksessa tehokkuuden lasku riippuu pääomaesineiden iästä.

Tuottavan pääomakannan kaava (7) on ajateltu sovellettavaksi suoraan investointivuosikertoihin. Tällöin esimerkiksi geometrinen tehokkuuden lasku sisältää myös pääomaesineiden poistuman. Ongelmana on tietysti se, että tällöin pääomaesineet eivät koskaan poistu lopullisesti. Tämä ongelma on käytännössä yleensä hoidettavissa siten, että ne poistetaan riittävän pitkän ajanjakson jälkeen jolloin poistettavan pääoman määrä on merkityksetön (ks. esim. Koumanakos et al. 2001). Geometrista tehokkuuden laskua suoraan investointivuosikertoihin soveltavat yleensä Jorgenson ja hänen oppilaansa ja yhteistyökumppaninsa (esim. JGF 1987) Se näyttäisi olevan melko yleinen oletus akateemisissa töissä yleensäkin. Sitä käyttää nykyisin pääasiallisesti myös USA:n Bureau of Economic Analysis (ks. Fraumeni 1997).

Tehokkuuden laskuprofiilia voidaan soveltaa myös bruttokantaan. Kunkin pääomaesineiden kohortin voidaan ajatella koostuvan eliniän mukaan muodostetuista osakohorteista. Kullakin tällaisella osakohortilla on itse asiassa oma tehokkuuden laskuprofiilinsa, joka riippuu osakohortin oletetusta eliniästä. Tätä menettelyä soveltavat Australian ja Kanadan kansalliset tilastovirastot sekä USA:n Bureau of Labor Statistics (ABS 2001, BLS 1997 ja Koumanakos et al. 2001). Kanadalle on laskettu myös uudet suoraan geometrista tehokkuuden laskua soveltavat pääomakannat. OECD (2001b) soveltaa ikä-tehokkuus profiilia

suoraan bruttokantaan, ts. olettaa, että tehokkuuden lasku on riippumaton osakortin oletetusta eliniästä bruttokannassa.



## 4 Varojen uudelleen arvostus ja poistot: nettöpääomakanta

Pääomaesineen arvon muutos koostuu poistoista ja pääomaesineen uudelleen arvostuksesta:

$$(11) \quad P_{t+1,s+1}^I = (1 + \rho_{t+1,s+1})(1 - \delta_{t,s})P_{t,s}^I,$$

jossa  $\rho$  on varan uudelleen arvostusaste ja  $\delta$  on varan poistoaste. Ns. tuottavuuskoulukunta lähtee siitä, että poistolla tarkoitetaan kahden perättäisiin ikäryhmiin kuuluvan muuten identtisen pääomaesineen hintaeroa samana ajankohtana:

$$(12) \quad \delta_{t,s} = 1 - \frac{P_{t,s+1}^I}{P_{t,s}^I}.$$

Tämä on ikääntymisestä johtuva pääoman arvonmenetyks, jota kutsutaan usein myös poikkileikkauspoistoksi (Diewert 2001, Hill 1999). Esimerkiksi Hulten (1995) katsoo sen myös olevan Hotelling (1925)-Hicks (1942)-määritelmän mukainen taloudellisen arvon menetys (poisto) eli se pääoman arvo, joka täytyy laittaa takaisin, jotta pääoman reaaliarvo pysyisi muuttumattomana.

Olettaen, että pääomaesineiden vuokrahinnat ovat suoraan verrannolliset niiden rajatuotoksiin saadaan vuokra-hintojen ja tehokkuuden välille yhtälön (6) perusteella seuraava yhteys:

$$(13) \quad \frac{P_{t,s}^K}{P_{t,0}^K} = d_s^P.$$

Sijoittamalla (13) nykyarvon kaavaan yhtälössä (2) pääomaesineen hinta voidaan esittää vastaavan uuden pääomaesineen vuokrahinnan avulla:

$$(14) \quad P_{t,s}^I = \sum_{\tau=0}^{s-s-1} \frac{d_{s+\tau}^P P_{t+\tau,0}^K}{(1+r)^{\tau+1}}.$$

Pääomaesineen hinta on laskettu ajanjakson  $t$  alussa ja sen ikä  $s$  viittaa samaan ajankohtaan. Vuokrahinta taas ajatellaan maksettavaksi vasta ajanjakson  $t$  lopussa. Esimerkiksi sellaisen uuden pääomaesineen nykyarvo, jonka maksimaalinen elinikä on 3 vuotta on tällöin:

$$P_{t,0}^I = \frac{P_{t,0}^K}{(1+r)} + \frac{P_{t+1,1}^K}{(1+r)^2} + \frac{P_{t+2,2}^K}{(1+r)^3} = \frac{d_0^P P_{t,0}^K}{(1+r)} + \frac{d_1^P P_{t,0}^K}{(1+r)^2} + \frac{d_2^P P_{t,0}^K}{(1+r)^3}.$$

Pääoman ikääntymisestä seuraava arvon menetys eli poikkileikkauspoisto on yhtälöiden (12) ja (14) perusteella:

$$(15) \quad D_{t,s} = \delta_{t,s} P_{t,s}^I = P_{t,s}^I - P_{t,s+1}^I = \sum_{\tau=0}^{S-s-1} \frac{[d_{s+\tau}^P - d_{s+\tau+1}^P] P_{t+\tau,0}^K}{(1+r)^{\tau+1}} .$$

Yhtälöstä (15) näkyy ensinnäkin se, että poistoaste määräytyy yksikäsitteisesti tehokkuuden laskuprofiilista. Vertaamalla yhtälöä (15) yhtälöihin (8), (9) ja (14) voi havaita, että tehokkuuden laskiessa geometrisesti myös poistoaste on vakio-suhteessa pääomakannan arvoon eli siis geometrinen. Kaikissa muissa tapauksissa tilanne on monimutkaisempi. Esimerkiksi lineaarisesta tehokkuuden laskusta ei missään tapauksessa seuraa ns. tasapoistot. Toisaalta yhtälön (15) osoittama yhteys tehokkuuden laskun ja poistojen välillä on tietysti aina olemassa.

Jos tehokkuuden laskuprofiilia on sovellettu suoraan alkuperäisiin investointikohortteihin myös poistoasteesta seuraavaa hinta-ikä profiilia sovelletaan suoraan alkuperäisiin investointikohortteihin ja nettopääomakanta on

$$(16) \quad K_t^N = \sum_{s=0}^{S-1} d_s^N I_{t-s} , \text{ jossa} \quad d_s^N = \frac{P_{t,s}^I}{P_{t,0}^I} .$$

Kutakin laatua olevien pääomaesineiden kohortin voidaan itse asiassa ajatella koostuvan eliniän mukaan muodostetuista osakohorteista. Kullakin tällaisella osajoukolla on oma tehokkuuden laskuprofiilinsa ja siten myös oma ikä-hinta profiilinsa (vrt. Koumanakos et al. 2001). Toisaalta voidaan myös olettaa, että kaikkien samaan kohorttiin kuuluvien pääomaesineiden arvo iän mukana noudattaa samaa profiilia niin kauan kun ao. esineet kuuluvat bruttokantaan. Tällöin nettopääomakanta on

$$(17) \quad K_t^P = \sum_{s=0}^{S-1} d_s^N d_s^B I_{t-s} .$$

Kun ikäprofiilia sovelletaan bruttokantaan kiinteähintaiset poistot voidaan laskea kiinteähintaisten nettokantojen muutoksen ja kiinteähintaisten investointien erotuksena (ks. esim. OECD 2001b).

Pääomakannan arvon muutoksen toinen osa eli hinnan muutos taas on yhtä suuri kuin kahden samanikäisen identtisen pääomaesineen suhteellinen hinnan muutos perättäisten vuosien välillä:

$$(18) \quad \rho_{t,s} = \frac{P_{t+1,s}^I}{P_{t,s}^I} - 1 .$$

Pääomaesineen eri vuosikertojen hinnan voidaan ajatella muuttuvan samassa suhteessa kuin vastaavan uuden pääomaesineen hinnan. SNA:n mukainen pääoman kuluminen sisältää myös pääoman hintojen muutoksen. Sitä kutsutaan myös aikasarjapoistoksi (Diewert 2001, Hill 1999). Aikasarjapoisto mittaa pääomaesineen arvon muutosta kahtena peräkkäisenä ajankohtana. Tässä paperissa poistolla tarkoitetaan poikkileikkauspoistoa. Kansantalouden tilinpidon pääoman kuluminen vastaa aikasarjapoistoja.

Hintojen muutoksen tai uudelleen arvostuksen voidaan ajatella koostuvan yleisestä inflaation aiheuttamasta hintojen muutoksesta, tarjonnan ja kysynnän muutosten seurauksena tapahtuneista suhteellisista hintojen muutoksesta sekä laadun muutoksesta tai teknisestä vanhanaikaistumisesta sekä mistä tahansa hinnan muutoksesta, joka ei suoranaisesti johdu pääomaesineen vanhenemisestä (ks. esim. Hulten 1996 ja Fraumeni 1997). Teknisen vanhenemisen esimerkiksi Fraumeni (1997) määrittelee pääomaesineen arvon alenemiseksi, joka johtuu siitä, että uusi pääomaesine on entistä tuottavampi, tehokkaampi tai paremmin tuotantoon soveltuva. Voidaan sanoa, että uuteen pääomaesineeseen sitoutunut teknologinen muutos aiheuttaa teknologisen vanhenemisen vastaavassa vanhassa esineessä (Hulten & Wykoff 1995).

Jorgensonin (1999) mukaan taas teknisellä vanhenemisellä ei ole mitään roolia, mikäli pääomatarvikkeiden hinnat ja määrät on ilmaistu vakiolaatuyksiköissä. Esimerkiksi tietokoneiden osalta tämä merkitsisi, että investoinnit on ilmaistu yksiköissä, jotka osoittavat laskentatehokkuutta. Tähän päästään deflatoimalla tietokoneinvestoinnit hedonisilla hintaindeksillä, jolloin yhden euron arvoinen kiinteähintainen investointi tietokoneisiin edustaa samaa laskentatehokkuutta jokaisena tarkasteltavana vuotena (ks. esim. Oliner ja Sichel 2000).

Myös oikean poistoprofiilin valinta on ongelmallinen. Kuten yhtälöstä (15) ilmenee tehokkuusprofiili määrittelee yksikäsitteisesti siihen liittyvän poistoprofiilin. Jos tehokkuusprofiili tunnetaan voidaan poistoprofiili johtaa ja päinvastoin. Eri vuosikertoihin kuuluvien pääomaesineiden rajatuottavuuksia ei kuitenkaan yleensä tunneta, joten niistä lähtien ei käytännössä voi oikeaa poistoprofiilia johtaa. Toisaalta poistoprofiili voitaisiin yhtälön (13) perusteella johtaa vuokrahinnoista, jos ne olisivat käytettävissä. Pääomaesineiden vuokramarkkinat eivät kuitenkaan ole niin laajat, että luotettavaa tietoa saataisiin. Sen sijaan käytettyjen esineiden myyntihinnoista on USA:ssa johdettu poistoprofiileja. Tähänkin lähestymistapaan tietysti liittyy ongelmia, mutta tuloksia voidaan myös perustellusti puolustaa (ks. esim. Hulten ja Wykoff 1995, Fraumeni 1997, Jorgenson 1999).

Hinta-ikä profiilia voidaan soveltaa joko suoraan investointien kertymään tai bruttokantaan, jossa poistumat on otettu huomioon. Tämä tietysti vaikuttaa siihen minkälainen poistoprofiili on uskottava. Vaikka esimerkiksi geometriset poistot ja geometrinen tehokkuuden lasku sovellettuina yhteen pääomaesineeseen eivät

välttämättä intuitiivisesti vaikuta uskottavilta, sovellettuna keskimääräisenä tietynä ajankohtana hankittuihin samaa tyyppiä oleviin esineisiin ne ovat selvästi uskottavimmat. USA:ssa suoritettujen empiiristen tutkimukset ovatkin antaneet tuloksia, jotka useimmiten tukevat investointikertymiin (siis ei bruttokantaan) suoraan sovellettuja geometrisia poistoja ja näin ollen myös vastaavalla tavalla laskettua tehokkuuden laskua (ks. esim. Hulten & Wykoff 1981 ja 1995, Jorgenson 1996 ja Fraumeni 1997).

Näiden tulosten perusteella USA:n Bureau of Economic Analysis (joka siellä huolehtii kansantalouden tilinpidosta) on muuttanut poistojen laskentamenetelmäänsä. Aikaisemmin käytettiin tasapoistoja, joita sovellettiin modifioidun Winfrey-jakauman pohjalta laskettuun bruttokantaan. Nyt BEA käyttää useimmissa tapauksissa suoraan investointikertymään sovellettuja geometrisia poistoja. BEA:n pääekonomisti Barbara Fraumeni (1997) perustelee tätä neljällä argumentilla. Ensinnäkin empiirinen evidenssi osoittaa, että geometriset poistot ovat parempi todellisuuden approksimaatio kuin tasapoistot ja vähintään yhtä hyvä kuin muut poistoprofiilit. Toiseksi estimaatit geometrinen poistojen oletusasteesta ovat käytettävissä (Hulten ja Wykoff 1981). Kolmanneksi geometriset poistot ovat yksinkertainen oletus. Neljänneksi geometrinen poistoprofiilia voidaan välittömästi soveltaa sen jälkeen, kun tuotantotilin taseet on laskettu. Tämä tietysti seuraa geometrinen poistojen yksinkertaisuudesta eli siitä, että poistoaste on sama kaikille annettuun pääomatavaraluokkaan kuuluville esineille iästä riippumatta. Geometriset poistot ovat, kuten voi päätellä yhtälöstä (15) myös ainoa poistoprofiili, joka seuraa suoraan ikä-tehokkuus profiilista, ilman arviota diskonttauskorosta. BEA käyttää geometrisia poistoja kaikille muille pääomaesineille paitsi autoille ja tietokoneille. Lisäksi ydinpolttoaineelle sekä ohjuksille käytetään edelleen Winfrey-poistumajakaumaa ja tasapoistoja.

## 5 Pääoman vuokrahinnat ja pääomapanos

Kasvutilinpidossa ja kansantalouden tuottavuusmittauksessa lähtökohtana on yleensä standardi neoklassinen tuotantofunktio vakiotuotto-olettamuksella. Tällöin kokonaistuottavuuden muutosta mitataan Törnqvist-indeksillä. Kun pääomapanosta käsitellään heterogeenisena myös sen muutosta mitataan Törnqvist-indeksillä, jossa eri laatuja olevat pääomapanokset on painotettu yhteen niiden vuokrahinnoilla. Markkinatasapainossa pääomapanoksen vuokraushinta on yhtä kuin pääomapanoksen rajatuotto. Pääomapanoksen aggregointi vuokraushintoja käyttämällä huomioi eri pääomatavaroiden tuotannolliset kontribuutiot ja täten substituoitio kohti korkeamman rajatuoton omaavia pääomatavaratyyppejä implikoi muutosta pääoman laadussa.

Pääomatavaran vuokrahinta voidaan ratkaista pääomatavaran nykyarvoa kuvaavasta yhtälöstä (14) laskemalla kahden perättäisen vuoden nykyarvojen välinen erotus ja sijoittamalla siihen poiston kaava yhtälöstä (15):

$$(19) \quad \begin{aligned} P_{t+1,s}^I - (1+r)P_{t,s}^I &= -P_{t,s}^K - \sum_{\tau=0}^{T-s-1} \frac{[d_{s+\tau}^P - d_{s+\tau+1}^P]P_{t+\tau,0}^K}{(1+r)^{\tau+1}} \\ &= -P_{t,s}^K + D_{t,s} \end{aligned}$$

Esimerkiksi vuonna  $t$  hankitun pääomaesineen osalta erotus on:

$$P_{t+1,0}^I - (1+r)P_{t,0}^I = \frac{P_{t+1,0}^K}{(1+r)} + \frac{P_{t+2,1}^K}{(1+r)^2} + \frac{P_{t+3,2}^K}{(1+r)^3} - P_{t,0}^K - \frac{P_{t+1,1}^K}{(1+r)} + \frac{P_{t+1,2}^K}{(1+r)^2} .$$

Ratkaisemalla yhtälö (19) vuokrahinnan suhteen ja sijoittamalla (12) ja (18) saadaan:

$$(20) \quad P_{t,s}^K = rP_{t,s}^I + \delta_{t,s}P_{t,s}^I - \rho_{t,s}P_{t,s}^I .$$

Yhtälö antaa siis bruttokantaan kuuluvan vuotta vanhan pääomaesineen vuokraarvon. Tämä on ns. Hall-Jorgenson (1967) vuokrahinta, jonka tosin Diewert (2001) katsoo olevan peräisin jo Walras'ltä. Vanhempien pääomaesineiden vuokrahinnat ovat markkinatasapainossa suhteellisten tehokkuuksien osoittamassa suhteessa vastaavan uuden pääomaesineen vuokrahintaan:

$$(21) \quad P_{t,0}^K = rP_{t,0}^I + \delta_{t,0}P_{t,0}^I - \rho_{t,0}P_{t,0}^I .$$

Yhtälössä (21) poistoaste  $\delta$  voidaan estimoida oletetusta ikä-tehokkuus profiilista. Hintamuutostermi saadaan uusien pääomaesineiden hintaindeksistä. Jäljellä oleva tuntematon tekijä on pääoman nettotuottoaste  $r$ . Pääoman tuottoasteena

voidaan *ex-ante* lähestymistavassa käyttää jotakin normaalikorkoa, esimerkiksi keskuspankin peruskorkoa. *Ex-post* lähestymistavassa estimoidaan pääoman sisäinen tuottoaste. Tätä varten oletetaan, että toimialan pääomatulo  $\Psi_t$  vastaa sen saamia laskennallisia vuokratuottoja kunakin ajanjaksona  $t$ :

$$(22) \quad \Psi_t = \sum_j P_{j,t,0}^K K_{j,t}^P .$$

Pääoman tuottoaste voidaan ratkaista sijoittamalla yhtälö (21) yhtälöön (22):

$$(23) \quad r_t = \frac{\Psi_t - \sum_j (\delta_{j,t,0} - \rho_{j,t,0}) P_{j,t,0}^I K_{j,t}^P}{\sum_j P_{j,t,0}^I K_{j,t}^P} .$$

Pääomatulo oletetaan käytännön sovellutuksissa useimmiten nimelliseksi arvonnäkökulmaksi josta on vähennetty työtulot<sup>8</sup>. Näin lasketun *ex-post* tuottoasteen sijasta voidaan laskelmissa käyttää jotakin arvioitua, *ex-ante* tuottoastetta, joka kuvaa anto- ja ottolainauskorkojen keskiarvoa. Toteutuneita tuottoasteita pidetään yleensä oikeina tuottavuusmittauksessa, koska ne vastaavat toteutuneita rajatuotoksia (vrt. esim. Berndt & Fuss, 1986). Schreyerin (2002) mukaan tämä pitää paikkansa vain siinä tapauksessa, että pääoman määrää ei lainkaan voida sopeuttaa tuotantokauden aikana. *Ex-post* mittari on myös altis mittausvirheille (vrt. Diewert 2001) ja sen arvioiminen edellyttää tietoa pääomakannan tasosta. Pääomakannan tasoa koskevat tilastot ovat yleensä vähemmän luotettavia kuin vastaavat muutoksia koskevat tilastot (vrt. esim. Schreyer, 2002). Näin ollen ei voida yksikäsitteisesti sanoa kumpaa tuottoasteen mittaustapaa tuottavuuslaskelmissa tulisi käyttää. Pääomakantaan tulisi sitä paitsi sisäistä tuottoastetta laskettaessa tietysti tuotetun kiinteän pääoman lisäksi sisällyttää ainakin tuotantoprosessissa tarvittava maa ja varasto sekä mahdollisesti myös osa rahoituspääomasta (vrt. Harper 1997, Keuning 1999, Jalava 2002 ja Aulin-Ahmavaara 2003).

Vuokrahintoja käytetään tavaratyyppäisten tuottavien pääomakantojen aggregoimiseksi pääomapanokseksi toimialoittain. Jos pääomapanos on komponenttiansa translogaritminen funktio, toimialan  $i$  aggregoitu pääoma-palvelu eli sen pääomapanoksen volyyymi-indeksi  $c_{it}$  voidaan esittää seuraavasti (ks. JGF 1987)

$$(24) \quad c_{it} = \frac{K_{i,t}^P}{K_{i,t-1}^P} = \prod_j \left( \frac{K_{ij,t}^P}{K_{ij,t-1}^P} \right)^{y_{ijt}} ,$$

<sup>8</sup> Joka on yhtä kuin kansantalouden tilinpidon palkansaajakorvaukset lisättyinä yrittäjien työtulolla. Se estimoidaan yleensä kertomalla yrittäjien työtunnit palkansaajien keskiansiolla.

missä painot  $v$  määritellään:

$$(25) \quad v_{i,t} = \left( \frac{P_{ij,t}^K K_{ij,t}^P}{\sum_i P_{ij,t}^K K_{ij,t}^P} + \frac{P_{ij,t-1}^K K_{ij,t-1}^P}{\sum_i P_{ij,t-1}^K K_{ij,t-1}^P} \right) / 2 .$$

Koko kansantalouden pääomapalvelujen volyyymi-indeksi saadaan vastaavasti painottamalla eri toimialojen volyyymi-indeksit yhteen niiden pääomatulo-osuuksilla.

## 6 Pääomalaskelmat Suomelle<sup>9</sup>

Bruttokanta koostuu menneiden investointien kumuloituneesta arvosta vähennettynä kumuloituneella kiinteän pääoman poistumalla. Suomessa<sup>10</sup> poistuman oletetaan noudattavan vinoa Weibull-jakaumaa, eli se osa vuoden  $\tau$  investoinneista joka yhä on käytössä vuoden  $t$  lopussa, noudattaa eloonjäämisfunktiota:

$$(26) \quad w_{t-\tau} = \exp\left\{-\left[\frac{\Gamma(1+(1/\alpha))}{E}\gamma\right]^\alpha\right\},$$

jossa  $E$  on keskimääräinen elinikä,  $\gamma = t-\tau+0,5$  ja  $\alpha$  on muotoparametri. Toimialaa ( $i$ ) ja tavaratyyppiä ( $j$ ) kuvaavat alaindeksit on jätetty pois notaation yksinkertaistamiseksi.

Reaalinen bruttokanta vuoden  $t$  lopulla on:

$$(27) \quad B_t = \sum_{\tau \geq t-J_t+1} w_{t-\tau} I_\tau,$$

missä  $\tau \geq t-J_t+1$  ja  $I_\tau$  on vuoden  $\tau$  reaalinen kiinteän pääoman bruttomuodostus.  $J_t = \max\{1, 5\theta_t, 100\}$ , eli maksimaalisen eliniän oletetaan olevan 1,5 kertaa keskimääräinen elinikä, mutta kuitenkin enintään 100 vuotta.

Reaalinen nettokanta vuoden  $t$  lopulla on:

$$(28) \quad N_t = \sum_{\tau \geq t-J_t+1} d_{t-\tau} w_{t-\tau} I_\tau,$$

missä  $d_{t-\tau}$  on 0, kun  $\tau \leq t-E+0,5$  ja  $d_{t-\tau} = 1-(1/E)(t-\tau+0,5)$  muulloin.<sup>11</sup>

Käytimme geometristä ikä-tehokkuus profiilia tuottavien pääomakantojen laskeamisessa. Tuottava pääomakanta hetkellä  $t$  homogeeniselle pääomatavara-tyypille määritellään:

$$(29) \quad K_t = K_{t-1}(1-d) + I_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} (1-d)^\tau I_{t-\tau},$$

missä  $I$  on kiinteän pääoman bruttomuodostus ja  $d$  poistoaste. Toimialaa ja tavaratyyppiä kuvaavat alaindeksit ( $i$  ja  $j$ ) on jätetty pois notaation yksinkertaistami-

<sup>9</sup> Laskelmat ovat 11.7.2002 julkistettujen tietojen mukaisia. Kiinteähintaisten laskelmien perusvuosi on 1995.

<sup>10</sup> Katso Tilastokeskus (2000).

<sup>11</sup> Yhtälöt (27) ja (28) ovat yhtenevät yhtälöiden (1) ja (17) kanssa, koska  $t-\tau = s$ .



seksi. Käytimme ex-ante menetelmässä keskuspankin peruskorkoa pääoman tuottoasteena ja laskimme kaavan (21) mukaan vuokrahinnat. Ex-post menetelmässä laskimme kaavan (23) mukaisen pääoman sisäisen tuottoasteen ja laskimme kaavan (21) mukaan vuokrahinnat. Näitä vuokrahintoja käytimme yhtälöiden (24) ja (25) mukaisesti kahdeksan eri pääomatavaratyyppin (katso taulukko 1) aggregoimiseen pääomapalvelujen volyyymi-indeksiksi<sup>12</sup>. Investointitavaratyyppi-luokitus ja keskimääräiset käyttöiät näkyvät taulukossa 1. Pääomatavarat luokitellaan myös tuottajatyypin ja toimialan mukaan mikä selittää elin-ikien variaation. Kotitalouksien kestokulutustavarat, varastot ja maa eivät ole mukana pääomakannoissa.

*Taulukko 1. Kiinteiden varojen tavaratyytit ja keskimääräiset käyttöiät*

<i>Tavaratyyppi</i>	<i>Keskimääräinen käyttöikä vuosina</i>
Muut talorakennukset	20–50
Maa- ja vesirakennukset ja muut rakennelmat	20–70
Kuljetusvälineet	7–25
Muut koneet ja laitteet	5–32
Mineraalien etsintä	10
Tietokoneohjelmistot	5
Viihteen, kirjallisuuden ja taiteen alkuperäisteokset	10
Maan ym. perusparannukset	30–50

Koska asuinrakennukset ovat hyvin suuri osa pääomakannasta (39% nimellisestä tuottavasta pääomakannasta ja nettokannasta sekä 37% nimellisestä bruttokannasta vuonna 2001), mutta eivät kuitenkaan varsinaisesti ole tuotannontekijänä jätimme asuinrakennusinvestoinnit pois pääomakäsitteestämme ja symmetrisyyden vuoksi myös toimialan 7021 Asuntojen omistus ja vuokraus bruttoarvonlisyksen pois bkt:sta perushintaan.

Taulukossa 2<sup>13</sup> näkyy tuottavan pääomakannan rakenne pääomatavaratyypeittäin. Talorakennusten osuus on kasvanut lähes 10 prosenttiyksikköä ja muodostaa melkein puolet kannasta, kun maa- ja vesirakennusten osuus on laskenut 22 prosenttiin. Yhteensä talorakennukset ja maa- ja vesirakennukset muodostavat yli 68 prosenttia pääomakannasta vuonna 2001. Kuljetusvälineiden sekä koneiden ja laitteiden osuus kannasta vuonna 1975 oli kolmasosa kun niiden osuus vuonna 2001 oli 28 prosenttia. Aineettomien kiinteiden varojen (mineraalien etsintä, tietokoneohjelmistot ja alkuperäisteokset) olivat alle 3 prosenttia pääomakannasta ja perusparannukset 2 prosenttia vuonna 2001. Asuinrakennusinvestoinneista

<sup>12</sup> Kun kiinteähintaiset tuottavat pääomakannat aggregoidaan käyttäen painoina uusien investointihyödykkeiden hintoja saadaan pääoman määrä, ja kun pääomakannat aggregoidaan käyttäen vuokraushintoja painoina saadaan pääomapalvelut.

<sup>13</sup> Osuudet brutto- ja nettokannasta liitteessä 1.

puhdistettu investointiaste (eli käypähintainen investointi jaettuna käypähintaisella arvonnalisäyksellä) muuttui 23,2 prosentista vuosina 1975–1990, 90-luvun alkupuoliskon 18,5 prosentista 17,7 prosenttiin vuosina 1995–2001. Niin kuin Jalava (2002) huomioi, tapahtui laman myötä kiinteän pääoman osalta siirtymä intensiivisempään kasvuun - siis talouskasvu saavutettiin pienemmillä investoinneilla ja suuremmalla pääoman tuottavuudella kuin aiemmin.

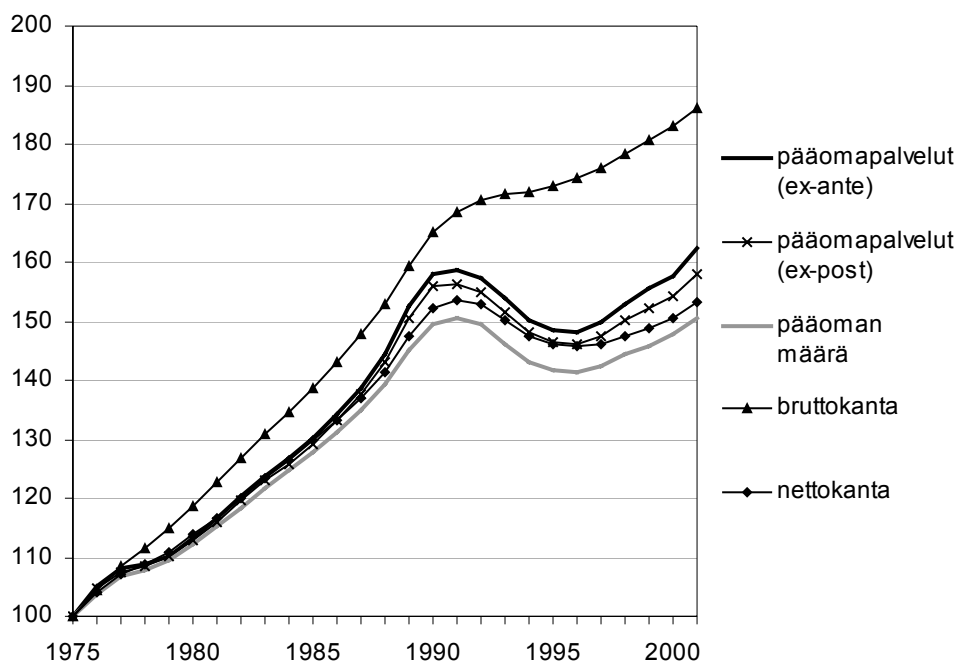
Investointiasteen vaikutus näkyy taulukossa 3 eri pääomalajien kasvuasteissa, sekä kuviossa 2<sup>14</sup> jossa esitetään volyyymi-indeksit graafisesti siten, että vuosi 1975 on normeerattu sadaksi. Bruttokanta on kasvanut muita pääomalajeja huomattavasti nopeammin koko tarkastelujakson aikana. Muut pääomatyyppit kasvoivat vuosina 1975–1990 keskimäärin 2,6–2,9 prosenttia vuodessa, mutta laman aikana kuva muuttuu. Vuoteen 1995 mennessä nettokanta on lähes lamaa edeltävällä tasolla, niin että vuosien 1990–1995 keskikasvu on lähellä nollaa. Pääomapalvelujen keskikasvu oli samaan aikaan kaikkein heikointa: -0,5 prosenttia. Vuosina 1995–2001 ex-ante pääomapalvelut kasvoivat 1,1 prosenttia vuodessa, ex-post pääomapalvelut 0,9 prosenttia vuodessa, nettokanta puoli prosenttia ja pääoman määrä siltä väliltä. Nettokannan ja pääoman määrän ero johtuu erilaisista poistuma-/poisto-olettamuksista ja merkittävin tekijä pääomapalvelujen ja nettokannan erossa liittyy laatutekijöihin, eli erityisesti laman aikana siirtymästä "halvempaan pääomaan" koneinvestointien vähetessä (taulukko 4). Laman jälkeen bruttokannan kasvuaste on lähempänä pääomapalveluja kuin nettokanta. Pääomakantojen kasvuun vaikuttaa myös poistoaste, joka on noussut johtuen siirtymästä kohti lyhytikäisempiä pääomatavaroita (taulukko 5).

*Taulukko 2. Osuudet nimellisestä tuottavasta pääomakannasta tavaratyypeittäin 1975–2001.*

	1975	1980	1985	1990	1995	2001
Muut talorakenn.	36,8 %	39,6 %	42,9 %	46,3 %	42,1 %	46,2 %
Maa- ja vesirakenn.	26,3 %	24,7 %	23,0 %	20,0 %	23,4 %	22,4 %
Kuljetusvälineet	6,4 %	6,0 %	5,5 %	5,1 %	5,5 %	5,3 %
Muut koneet ja laitteet	26,5 %	25,3 %	24,2 %	24,5 %	24,4 %	21,5 %
Mineraalien etsintä	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Tietokoneohjelm.	0,3 %	0,5 %	0,7 %	1,1 %	1,4 %	2,1 %
Alkuperäisteokset	0,3 %	0,4 %	0,5 %	0,4 %	0,5 %	0,5 %
Maan ym. perusparann.	3,4 %	3,4 %	3,1 %	2,6 %	2,7 %	2,0 %
Yhteensä	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

<sup>14</sup> Liitteessä 2 on volyyymisarjojen pisteluvut.

Kuvio 2. Pääomapalvelut, pääoman määrä, bruttokanta ja nettokanta, volyyymi-indeksit 1975–2001, (1975=100)



Taulukko 3. Pääoman kasvuasteet 1975–2001, %

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Pääomapalvelu (ex-ante)	2,9	-0,5	1,1
Pääomapalvelu (ex-post)	2,8	-0,5	0,9
Pääoman määrä	2,6	-0,4	0,7
Bruttokanta	3,2	1,4	1,2
Nettokanta	2,7	-0,1	0,5

Taulukko 4. Tuottavan pääomakannan kasvuasteet tavaratyypeittäin 1975–2001, %

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Muut talorakenn.	3,2	0,4	0,8
Maa- ja vesirakenn.	1,2	0,8	0,6
Kuljetusvälineet	1,3	-3,0	0,0
Muut koneet ja laitt.	3,3	-2,2	0,8
Mineraalien etsintä	15,2	2,4	2,8
Tietokoneohjelm.	10,2	1,8	6,4
Alkuperäisteokset	2,1	-0,2	2,2
Maan ym. perusparann.	-0,4	-2,2	-3,2

Taulukko 5. Tuottavan pääomakannan poistoasteet tavaratyypeittäin 1975–2001

	1975	1980	1985	1990	1995	2001
Muut talorakenn.	5,1 %	5,1 %	5,0 %	5,1 %	5,0 %	5,2 %
Maa- ja vesirakenn.	5,0 %	5,1 %	5,2 %	5,4 %	5,2 %	5,3 %
Kuljetusvälineet	16,2 %	15,0 %	14,4 %	15,4 %	14,7 %	15,4 %
Muut koneet ja laitteet	14,0 %	13,7 %	14,7 %	15,2 %	15,4 %	16,8 %
Mineraalien etsintä	30,0 %	24,5 %	25,5 %	25,0 %	25,5 %	24,9 %
Tietokoneohjelm.	57,4 %	54,5 %	52,9 %	52,3 %	53,9 %	53,6 %
Alkuperäisteokset	25,1 %	25,3 %	25,0 %	25,9 %	25,2 %	25,4 %
Maan ym. perusparann.	5,7 %	6,0 %	6,2 %	6,4 %	6,9 %	7,9 %
Yhteensä	8,4 %	8,3 %	8,6 %	9,3 %	8,9 %	9,7 %

Taulukossa 6 näkyvät uusinvestointien keskihintojen keskikasvut. Muut koneet ja laitteet esittävät kaikkein maltillisinta hintakehitystä. Vuoteen 2001 mennessä on hintakehitys ollut nopeinta tietokoneohjelmistoissa, muissa talorakennuksissa ja mineraalien etsinnässä.

Taulukko 6. Uusinvestointien keskihintojen keskikasvut 1975–2001, %.

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Muut talorakenn.	9,0	-2,7	4,3
Maa- ja vesirakenn.	7,6	1,6	2,5
Kuljetusvälineet	7,9	5,1	2,4
Muut koneet ja laitt.	6,7	2,3	0,5
Mineraalien etsintä	9,9	2,8	3,4
Tietokoneohjelm.	10,0	2,5	4,4
Alkuperäisteokset	9,6	4,4	1,6
Maan ym. perusparann.	9,4	1,9	2,0

Taulukosta 7 näkyy, että lama-ajan voittojen pieni kansantuoteosuus pitää ex-post tuottoasteen ex-ante tuottoastetta matalampana 1990-luvun alussa. Vastavasti myös 90-luvun jälkipuoliskon lihavat vuodet heijastuvat ex-ante tuottoastetta korkeampana ex-post tuottoasteena. Berndt & Fuss (1986) havaitsivat Yhdysvaltain tehdasteollisuutta koskevassa tutkimuksessaan, jossa he käsittelevät pääoma kvasikiinteänä tuotannontekijänä, että ex-ante tuottoasteen käyttö suhdannevaihtelujen aikana tarkoittaa sitä, että pääoman rajatuoton arvo eroaa pääoman tulo-osuudesta. Ex-post tuottoastetta käytettäessä tätä ongelmaa ei ole. Lisäksi Berndt & Fuss (1986) toteavat, että ex-post tuottoastetta käytettäessä ei pääomakantaan tule tehdä korjauksia kapasiteetin käyttöasteen mukaan.

Taulukko 7. Pääoman tuottoasteet 1975–2001 (aritmeettiset keskiarvot), %

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Ex-ante	8,5	7,2	4,4
Ex-post	11,5	5,7	14,4

Taulukossa 8 näkyvät pääoman tuottavuudet vahvistavat taulukosta 3 saatua kuvaa. Bruttokanta on kasvanut nopeimmin koko tarkastelujaksona josta johtuen pääoman tuottavuus bruttokannalla mitattuna on aina kaikkein pienin. Nettokanta taas yleensä yliarvioi pääoman tuottavuuden suhteellisen muutoksen (paitsi laman aikana). Taulukon 8 silmiinpistävin asia on kuitenkin pääoman tuottavuuden merkittävä kasvu 90-luvun jälkipuoliskolla. Koska tässä paperissa käytetyssä ex-post tuottoasteessa ei huomioida varastokantoja ja maata se on todennäköisesti hieman yliarvioitu. Silti sekä ex-ante että ex-post menetelmillä lasketut pääomapanoksen kasvukontribuutiot (taulukko 9) ovat lähes identtiset. Myöskään brutto- ja nettokantojen kasvukontribuutiot eivät merkittävästi eroa pääoma-palveluista, paitsi laman aikana jolloin bruttokannat yliarvioivat pääoman panoksen vaikutuksen talouskasvuun. Laman jälkeen nettokannan kontribuutio on hivenen pienempi kuin muiden pääomatyyppeiden. Kaikilla pääomamittareilla mitattuna on pääoman sekä absoluuttinen että suhteellinen vaikutus talouskasvuun pienentynyt. Ainoastaan tieto- ja viestintäteknologian osalta tilanne on toinen. Sillä kuten Jalava & Pohjola (2002) markkinatuotantoa (pl. asunnot) koskevassa tutkimuksessaan raportoivat, niin tieto- ja viestintäpääoman kontribuutio markkinatuotantoon oli 0,3 prosenttia vuosina 1990–1995 ja 0,7 prosenttia vuosina 1995–1999.

Taulukko 8. Pääoman tuottavuudet 1975–2001, %

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Pääomapalvelu (ex-ante)	0,0	-0,1	3,5
Pääomapalvelu (ex-post)	0,1	-0,1	3,7
Bruttokanta	-0,3	-1,9	3,5
Nettokanta	0,3	-0,4	4,1

Taulukko 9. Pääoman vaihtoehtoiset kasvukontribuutiot, 1975–2001

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
BKT perushintaan (pl. asunnot), volyymin keskikasvu <sup>1</sup>	2,9	-0,5	4,7
Kontribuutio <sup>2</sup>			
Pääomapalvelu (ex-ante)	0,6	-0,1	0,3
Pääoman määrä	0,5	-0,1	0,2
Pääoman laatu	0,1	0,0	0,1
Pääomapalvelu (ex-post)	0,5	-0,1	0,3
Pääoman määrä	0,5	-0,1	0,2
Pääoman laatu	0,1	0,0	0,0
Bruttokanta	0,6	0,3	0,3
Nettokanta	0,5	0,0	0,2
Pääoman tulo-osuus <sup>1</sup>	19,3	19,9	27,1

1 Prosenttia. 2 Prosenttiyksikköä. Luvut eivät välttämättä summaudu johtuen keskiarvoista ja pyöristyksistä.

Taulukossa 10 ovat kokonaistuottavuudet vaihtoehtoisten pääomatyyppien mukaan. Työpanoksena on käytetty laatukorjaamattomia tehtyjä työtunteja<sup>15</sup>. Nettokannan taipumus yliarvioida pääoman tuottavuus ei perin suuresti heijastu kokonaistuottavuuteen johtuen pääoman pienestä tulo-osuudesta. 90-luvun lopulla nettokannan avulla laskettu kokonaistuottavuuden suhteellinen muutos on hieman muita suurempi koska pääoman tulo-osuus on kasvanut ja nettokannan pääoman tuottavuus on muita nopeampi. Bruttokannan antama laman aikainen kokonaistuottavuuskuva eroaa jälleen eniten pääomapalveluista.

Taulukko 10. Vaihtoehtoiset kokonaistuottavuudet, %

	1975–1990	1990–1995	1995–2001
Pääomapalvelu (ex-ante)	2,4	2,6	2,9
Pääomapalvelu (ex-post)	2,5	2,6	2,9
Bruttokanta	2,4	2,2	2,9
Nettokanta	2,5	2,5	3,0

<sup>15</sup> Jalavan & Pohjolan (2002) tuloksissa oli työpanoksen laatukorjauksen vaikutus 0,2–0,3 prosenttiyksikköä markkinatuotannon bruttoarvonlisäykseen 1975–1999.

## 7 Johtopäätökset

Pääomapalvelujen käyttäminen pääomapanosmittarina netto- tai bruttopääomakannan sijaan ei juuri muuta pääomapanoksen kehityksestä tähän asti saatua kuvaa jaksolla 1975–1990. Sen sijaan 1990-luvun alkupuoliskolla pääomapalveluindeksi, sekä ex-ante että ex-post, osoittaa selvästi suurempaa pääomapanoksen laskua kuin nettokanta. Vastaavasti 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla molemmat pääomapalveluindeksit osoittavat nettokantaa suurempaa kasvua. Näin ollen nettokantaan, eli pääoman varallisuusarvoon, perustuvat laskelmat jossain määrin liioittelevat pääoman tuottavuuden laskua 1990-luvun alkupuolella ja toisaalta yliarvioivat pääoman tuottavuuden kasvun 1990-luvun lopulla. 1990-luvun lopun tulosten valossa näyttää myös siltä, että tuottoasteen valinta saattaa jonkin verran vaikuttaa pääomapalvelumittareiden ja niihin perustuvien pääoman tuottavuusmittareiden osoittamaan kehitykseen. Kokonaistuottavuuden kasvussa erot mittareiden välillä jäivät melko vähäisiksi koko kansantalouden tasolla. Pääomavaltaisilla toimialoilla pääomapanoksen muutoksen mittaustapa todennäköisesti vaikuttaisi selkeämmin myös arvioituun kokonaistuottavuuden muutokseen. Jatkossa onkin tarpeen suorittaa vastaavat laskelmat myös toimialoittain.

Myöskään kasvukontribuutiossa erot mittareiden välillä eivät ole kovin huomattavia. Pääoman kasvukontribuutio Suomen talouskasvulle tasaisen kasvun aikana näyttääkin itse asiassa varsin samankaltaiselta käytetäänpä pääoman mittarina sitten teoreettisesti oikeaoppista pääomapalvelua tai kiinteän pääoman brutto- ja nettokantoja. Laman aikana bruttokantaan perustuva arvio kuitenkin antaa selvästi liian myönteisen kuvan. Laman jälkeen nettokannan kontribuutio on hieman pienempi kuin muiden pääomatyyppien ja bruttokannan kasvuaste ja kontribuutio on lähempänä oikeaa.

Suomen talouskasvulle kiinteän pääoman sekä absoluuttinen että suhteellinen kontribuutio on kaikilla mittareilla mitattuna pienentynyt. Kuten Jalava (2002) huomioi, niin taloutemme on nykyisin aiempaa enemmän kokonaistuottavuuden varassa. Poikkeuksen pääoman pienentyneessä vaikutuksessa Suomen talouskasvuun muodostaa tieto- ja viestintäteknologia (Jalava & Pohjola 2002). Perinteisen pääoman merkityksen pieneneminen johtuu mm. siitä, kuten David (2002) huomioi, että kehittyneiden maiden tuotannossa on painopiste siirtynyt pelkästä rutiinien tehokkaasta hallinnoimisesta ongelmanratkaisukykyyn ja innovaatioihin. Vaikka pääoma on siirtynyt painottomampaan suuntaan, niin ei vanha kunnon  $K$  tuotantofunktiossa ole aikansa elänyt. Se on vain muuttanut muotoaan, mikä aiheuttaa suuria haasteita kansantalouden pääoma- ja tuottavuustilinpidolle.

## **Kirjallisuus:**

- ABS* (2000): Australian National Accounts: Concepts, Sources and Methods; Statistical Concepts Library, Australian Bureau of Statistics.
- Aulin-Ahmavaara, P.* (2003): The SNA93 Values as a Consistent Framework for Productivity Measurement: Unsolved Issues, The Review of Income and Wealth, March (tulossa).
- Berndt, E.R. & Fuss, M.A.* (1986): Productivity Measurement with Adjustments for Variations in Capacity Utilization and Other Forms of Temporary Equilibrium", *Journal of Econometrics* 33, s. 7–29.
- BLS* (1997): Handbook of Methods, Bureau of Labor Statistics.
- David, P.* (2002): Does the New Economy Need All the Old IPR Institutions? Digital Information Goods and Access to Knowledge for Economic Development, paperi esitetty WIDER Conference on The New Economy in Development toukokuussa 2002, Helsingissä.
- Diewert, W. E.* (2001): Measuring the Price and Quantity as Capital Services Under Alternative Assumptions, Department of Economics, University of British Columbia, Discussion Paper No.:01–24.
- ESA95* (1996): European System of Accounts, Eurostat.
- Fraumeni, B. M.* (1997): The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts, Survey of Current Business, July 1997.
- Hall, R. E. – Jorgenson, D. W.* (1967): Tax Policy and Investment Behaviour, *The American Economic Review*, vol. 57.
- Harper, M. J.* (1997): Estimating Capital Inputs for Productivity Measurement: An Overview of Concepts and Methods, paperi esitetty Canberra-ryhmän kokouksessa 1997.
- Hicks, J.* (1942): Maintaining Capital Intact: a Further Suggestion, *Economica* 9.
- Hicks, J.* (1973): Capital and Time, The Clarendon Press, Oxford.
- Hicks, J.* (1981): Wealth and Welfare, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hill, P.* (1999): The Productive Capital Stock and the Quantity Index for Flows of Capital Services, paperi esitetty Canberra-ryhmän kokouksessa marraskuussa 1999, Washington, D.C.:ssä, Yhdysvalloissa.
- Hill, R. J. – Hill, T.P.* (1999): A New Conceptual Approach to the Measurement of Capital Gains, Depletion and Net National Product, School of Economics, University of South Wales, Discussion Paper 99/9.



- Hotelling, H.* (1925): A General Mathematical Theory of Depreciation, *Journal of the American Statistical Association* 20.
- Hulten, C. R.* (1990): The Measurement of Capital, teoksessa Berndt, E R. & Triplett, J. E. (toim.): Fifty years of Economic Measurement. *Studies in Income and Wealth*, Vol. 54, Chicago University Press, Chicago.
- Hulten, C. R.* (1996): Capital and Wealth in the Revised SNA, teoksessa Kendrick, J.W. (toim.): *The New System of National Accounts*, Kluwer Academic Publishers, Boston/ Dordrecht/London.
- Hulten, C. R. – Wykoff, F. C.* (1995): Issues in the Measurement of Economic Depreciation: Introductory Remarks, *Economic Inquiry*, Vol. XXXIV; January 1996.
- Hulten C.R. – Wykoff, F. C.* (1981): The Measurement of Economic Depreciation, teoksessa Hulten, C. R. (toim.): *Depreciation, Inflation and Taxation of Income from Capital*, The Urban Institute Press, Washington, D. C.
- Jalava, J.* (2002): Accounting for Growth and Productivity: Finnish Multi-factor Productivity 1975–99, *Finnish Economic Papers* 15, Autumn 2002.
- Jalava, J. – Pohjola, M.* (2002): Economic Growth in the New Economy, Evidence from Advanced Economies, *Information Economics and Policy* 14, June 2002.
- Jorgenson, D. W.* (1996): Empirical Studies of Depreciation, *Economic Inquiry*, Vol. XXXIV, January 1996.
- Jorgenson, D. W.* (1999): New Methods of Measuring Capital, paperi esitetty Canberra-ryhmän kokouksessa marraskuussa 1999, Washington, D.C.:ssä, Yhdysvalloissa.
- Jorgenson, D. W. – Gollop, F. – Fraumeni, B.* (1987): *Productivity and US Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Jorgenson, D. W. – Griliches, Z.* (1967): The Explanation of Productivity Change, *Review of Economic Studies*, July 1967.
- Katz, A. J. – Herman, S. W.* (1997): Improved Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1929–95, *Survey of Current Business*, May 1997.
- Keuning, S.* (1999): The Role of Financial Capital in Production, *Review of Income and Wealth*, Series 45, Number 4.
- Koumanakos, P. – Landry, R. – Huang, K. – Wood, S.* (2001): Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles for Canada: A Comparison Between Existing Series and a Test Series Using the BEA Methodology for the United States, teoksessa *Jorgenson, D.W. – Lee, F.C.* (toim.): *Industry-level*

- Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States, Industry Canada Research Monograph, Ottawa.
- Maddison, A.* (1987): Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies, *The Journal of Economic Literature*, Vol.XXV, N:o 2.
- OECD* (1993): *Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital, National Accounts: Sources and Methods*, N:o 2, Paris: OECD.
- OECD* (2001a): *Measuring Capital - OECD Manual: Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services*, Paris: OECD.
- OECD* (2001b): *Measuring Productivity - OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*. Paris: OECD.
- Oliner, S. D. – Sichel, D. E.* (2000): The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 14, s. 3–22.
- Rouvinen, P.* (2002): R&D-Productivity Dynamics: Causality, Lags, and 'Dry Holes', *Journal of Applied Economics*, Vol. V, s. 123–156.
- Schreyer, P.* (2002): *OECD Capital Services Estimates: Methodology and Preliminary Results*, julkaisematon käsikirjoitus.
- SNA93* (1993): *System of National Accounts 1993*, UN, OECD, EU, IMF, World Bank.
- Tilastokeskus* (2000): *Kiinteä pääomakanta 1975–1998*, SVT Kansantalous 2000:5.
- Triplett, J. E.* (1998): *A Dictionary of Usage for Capital Measurement Issues*, paperi esitetty Canberran ryhmän kokouksessa syys-lokakuussa 1998, Pariisissa, Ranskassa.



## Liite 2.

Taulukko A3. Pääomasarjojen volyyymi-indeksit, 1975=100

	<i>pääomapol- velut ex-ante</i>	<i>pääomapol- velut ex-post</i>	<i>pääoman määrä</i>	<i>bruttokanta</i>	<i>nettokanta</i>
1975	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1976	105,0	104,6	103,9	104,5	104,0
1977	108,1	107,6	106,7	108,5	107,2
1978	108,9	108,5	107,9	111,7	108,9
1979	110,3	110,0	109,6	114,9	110,9
1980	113,1	112,8	112,3	118,7	113,7
1981	116,6	116,0	115,2	122,6	116,7
1982	120,2	119,5	118,4	126,6	120,0
1983	123,7	122,9	121,8	130,8	123,5
1984	126,7	125,9	124,6	134,6	126,4
1985	130,1	129,3	127,8	138,8	129,7
1986	134,1	133,2	131,1	-143,1	133,1
1987	138,7	137,6	134,8	147,7	137,0
1988	144,5	143,1	139,2	153,0	141,5
1989	152,7	150,6	145,1	159,2	147,4
1990	158,1	155,8	149,6	164,9	152,1
1991	158,6	156,3	150,7	168,5	153,5
1992	157,2	154,9	149,4	170,7	152,8
1993	153,9	151,6	146,2	171,4	150,2
1994	150,1	148,0	143,0	171,8	147,5
1995	148,5	146,5	141,6	172,7	146,1
1996	148,2	146,2	141,4	174,1	145,6
1997	149,7	147,5	142,3	175,9	146,1
1998	152,9	150,1	144,3	178,3	147,5
1999	155,6	152,2	145,9	180,6	148,9
2000	157,8	154,3	147,8	183,0	150,6
2001	162,2	157,8	150,7	186,1	153,2

**VATT-KESKUSTELUALOITTEITA / DISCUSSION PAPERS ISSN 0788-5016  
- SARJASSA ILMESTYNEITÄ**

234. Kiander Jaakko – Virén Matti: Do Automatic Stabilisers Take Care of Asymmetric Shocks in the Euro Area? Helsinki 2000.
235. Kiander Jaakko – Kilponen Juha – Vilminen Jouko: Taxes, Growth and Unemployment in the OECD Countries - does Collective Bargaining Matter? Helsinki 2000.
236. Venetoklis Takis: Methods Applied in Evaluating Business Subsidy Programs: A Survey. Helsinki 2000.
237. Siivonen Erkki: Pohjoinen ulottuvuus: Investointien rahoitukseen liittyviä näkökohtia. Helsinki 2000.
238. Kemppi Heikki – Pohjola Johanna: Hiilidioksidipäästöjen rajoittamisen kustannusten arvioinnissa käytetyt käsitteet ja mittarit. Helsinki 2000.
239. Virén Matti: Cross-Country Evidence on a Nonlinear Okun Curve. Helsinki 2000.
240. Pollari Johanna: Yhteistoteutuksen merkitys Suomen ilmastopolitiikassa. Helsinki 2000.
241. Coenen Heide: Network Effects in Telecommunications: when Entrants are Welcome. Helsinki 2000.
242. Moisio Antti: Spend and Tax or Tax and Spend? Panel Data Evidence from Finnish Municipalities during 1985 - 1999. Helsinki 2000.
243. Coenen Heide – Holler Manfred J.– Niskanen Esko (eds.): 5<sup>th</sup> Helsinki Workshop in Standardization and Networks 13-14 August, 2000. Helsinki 2000.
244. Virén Matti: Modelling Crime and Punishment. Helsinki 2000.
245. Nash Chris – Niskanen Esko (eds.): Helsinki Workshop on Infrastructure Charging on Railways 31 July - 1 August, 2000. Helsinki 2000.
246. Parkkinen Pekka: Terveystieteiden ja sosiaalipalvelujen vuoteen 2030. Helsinki 2001.
247. Riihelä Marja – Sullström Risto – Tuomala Matti: What Lies Behind the Unprecedented Increase in Income Inequality in Finland During the 1990's. Helsinki 2001.
248. Kangasharju Aki – Pekkala Sari: Regional Economic Repercussions of an Economic Crisis: A Sectoral Analysis. Helsinki 2001.
249. Kiander Jaakko – Luoma Kalevi – Lönnqvist Henrik: Julkisten menojen rakenne ja kehitys: Suomi kansainvälisessä vertailussa. Helsinki 2001.
250. Kilponen Juha – Sinko Pekka: Taxation and the Degree of Centralisation in a Trade Union Model with Endogenous Labour Supply. Helsinki 2001.
251. Vaittinen Risto: WTO:n kauppaneuvottelujen merkitys EU:n maataloudelle. Helsinki 2001.
252. Bjerstedt Katja: Työssä jaksamisesta ja työmarkkinoiden muutoksesta. Helsinki 2001.

253. Sinko Pekka: Unemployment Insurance with Limited Duration and Variable Replacement Ratio – Effects on Optimal Search. Helsinki 2001.
254. Rauhanen Timo: Arvonlisäverotus EU:n jäsenmaissa – voiko vientiä verottaa? Helsinki 2001.
255. Korkeamäki Ossi: Työttömyysriskiin vaikuttavat yksilö- ja yritysکوhtaiset tekijät Suomessa 1990-1996. Helsinki 2001.
256. Kyyrä Tomi: Estimating Equilibrium Search Models from Finnish Data. Helsinki 2001.
257. Moisio Antti: On Local Government Spending and Taxation Behaviour – effect of population size and economic condition. Helsinki 2001.
258. Kari Seppo – Ylä-Liedenpohja Jouko: Klassillinen osakeyhtiövero kansainvälisen veroharmonisoinnin muotona. Helsinki 2001.
259. Kiander Jaakko – Vaittinen Risto: EU:n itälaajenemisen vaikutuksista: laskelmia tasapainomallilla. Helsinki 2001.
260. Hakola Tuulia – Uusitalo Roope: Let's Make a Deal – the Impact of Social Security Provisions and Firm Liabilities on Early Retirement. Helsinki 2001.
261. Hjerppe Reino – Kari Seppo – Lönnqvist Henrik (toim.): Verokilpailu ja verotuksen kehittämistarpeet. Helsinki 2001.
262. Hakola Tuulia – Lindeboom Maarten: Retirement Round-about: Early Exit Channels and Disability Applications. Helsinki 2001.
263. Kilponen Juha – Romppanen Antti: Julkinen talous ja väestön ikääntyminen pitkällä aikavälillä – katsaus kirjallisuuteen ja simulointeja sukupolvimallilla. Helsinki 2001.
264. Riihelä Marja – Sullström Risto – Tuomala Matti: On Economic Poverty in Finland in the 1990s. Helsinki 2001.
265. Parkkinen Pekka: Suomen ja muiden unionimaiden väestön ikärakenne vuoteen 2050. Helsinki 2002.
266. Kari Seppo – Ylä-Liedenpohja Jouko: Classical Corporation Tax as a Global Means of Tax Harmonization. Helsinki 2002.
267. Kallioinen Johanna: Pyöräilyn institutionaalinen asema liikennesuunnittelussa. Helsinki 2002.
268. Kangasharju Aki and Venetoklis Takis: Business Subsidies and Employment of Firms: Overall Evaluation and Regional Extensions. Helsinki 2002.
269. Moisio Antti: Determinants of Expenditure Variation in Finnish Municipalities. Helsinki 2002.
270. Riihelä Marja – Sullström Risto: Käytettävissä olevien tulojen liikkuvuus vuosina 1990-1999. Helsinki 2002.
271. Kari Seppo – Kröger Outi – With Hanna: Saksan verouudistus 2001. Helsinki 2002.
272. Kari Seppo: Norjan ja Suomen tuloverojärjestelmän vertailua. Helsinki 2002.
273. Sinko Pekka: Labour Tax Reforms and Labour Demand in Finland 1997-2001. Helsinki 2002.

274. Pekkala Sari – Kangasharju Aki: Adjustment to Regional Labour Market Shocks. Helsinki 2002.
275. Poutvaara Panu: Gerontocracy Revisited: Unilateral Transfer to the Young May Benefit the Middle-aged. Helsinki 2002.
276. Uusitalo Roope: Tulospalkkaus ja tuottavuus. Helsinki 2002.
277. Kemppi Heikki – Lehtilä Antti: Hiilidioksidiveron taloudelliset vaikutukset. Helsinki 2002.
278. Rauhanen Timo: Liikevaihtoraja arvonlisäverotuksessa – Pienyrityksen kasvun este? Helsinki 2002.
279. Berghäll Elina – Kilponen Juha – Santavirta Torsten: Näkökulmia suomalaiseen tiede-, teknologia- ja innovaatiopolitiikkaan – KNOGG-työpajaseminaarin yhteenveto. Helsinki 2002.
280. Laine Veli: Evaluating Tax and Benefit Reforms in 1996 – 2001. Helsinki 2002.
281. Pekkala Sari – Tervo Hannu: Unemployment and Migration: Does Moving Help? Helsinki 2002.
282. Honkatukia Juha – Joutsenvirta Esa – Kemppi Heikki – Perrels Adriaan: EU:n laajuisen päästökaupan toteuttamisvaihtoehdot ja vaikutukset Suomen kannalta. Helsinki 2002.
283. Kotakorpi Kaisa: Access Pricing and Competition in Telecommunications. Helsinki 2002.
284. Hämäläinen Kari – Böckerman Petri: Regional Labour Market Dynamics, Housing and Migration. Helsinki 2002.
285. Sinko Pekka: Labour Taxation, Tax Progression and Job Matching – Comparing Alternative Models of Wage Setting. Helsinki 2002.
286. Tuomala Juha: Työttömyyden alueellisen rakenteen kehitys 1990-luvulla. Helsinki 2002.
287. Berghäll Elina: Virosta ja Ahvenanmaan itsehallintoalueelta Suomeen kohdistuvat verokilpailupaineet. Helsinki 2002.
288. Korkeamäki Ossi – Kyyrä Tomi: The Gender Wage Gap and Sex Segregation in Finland. Helsinki 2002.
289. Kilponen Juha – Santavirta Torsten: Taloudellinen kasvu, innovaatiot ja kilpailu – katsaus kirjallisuuteen ja politiikkasuosituksiin. Helsinki 2002.
290. Siivonen Erkki – Huikuri Satu (Edited): Workshop on Studies for Northern Dimension Kalastajatorppa 30 – 31 May, 2002. Helsinki 2002.
291. Pohjola Johanna – Kerkelä Leena – Mäkipää Raisa: Who Gains from Credited Forest Carbon Sinks: Finland and Other Annex I Countries in Comparison. Helsinki 2002.
292. Montén Seppo – Tuomala Juha: Alueellinen työttömyys ja pitkäaikaistyöttömyys 1990-luvulla. Helsinki 2003.
293. Lyytikäinen Teemu: Pienituloisuuden dynamiikka Suomessa. Helsinki 2003.

