

Harvennushakkuut, metsätalous ja -teollisuus Suomen kansantaloudessa

Thinnings, Forestry and Forest Industry in the Finnish Economy

Olli Haltia



Harvennushakkuut, metsätalous ja -teollisuus
Suomen kansantaloudessa

Thinnings, Forestry and Forest Industry
in the Finnish Economy

Olli Haltia

1992



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 417
METSIEN KÄYTÖN TUTKIMUSOSASTO

Haltia, Olli 1992. Harvennushakkuut, metsätalous ja -teollisuus Suomen kansantaloudessa. Thinnings, Forestry and Forest Industry in the Finnish Economy. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 417. 48 s + liitt. ISBN 951-40-1223-2, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa tarkastellaan harvennushakkuiden, metsätalouden ja metsäteollisuuden merkitystä Suomen kansantaloudessa kahden eri panos-tuotosmenetelmän avulla, triangulaatioanalyysillä ja lineaarisella optimoinnilla. Tuotantorakenteessa on tapahtunut keskeinen muutos vuoden 1970 jälkeen metalliteollisuuden tuotannon tullessa entistä riippuvaisemmaksi metsäteollisuudesta. Tämä on ilmeisesti aiheutunut teknologisesti muutoksesta ja sen nopeudesta metsätaloudessa sekä metsäteollisuudessa. Harvennushakkuut ovat kasvaneet noin 7 % vuodessa 1980-luvulla ja lisänneet myös osuuttaan kokonaispoistumasta, josta ne vuosikymmenen lopulla muodostivat runsaan viidenneksen. Kotitalouksille harvennushakkuista koituvat tulot olivat vuonna 1985 noin 2.3 miljardia markkaa mukaan lukien sekä kantorahatulot että palkkatulot. Sen ohella, että harvennushakkuista kasvattamalla kotitalouksien tuloja voidaan kasvattaa vielä huomattavasti, harvennushakkuista saatava raakapuuera saattaa olla olennainen metsäteollisuuden strategisen aseman kannalta kansantaloudessa. Kun tuotantoteknologian muutos metsäteollisuudessa näyttää välttämättä ainakin välillisesti lisänneen tämän riippuvuutta tuonnista, voidaan tätä taustaa vasten nähdä kotimaisten raaka-ainelähteiden, kuten harvennushakkuupotentiaalin, hyväksikäyttö tuonti-intensiivisyyden rajoittamisen kannalta yhä olennaisempana.

Two types of input-output models are used to examine the role of thinnings, forestry and forest industry in the Finnish economy, triangularity analysis and linear optimization. There has been fundamental change in the production structure of the economy since 1970. After that metal industry's output seem to be increasingly dependent on the output of forest industry. This can be explained by rapid technological growth in forestry and forest industry. Thinnings have grown about 7 % annually in 1980's and their share in total drain has increased, so that at the end of the decade the thinning output formed about one fifth of the total drain. In 1985, thinnings provided incomes for households worth of 2.3 billion Fmk including the incomes of stumpage and salaries. The results indicate that it is possible to increase household incomes with considerable amount by expanding thinnings. But additionally, the quantity of roundwood obtained from thinnings may have essential meaning in respect to forest industry's strategical position in the economy. It appeared that the technological development has caused some rise at least in indirect import dependency of forest industry. Against this background, the utilization of domestic rawmaterials like thinning potential can be seen still essential.

Avainsanat: Panos-tuotosmenetelmä, harvennushakkuu, metsäteollisuus

Kirjoittajan yhteystiedot: QMW College, Department of Economics.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; yhteistutkimushanke EKK 10-055 "Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. Hyväksynyt Aarne Reunala vs. tutkimusjohtaja 24.6.1992.

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, Metsien käytön tutkimusosasto, PL 37, 00381 Helsinki.

SISÄLLYS

ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUSTEHTÄVÄ	6
3 TUTKIMUSMENETELMÄ	7
3.1 Panos-tuotosmatriisin likimääräinen kolmiomatriisiesitys	7
3.2 Hinnat ja likimääräinen kolmiomatriisi	8
3.3 Panos-tuotosmatriisien likimääräisten alacolmiomatriisien taloustieteellisestä tulkinnasta	9
3.4 Lineaarinen ohjelmointi ja panos-tuotosmalli	10
3.4.1 Aikaisemmista tutkimuksista	10
3.4.2 Optimointimallit	11
3.4.3 Duaaliongelman ja varjohinnat	13
4 TUTKIMUSAINEISTO	13
5 TULOKSET	15
5.1 Metsätalous ja -teollisuus kansantalouden tuotantorakenteessa	15
5.1.1 Toimialojen hierarkia ja välituotematriisi	15
5.1.2 Panoskerroinmatriisien kolmiomatriisiesitys	20
5.1.3 Leontiefin käänteisematriisin kolmiomatriisiesitys	25
5.2 Harvennushakkuista 1980-luvulla	27
5.3 Harvennushakkuut ja kotitalouksien tulot	30
5.4 Harvennushakkuut ja vaihtotase	33
6 TULOSTEN TARKASTELO	35
KIRJALLISUUS	41
SUMMARY	44
LIITE 1	49
LIITE 2	53

ALKUSANAT

Käsillä oleva tutkimus muodostaa osatutkimuksen Maa- ja metsätalousministeriön asettamassa yhteistutkimushankkeessa "Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamismahdollisuudet", jossa osapuolina olivat Jaakko Pöyry Oy, Metsäntutkimuslaitos ja Metsäteho.

Tutkimuksen eri vaiheissa sain myötävaikuttavaa tukea monelta suunnalta. Metsäntutkimuslaitoksessa keskustelut Mauno Pesosen ja Hannu Hirvelän kanssa tukivat tutkimustaan kaikissa vaiheissa. Mikko Toropainen kommentoi käsikirjoitusta useaan otteeseen ja hänen kommentinsa vaikuttivat tutkimuksen lopulliseen muotoon olennaisella tavalla. Lisäksi sain arvokasta tietoa ja kommentteja Metsäntutkimuslaitoksella Tapio Hankalalta, Heikki Pajuojalta, Matti Palolta, Yrjö Sevolalta ja Markku Siitoselta. Metsätehosta Risto Lilleberg ja Anssi Raitanen sekä Petteri Pihlajamäki Jaakko Pöyry Oy:stä myötävaikuttivat tutkimuksen kulkuun erinomaisella tavalla. Simo Jaakkola Koneyrityksen liitto ry:stä selvitti minulle konekorjuun kustannusrakennetta.

Metsäkeskus Tapio toimitti arvokkaita tietoja, joita ilman tutkimusta ei olisi voinut tässä muodossa tehdä.

Ennen muuta tutkimuksen menetelmällisen osan kehittämistä edesauttoivat Yrjö Jahnssoinin Säätiön sekä Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön apurahat.

Kaikille edellämainituille haluan esittää parhaimmat kiitokseni.

Joulukuun 1991

Olli Haltia

1 JOHDANTO

Metsätalouden ja metsäteollisuuden kehitysstrategioiden selvittämällä ja tutkimisella on yli 30-vuotinen perinne Suomessa. Vuoden 1960 talousohjelmakomitean ja vuoden 1964 talousneuvoston mietinnöt painottivat metsätalouden ja -teollisuuden laajentamisen merkitystä koko kansantalouden kehitykselle. Metsätalouden ja -teollisuuden merkityksen koko kansantaloutta ajatellen nähtiin olevan suuri ensinnäkin vaihtotaseen tasapainottajana, mutta myös työllisyyden ylläpitäjänä metsätalouden ja -teollisuuden mahdollistaman muun teollisuuden kautta.

1960-luvulla käyntiin saatettujen MERA-ohjelmien kansantaloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin vielä 1970-luvun alussa Maailmanpakilta anottavan lainan argumenttina (MERA-lainan selvitystoimikunnan ... 1972). Kansantalouden ohjelmoinnin näkökulmasta asiaan palattiin jälleen 1980-luvun alussa. Ensin Jaakko Pöyry Oy:n laaja selvitys Suomen metsäteollisuuden kansainvälisestä kilpailukyvystä tuotti vastauksia, mutta myös kysymyksiä ja osoitti vielä perusteellisemmän selvitystyön olevan tarpeen (Suomen metsäteollisuuden ...1982). Siinä missä 1960-luvun kasvupolitiikan suuntaviivoja oli voitu piirtää laajan yksimielisyyden vallitessa nyt pystyyn polkaistun Metsä 2000 -ohjelman taustaolosuhteet olivat ristiriitaiset: metsäteollisuuden markkinaosuukseen menetykset, kannattavuusvaikeudet ja lisääntyvä velkaantuneisuus yhdistettyinä metsäteollisuustuotteiden vientiosuuden laskevaan trendiin, herättivät kysymyksen, missä määrin metsä- ja puutalous voi enää olla 1960-lukua vastaavan investointistrategian kohteena.

Metsä 2000 -mietinnön tuloksena esitettiin metsäteollisuuden laajentamista ja hakkuiden lisäämistä perustuen ensikädessä seuraaviin kolmeen seikkaan:

- (i) metsäteollisuutta eikä sen hyödyllisiä kansantaloudellisia vaikutuksia voida korvata millään muulla toimialalla lähitulevaisuudessa,
- (ii) biologista hakkuupotentiaalia on käyttämättä,
- (iii) metsäteollisuustuotteille riittää kysyntää.

Aikaisemmin tehdyissä metsätalouden ja -teollisuuden kansantaloudellisissa tarkasteluisissa on erotettavissa kaksi erilaista lähestymistapaa. Ensinnäkin vuosien 1960 ja 1964 komitemietinnöt tarkastelivat kysymystä kansantalouden ohjelmoinnin näkökulmasta. Mietintöjen henki oli se, että kansantulon määräsuuruinen tai maksimaalinen kasvu täystyöllisyyden, maksutaseen tasapainon, vakaan rahanarvon ja sovitun tulonjaon vallitessa ei onnistu, ellei huomattavasti laajenneta metsäteollisuutta (vrt. Riihinen 1978). Metsäteollisuuden laajentamisstrategian kriteerinä oli nimenomaan maksutaseen tasapaino ja ongelmaksi muodostui nyt metsätalouden mitoittaminen siten, että teollisuuden puuhuolto olisi turvattu.

Vuonna 1969 valmistuneessa Talousneuvostolle tehdyssä selvityksessä (Ervasti ym. 1969) painopiste oli siirtynyt metsätalouteen. Selvityksessä laskettiin panos-tuotosmenetelmää käyttäen hakkuuohjelmien vaikutuksia metsäteollisuuden vientulojen välittämänä bruttokansantuotteeseen. Oletuksena tällaisessa laskennassa on, että metsäteollisuus laajentuu – ja sen vienti kasvaa – hakkuuohjelmien mukaan.

Metsä 2000 -ohjelma oli kansantaloudelliselta analyysiltään myös biologista hakkuupotentiaalia painottava. Kokonaisuutena ohjelmassa lähdettiin oletuksenomaisesti siitä, että metsäteollisuus on Suomen kansantaloudelle tärkeä mm. valuuttatulojen vuoksi, vaikka selkeä tieto metsäteollisuuden roolista ja sen kehitystendenssistä puuttui. Kansantaloudellinen arviointi tehtiin vertailuna hakkuuohjelmien kansantaloudellisesta edullisuudesta käyttäen kustannushyötyanalyysia, jossa mittalukuna käytettiin ohjelmien vaikutusta kansantalouden kulutukseen (Vehkamäki 1985).

Vaikka nyt suunnitteilla oleva tutkimus ei suoranaisesti ole liitoksissa edellä esiteltyihin mietintöihin, niin ajatuksellinen yhteys on kuitenkin selvästi nähtävissä. Tämä tutkimus käsittelee harvennushakkuiden sekä metsätalouden ja -teollisuuden kansantaloudellisia vaikutuksia. Tutkimus muodostaa osatutkimuksen "Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot" -yhteistutkimusprojektissa, joka tehtiin Jaakko Pöyry Oy:n, Metsätehon ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä vuosina 1989-91.

2 TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena on selvittää ensinnäkin tämänhetkisten harvennushakkuiden kansantaloudellinen merkitys. Toisena tavoitteena on selvittää niitä riippuvuussuhteita, jotka vaikuttavat harvennushakkuiden kansantaloudelliseen merkitykseen. Kolmanneksi pyritään analysoimaan harvennushakkuiden laajentamisen kokonais-taloudellisia vaikutuksia.

Koska tutkimusmenetelmäksi on valittu panos-tuotosmenetelmä, on tutkimustehtävä luontevaa ymmärtää laajasti. Kysymys on nimenomaan harvennushakkuista kansantaloudessa. Keskeinen näkökulma tutkimuksessa on, että tietyn toimialan kansantaloudellinen merkitys ei määrydy pelkästään ko. toimialan omien ominaisuuksien perusteella, vaan myös muiden toimialojen käyttäytymisen tuloksena. Harvennushakkuiden merkityksen selvittämiseksi on oleellista selvittää ainakin puuteollisuuden ja massa- ja paperiteollisuuden teknologian sijoittuminen kansantaloudessa. Tätä näkökulmaa palvelee mm. tutkimukseen sisältyvä kokonaistaloudellinen rakennemuutostarkastelu, jossa pyritään erittelemään ennen muuta metsätalouden ja metsäteollisuuden kansantaloudellisen aseman muutosten syitä. Eksplisiittinen harvennushakkuiden taloudellista

merkitystä selvittävä analyysi tehdään yksinkertaisen panos-tuotosmallin lineaarisen optimointimallin avulla.

Vaikka näkökulma tutkimuksessa onkin siis kokonaistaloudellinen, jäävät monet tärkeät kysymykset välttämättä vaille huomiota johtuen ennen muuta tutkimusaikataulusta ja aineiston aiheuttamista rajoituksista. Esimerkiksi harvennushakkuiden merkitystä metsien biologiselle dynamiikalle ja tämän taloudellisia vaikutuksia ei tämän tutkimuksen puitteissa käsitellä.

Tutkimusmenetelmä esitellään luvussa 3. Likimääräisen kolmiomatriisiesityksen tutkimiseksi laadittu algoritmi on esitetty yksityiskohtaisesti liitteessä 1. Optimointimallit, joita sovelletaan suoranaisesti harvennushakkuiden kerrannaisvaikutusten ja laajennusvaikutusten kansantaloudelliseen analyysiin, määritellään edelleen luvussa 3. Tältä osin tulokset esitellään luvuissa 5.3 ja 5.4.

Tutkimusaineiston valinnasta kerrotaan luvussa neljä. Tuloksia esitellään yksityiskohtaisesti luvussa viisi ja luvussa kuusi pyritään vielä tekemään kokoavia päätelmiä.

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1 Panos-tuotomatriisin likimääräinen kolmiomatriisiesitys

Kansantalouden tuotantorakenteen vertailu eri kansantalouksien välillä tai yli ajan on usein perustunut panos-tuotostauluihin. Jos tutkimuksen kohteena on ennen muuta tuotannon hierarkkinen rakenne, on tavoitteena panos-tuotomatriisin likimääräisen kolmiomatriisiesityksen löytäminen ja menetelmänä triangulointi. Lyhyesti ilmaistuna trianguloinnin keskeisenä ajatuksena on panos-tuotomatriisin rivien ja sarakkeiden permutoiminen siten, että diagonaalien alapuolinen elementtien summa maksimoituu.

Koska mahdollisia ratkaisuja em. optimaaliselle toimialojen järjestykselle on toimialojen lukumäärän kertoma eikä ongelmalle ole polynomiaalista ratkaisua, on algoritminen lähestymistapa tarpeen. Algoritmeja on laadittu ja paranneltu aina 1950-luvulta näihin päiviin. Chenery & Watanabe (1958), Helmstädter (1958) sekä Aujac (1960) ja Masson (1960) esittivät samoihin aikoihin kolme erilaista triangulointimenetelmää. Helmstädterin (1958) menetelmää paransivat ensin Simpson & Tsukui (1965) ja sitten Korte & Oberhofer (1970). Fukui (1986) pyrki edelleen yleistämään Korte & Oberhoferin (1970) algoritmia, mutta eräät hänen keskeiset väitteensä eivät Howen (1991) mukaan pitäneet paikkaansa. Östblom (1986) esitti Fukuin (1986) algoritmilta vaihtoehtoisen lähestymistavan (ks. myös Haltia (1991)), jonka tässä tutkimuksessa sovellettava muunnelma on esitetty liitteessä 1.

3.2 Hinnat ja likimääräinen kolmiomatriisi

Panos-tuotomatriisit laaditaan aina koskemaan tiettyä hetkeä, yleensä tiettyä vuotta. Koska tauluissa käytetty data on vuosikohtaista ja muuttuvahintaista, panos-tuotostauluilla ei välttämättä ole globaalista ulottuvuutta, vaan ne ovat sellaisinaan aikaan (ja paikkaan) sidottuja deskriptioita. Panos-tuotostutkimus onkin kohtuullisen paljon suuntautunut kansantalouksien kansainväliseen ja intertemporaaliseen vertailuun.

Jo alunperinkin triangulaatioanalyysin kohteena oli intertemporaalinen vertailu (Helms-tädter 1958). Tämän jälkeen suuntaus on jatkunut runsaana (esim. Korte & Oberhofer 1970, Song 1977, Wessels 1981, Östblom 1986). Kansainvälisiin tuotarakenteen vertailuihin panos-tuotomatriisiin kolmiomatriisianalyysiä on käytetty ehkä vielä enemmän (esim. Chenery & Watanabe (1958), Simpson & Tsukui (1965), Lamel & Richter & Teufelsbauer (1971), Santhanam & Patil (1972), Drabek (1984), Fukui (1986)). Sitäkin yllättävämpää on, että hintojen rooli tässä yhteydessä on lähes täysin sivuutettu, vaikka transaktiotaulut poikkeuksetta esitetään arvosuureina. Ainoastaan Jaksch & König (1960, 408-409) huomauttavat, että toimialojen hintasuhteiden muutos saattaa vaikuttaa kolmiomatriisipermutaatioon. Kysymys on siis siitä, että muutettaessa esimerkiksi hetken 0 kolmiomatriisi vuoden t hintaiseksi sama permutaatio ei enää välttämättä maksimoikaan diagonaalin alapuolista summaa.

Seuraavaksi pyritään lyhyesti ja esimerkinluonteisesti määrittelemään välttämättömät ehdot sille, että hintasuhteet muuttavat kolmiomatriisiesitystä. Olkoon $\pi = \pi^*$ (absoluuttinen optimijärjestys) ja $X^t(\pi) = (x^t_{\pi(i)\pi(j)})$ on permutoitu panos-tuotostransaktiomatriisi hetkellä t ja olkoon $A^t(\pi) = (a^t_{\pi(i)\pi(j)})$ on permutoitu panoskerroinmatriisi hetkellä t. P_0^i on hinnan muutos (hintaindeksi) hetkestä 0 hetkeen t.

(i)

Välttämätön ehto permutaation muuttumiselle inflatoitaessa matriisi $X^0(\pi)$ vuoden t hintaiseksi on, että

$$3.1 \quad (x^0_{\pi(i)\pi(j)} / x^0_{\pi(j)\pi(i)}) \geq (P_{\pi(j)0} / P_{\pi(i)0}) \quad \& \quad j > i,$$

eli toimialan i tarjonta j:lle per toimialan i kysyntä j:ltä on suurempi tai yhtäsuuri kuin toimialojen j ja i hintamuutosten suhde.

Tämä voidaan perustella seuraavasti. Absoluuttinen optimijärjestys π on myös suhteellinen optimijärjestys. Jos on olemassa i ja j ($j > i$) siten, että $P_{\pi(i)0} x^0_{\pi(i)\pi(j)} - P_{\pi(j)0} x^0_{\pi(j)\pi(i)} \geq 0$ – mistä seuraa 3.1 – π ei välttämättä ole suhteellinen optimijärjestys vuoden t hinnoilla.

(ii)

Vastaavaan tapaan perustellaan välttämätön ehto permutaation muuttumiselle inflatoitaessa matriisi $A^0(\pi)$ vuoden t hintaiseksi

$$3.2 \quad \forall (a^0_{\pi(j)\pi(i)} / a^0_{\pi(i)\pi(j)}) \leq (P_{\pi(i)}^t / P_{\pi(j)}^t) \quad \& \quad j > i.$$

Tämä saadaan seuraavasti. Koska $A^0(\pi) = X^0(\pi)y^0(\pi)^{-1}$,

jossa y on kokonaistuotannon diagonaalimatriisi, inflatoitaessa $A^0(\pi)$ vuoden t hintaiseksi saadaan:

$$\begin{aligned} A^0(\pi) &= [P_0^t(\pi)X^0(\pi)][P_0^t(\pi)y^0(\pi)]^{-1}, \\ &= P_0^t(\pi)[X^0(\pi)y^0(\pi)^{-1}]P_0^t(\pi)^{-1} \\ &= P_0^t(\pi)[A^0(\pi)]P_0^t(\pi)^{-1}. \end{aligned}$$

Nyt jos

$[(P_{\pi(i)}^t / P_{\pi(j)}^t)a_{\pi(i)\pi(j)} - (P_{\pi(j)}^t / P_{\pi(i)}^t)a_{\pi(j)\pi(i)}] \geq 0 \quad \& \quad j > i$ – josta 4.2 seuraa – kysymyksessä ei välttämättä ole suhteellinen optimijärjestys.

3.3 Panos-tuotomatriisien likimääräisten alakolmiomatriisien taloustieteellisestä tulkinnasta

Panos-tuotomatriisiin virtamatriisiin $X=(x_{ij})$ lisäksi kolmiomatriisimuotoa voidaan etsiä erilaisille kerroinmatriiseille, joita ovat esimerkiksi panoskerroinmatriisi ja Leontiefin käänteismatriisi. Tässä luvussa esitetään näiden kahden kerroinmatriisin likimääräisten kolmiomatriisimuotojen tulkinta (ks. Korte & Oberhofer (1970)).

(i) Panoskerroinmatriisi

Kun y_i on toimialan i kokonaistuotanto, voidaan panoskerroin a_{ik} esittää

$$3.3 \quad a_{ik} = (\delta y_i / \delta y_k)(1 - a_{ii}), \quad (i \neq k).$$

Nähdään, että yhtälön 3.3 oikea puoli on painotettu marginaalinen tuotossuhde. A :n triangulointioperaatio vastaa siis painotettujen marginaalisten tuotossuhteiden maksimointia. Toisin sanoen mitä alemmaksi trianguloidussa matriisissa A mennään, sitä voimakkaammin k :n tuotoksen muutos vaikuttaa i :n tuotokseen k :n (i :ltä) kysymien panosten kautta.

(ii) Leontiefin käänteismatriisi

Panos-tuotosmallin ratkaistu muoto on $y = (I-A)^{-1}f = Cf$, jossa f on lopputuotekysynnän pystyvektori. Osittaisdifferoinnilla saadaan nyt

$$3.5 \quad c_{ik} = \delta y_i / \delta f_k.$$

Siis triangulointi merkitsee marginaalisten kokonaistuotos-lopputuotekysyntäsuhteiden maksimointia siten, että alempana trianguloidussa matriisissa olevat reagoivat tuotokseen eri toimialojen lopputuotekysynnän muutoksiin voimakkaammin.

3.4 Lineaarinen ohjelmointi ja panos-tuotosmalli

3.4.1 Aikaisemmista tutkimuksista

Vaikka matemaattisen ohjelmoinnin sovellutuksilla on jo vankka perinne eritoten Suomessa metsätalouden ja -teollisuuden analyysissä (mm. Kilkki, Kuusela & Siitonen 1977; Seppälä, Kuuluvainen & Seppälä 1980; Kallio, Propoi & Seppälä 1985; Kallio, Seppälä & Seppälä 1989), ei panos-tuotosmalliin eksplisiittisesti nojautuvia vastaavia kokonaistaloudellisia tarkasteluja ole ennen tehty. Sen sijaan lineaarista ohjelmointia ja panos-tuotosmallia on sovellettu kehitysongelmien tarkasteluun koko kansantalouden tasolla 1950-luvulta alkaen sekä kansainvälisesti että myös Suomessa.

Ajatuksellisesti kasvumallien keskeisenä lähtökohtana voidaan pitää Frank P. Ramsayn (1928) artikkelia. Empiiristen kokonaistaloudellisten kehitysmallien pioneerityönä voitaneen kuitenkin pitää Cheneryn & Kretschmerin (1956) työtä, jossa käsiteltiin resurssien allokatio-ongelmaa Etelä-Italian kehittämisiongelmiin kannalta. Tämä Econometrican artikkeli käsittelee pääasiassa ohjelmointimalliin liittyviä laskennallisia ongelmia, joita käsiteltiin myös myöhemmissä empiirisäpaineisimmista töissä (mm. Chenery & MacEwan 1966; Chenery & Raduchel 1971). Yleisesti ottaen näissä artikkeleissa tarkastellaan tapausta, jossa halutaan saavuttaa tietty kulutustaso annetuilla resursseilla ja pienimmällä mahdollisella investointipanoksella.

Bruno (mm. 1966; 1972) on kontribuoinut kansantalouden optimointimallien kehittämiseen nimenomaan ulkomaankaupan ja mallien dynamisoimisen osalta. Toisena keskeisenä lähtökohtana Brunolla (1982) on ollut varjohintojen – erityisesti valuutan vaihtokursin – tarkastelu, kun tavoitefunktiona on yksityisen kulutuksen maksimointi. Varjohintojen roolia tässä yhteydessä on arvioinut myös Taylor (1982), jonka esitys pyrkii kriittisesti erittelemään varjohintojen antaman informaation käytännöllistä merkitystä.

Suomessa panos-tuotosmallia ja lineaarista optimointia käytti Hjerppe (1975) tutkiessaan tuotannontekijöiden allokaatiota Suomen kansantaloudessa. Hjerppe pyrki laajaan, käsitteelliseenkin analyysiin optimaalisesta ja tehokkaasta allokaatiosta sekä kriittiseen arvioon empiirisen mallinsa – jossa tavoitefunktiona oli yksityisten kulutusmenojen maksimointi – käyttömahdollisuuksista kokonaistaloudellisen optimin määrittämisessä. Metsätaloutta, metsäteollisuutta tai yleensä luonnonvaroja ei tutkimuksessa tarkasteltu millään tavalla erikseen esimerkiksi rajoitteina. Sen sijaan Lund (1973) käsitteli myös metsäteollisuutta tutkiessaan teollisuuden rahoituksen suunnittelua optimointimallin avulla – tutkimus käsitteli kuitenkin korostetusti vain rahoitusta.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan metsätaloutta ja erityisesti harvennushakkuupotentiaalia panos-tuotoskehikkoon perustuvan lineaarisen optimointimallin avulla. Tarkastelutapa muistuttaa Hjerpen (1975) mallia (vrt. myös Bulmer-Thomas 1982, 230-233); joskin tässä tutkimuksessa käytetyt tavoitefunktiotkin ovat erilaisia kuin yhdessäkään edellä referoidussa tutkimuksessa. Esitettävät mallit ovat korostetusti yksinkertaistettuja, koska pääoman sopeutumiseen ei kiinnitetä huomiota.

3.4.2 Optimointimallit

Seuraavassa esitellään kaksi primaaliongelmää, joissa ensimmäisessä tavoitefunktiona on kulutukseen käytettävissä olevat tulot ja toisessa valuuttatulot.

Primaaliongelma (i):

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \sum \sum v_{ij} y_j \\
 & \text{siten, että} \\
 & (1-a_{11})y_1 - a_{12}y_2 - \dots - a_{1n}y_n \geq f_1 \\
 & -a_{21}y_1 + (1-a_{22})y_2 - \dots - a_{2n}y_n \geq f_2 \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & -a_{n1}y_1 - a_{n2}y_2 - \dots + (1-a_{nn})y_n \geq f_n \\
 & \quad \quad \quad \sum d_j y_j \leq D \\
 & \quad \quad \quad \sum l_j y_j \leq L \\
 & \quad \quad \quad y_H + y_P \leq R \\
 & \quad \quad \quad y_j \leq Y_j \\
 & \quad \quad \quad y_j \geq 0
 \end{aligned}$$

Primaaliongelma (ii):

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \sum w_j y_j \\
 & \text{siten, että} \\
 & (1-a_{11})y_1 - a_{12}y_2 - \dots - a_{1n}y_n \geq f_1 \\
 & -a_{21}y_1 + (1-a_{22})y_2 - \dots - a_{2n}y_n \geq f_2 \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & -a_{n1}y_1 - a_{n2}y_2 - \dots + (1-a_{nn})y_n \geq f_n \\
 & \quad \quad \quad \sum l_j y_j \leq L \\
 & \quad \quad \quad y_H + y_P \leq R \\
 & \quad \quad \quad y_j \leq Y_j \\
 & \quad \quad \quad y_j \geq 0
 \end{aligned}$$

jossa

y_j = toimialan j kokonaistuotanto

a_{ij} = panoskerroin

f_i = toimialan j lopputuotetuotanto

l_j = työntekijöiden määrä yhtä tuotosyksikköä kohden toimialalla j

d_j = toimialan j vaihtotasevaikutus; vektori d on laskettu seuraavasti:

$$d = (m(I-A)^{-1}ex)/ex,$$

$m_j = im_j/y_j$, im_j on toimialan j tuonti,

ex = toimialojen vientivektori.

Ajatuksena on suhteuttaa toimialan j viennin aikaansaama välillinen ja välitön tuonti toimialan j vientiin.

y_H = harvennushakkuutoimialan tuotanto

y_P = päätehakkuutoimialan tuotanto

L = työntekijöiden kokonaismäärä

D = vaihtotaserajoitus

R = resurssirajoitus päätehakkuille ja harvennushakkuille

Y_j = toimialan j tuotannon yläraja.

w_j = toimialan j valuutanansaintakerroin, joka on laskettu seuraavasti:

$$w_j = (ex_j - m(I-A)^{-1}ex_j) / \sum (ex - m(I-A)^{-1}ex),$$

jossa

ex_j =vientivektori, jossa kaikki muut elementit paitsi j:s elementti on nollettu.

Ajatuksena on tässä laskea toimialan j osuus kansantalouden kokonaisvaluutanansaintakyvystä.

v_{ij} = kerroin, joka kertoo toimialalta j kulutukseen käytettäväksi kanavoituvien tulojen osuuden tuloluokassa i, jolla tässä tutkimuksessa tarkoitetaan palkkoja ja toimintaylijäämää. Palkat katsottiin kaikilla toimialoilla kokonaisuudessaan kulutukseen käytettäväksi olevaksi tuloksi vähentämättä esimerkiksi palkan-saajien sosiaaliturvamaksuja ja välittömiä veroja, koska oletettiin näiden osuuden palkoista olevan kaikilla toimialoilla likimain samat – mainituilla erillä ei siten olisi juurikaan vaikutusta eri toimialojen kertoimien välisiin suhteisiin. Toimintaylijäämä katsottiin kokonaisuudessaan kotitalouksien käytettävissä olevaksi tuloksi maataloudessa, metsätaloudessa (sekä harvennus- että päätehakkuissa), kalataloudessa sekä asuntojen hallinnassa ja vuokrauksessa.

3.4.3 Duaaliongelman ja varjohinnat

Primaaliohjelmaan (i) liittyvä duaaliohjelma esitetään seuraavassa.

$$\text{Min } \sum p_i f_i - g_1 D - g_2 L - g_3 R$$

siten, että

$$\begin{aligned} (1-a_{11})p_1 - a_{21}p_2 - \dots - a_{n1}p_n - d_1g_1 - l_1g_2 &\leq v_{.1} \\ -a_{12}p_1 + (1-a_{22})p_2 - \dots - a_{n2}p_n - d_2g_1 - l_2g_2 &\leq v_{.2} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ -a_{1H}p_1 - \dots + (1-a_{HH})p_H - \dots - a_{nH}p_n - d_Hg_1 - l_Hg_2 - g_3R &\leq v_{.H} \\ -a_{1P}p_1 - \dots + (1-a_{PP})p_P - \dots - a_{nP}p_n - d_Pg_1 - l_Pg_2 - g_3R &\leq v_{.P} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ -a_{1n}p_1 - a_{2n}p_2 - \dots + (1-a_{nn})p_n - d_ng_1 - l_ng_2 &\leq v_{.n} \end{aligned}$$

$p_j \geq 0, j=1, \dots, H, P, \dots, n$
 $g_k \geq 0, k=1, 2, 3$

jossa

$$v_{.j} = \sum v_{ij}$$

p_i = toimialan i tuotoksen varjohinta

g_1 = vaihtotaserajoituksen varjohinta

g_2 = työpanoksen varjohinta

g_3 = hakkuupotentiaalin varjohinta.

4 TUTKIMUSAINEISTO

Panos-tuotostauluja Suomessa on julkaistu vuosille 1956, 1959, 1965, 1970, 1980, 1982 ja 1985. Lisäksi esimerkiksi vuodelle 1978 on saatavissa aineistoa taulun kokoamiseksi. Tutkimuksen perusaineistoksi valittiin näistä vuosien 1959, 1970, 1980 ja 1985 panos-tuotostaulut.

Valinnan yhtenä tärkeänä perusteena oli, että näistä tauluista on kohtuullisella muokkauksella mahdollista saada suhteellisen vertailukelpoisia ts. niiden tilastollinen pohja ei ollut liian erilainen.

Toisaalta näiden vuosien voidaan ajatella edustavan täyden kapasiteetin vuosia, jolloin kokonaiskysyntä vastasi kokonaistarjontaa, mikä myös edesauttaa vertailukelpoisuutta. Esimerkiksi vuosina 1959 ja 1970 aktuaalinen bruttokansantuote (BKT) oli yhtäsuuri kuin potentiaalinen BKT, työttömyysaste oli alle 2 prosenttia. Myös vuodet 1980 ja

1985 olivat korkeasuhdannevuosia, jolloin toteutunut ja potentiaalinen BKT olivat lähellä toisiaan ja työtömyysaste oli suhteellisen pieni. Tämänkaltainen argumentaatio voi luonnollisesti vain suuntaa antavasti perustella sopivien vuosien valintaa.

Käytetyistä panos-tuotostauluista vuoden 1959 taulu eroaa eniten muista tauluista. Tutkimuksessa käytetty taulu johdettiin alkuperäisestä 44-toimialaisesta taulusta, jossa on muihin tauluihin verrattuna joitakin puutteita. Alkuperäisistä tauluista puuttuivat kokonaan yksityiset kulutusmenot ulkomailla ja ulkomaalaisten kulutusmenot Suomessa, jotka uudemman panos-tuotostuotannon mukaan käsitellään markkinattomien hyödykkeiden vientinä ja tuontina (vrt. Ahde 1990). Markkinattomilla hyödykkeillä tarkoitetaan hyödykkeitä, joita ei voida lukea normaaleiksi markkinahyödykkeiksi. Tärkeimmät tähän ryhmään kuuluvat hyödykkeet koostuvat suomalaisten ulkomailla oleskellessaan hankkimista hyödykkeistä, ulkomaalaisten Suomessa oleskellessaan hankkimista hyödykkeistä sekä kotimaisista, yleensä julkisen sektorin tuottamista hyödykkeistä, joista ei niiden käyttäjiltä peritä tuotantokustannusten mukaista hintaa (esim. koulutus- ja sairaanhoito-palvelut). Nämä kaikki erät kohdistuvat pääasiassa lopputuotekysyntään. Tarkasteltaessa muiden vuosien kohdalla näitä markkinattomien hyödykkeiden erää voidaan nähdä niiden osuuden olevan yksityisestä ja julkisesta kulutuksesta marginaalisia, joten niiden puuttumisesta ei aiheutune merkittävää virhettä.

Vuoden 1959 panos-tuotostutkimuksesta puuttuivat myös kokonaan tiedot voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisen sektorin maksamista palkoista ja muista arvonnäköyksen eristä. Nämä erät kohdistuvat lopputuotekysynnän peruspanososaan eikä niiden puuttumisesta pitäisi olla haittaa tässä tutkimuksessa.

Lisäksi on olemassa muita tekijöitä, joiden vuoksi vuoden 1959 panos-tuotostaulua ei voi pitää täysin vertailukelpoisena myöhempien vuosien taulujen kanssa. Esimerkiksi toimialaluokitus on muuttunut vuoden 1959 jälkeen. Tämän tekijän aiheuttamaa erilaisuutta koetettiin eliminoida sopivalla toimialojen aggregoinnilla (koska disaggregointi olisi ollut huomattavasti monimutkaisempaa). Lisäksi on ilmeistä, että käytettävissä oleva tietopohja on jatkuvasti parantunut, vaikka ratkaisevaa laatua olevia eroja ei olekaan.

Vuoden 1970 panos-tuotostutkimus on laadittu suurelta osin samoin periaattein kuin myöhemmätkin panos-tuotostutkimukset. Toimialajaltaan vuoden 1970 tutkimus on laajin – se käsittää 64 toimialaa, kun esimerkiksi vuoden 1980 tutkimuksessa toimialoja on 33. Lisäksi peruspanokset ja lopputuotekysyntä ovat vuoden 1970 tutkimuksessa jaotellut perusteellisemmin kuin muissa tutkimuksissa. Kaikista neljästä panos-tuotostutkimuksesta ilmeisesti vuosien 1980 ja 1985 tutkimukset ovat parhaiten vertailukelpoisia, koska tietopohja ja toimialajako ovat likimain samat.

Panos-tuotostaulut syötettiin mikrotietokoneelle julkaisuista virtasuureina, joista sitten laskettiin tarvittavat kerroinmatriisit. Taulut aggregoitiin 21-toimialoittaisiksi tauluiksi, toimialat SIC-koodeineen on esitetty liitessä 2. Jonkinlainen aggregointi osoittautui välttämättömäksi taulujen intertemporaalisen vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi. On ilmeistä, että aggregoinnilla on merkitystä laskettavien optimijärjestysten suhteen (vrt. luku 3.). Tässä tutkimuksessa tämä kysymys kuitenkin sivuutetaan. Aggregointi toteutettiin sitä varten tutkimuksen yhteydessä laaditulla APL-kielisellä ohjelmalla.

Ns. kokonaistuotoksen hintaindeksit panos-tuotostaulujen kiinteähintaistamiseksi saatiin Tilastokeskukselta erikseen tätä tutkimusta varten.

Kaiken kaikkiaan harvennushakkuita itseään kuvaavaa tietoa oli loppujen lopuksi hyvin vähän saatavilla. Alkaen harvennushakkuiden määrästä laskenta-aineistoa jouduttiin ikään kuin laatimaan itse, mikä ei voi olla omiaan parantamaan tulosten luotettavuutta. Tässä mielessä tutkimuksen eräänä tuloksena voitaneen pitää päätelmää, että metsätilastoja on syytä alkaa täydentää harvennushakkuita koskevalla entistä täydellisemmällä aineistolla.

Harvennushakkuiden määrätieto johdettiin harvennushakuupinta-alasta, joka on ainoa harvennushakkuista säännöllisesti vuosittain julkaistava volyymitieto, ja harvennusleimikoiden tiheydestä.

Harvennushakkuista saatavat palkat laskettiin manukorjuu-, konekorjuu- ja lähikuljetustaksojen perusteella. Toimintaylijäämän laskennassa käytettiin vuosittaisia keskimääräisiä kantohintoja. Vuosittaisten keskimääräisten hankintahintojen avulla arvioitiin harvennushakkuista saatavan metsätaloudellisen tuotoksen arvo.

5 TULOKSET

5.1 Metsätalous ja -teollisuus kansantalouden tuotantorakenteessa

5.1.1 Toimialojen hierarkia ja välituotematriisi

Seuraavassa tarkastellaan tuloksia käyttäen kolmea konventionaalista sektoreiden hierarkkisen rakenteen mittaa:

- (i) sektoreiden hierarkkinen rakenne itse;
- (ii) lineaarisuusaste (degree of linearity), joka on diagonaalien alapuolisten elementtien summan ja kaikkien matriisin elementtien – diagonaalia lukuunottamatta – summan suhde
 $\lambda(\pi) = R(X(\pi))/T$, jossa $T = \sum_{i,j} x_{ij}$ (Lamel et al. 1971, 62).

Tämä mittari kertoo, kuinka suuri osa matriisin kaikista elementeistä diagonaalia lukuunottamatta sijaitsee optimiratkaisussa diagonaalin alapuolella. Maksimissaan lineaarisuusaste voi olla yksi, ja mitä lähempänä ykköstä mittarin arvo on, sitä yhdensuuntaisempia tuotos- ja panosvirrat kansantaloudessa ovat. Edelleen lineaarisuusasteen laskeminen mierkitsee kiertorakenteen (circular feedback) kasvua taloudessa.

- (iii) Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r) hierarkkisen rakenteen intertemporaalissa vertailuissa.

Taulukossa 1. on esitetty tuloksena saadut välituotevirtamatriisin X hierarkkiset rakenteet.

Taulukko 1. Toimialojen hierarkia välituotematriisin X perusteella.
Table 1. Optimal orderings of interindustrial transaction matrices X.

No.	Toimiala – Sector	Järjestysnumero – Ordering number			
		1959	1970	1980	1985
1	Maatalous – Agriculture	3	9	5	3
2	Metsätalous – Forestry	18	18	9	8
3	Kaivannaistoiminta – Mining	11	7	14	14
4	Kulutustavarat – Consumer goods	2	8	4	2
5	Puuteollisuus – Wood industry	12	17	8	7
6	Paperiteollisuus – Pulp & paper	10	16	7	6
7	Graafinen teollisuus – Printing and publishing	19	15	18	19
8	Kemikaalien valmistus – Chemicals	5	11	10	9
9	Maaöljyn jalostus – Petroleum refining	21	21	21	21
10	Kumi- ja muovit – Rubber & plastics	1	12	3	11
11	Savi-, lasi-, kivi-, muu – Earthenware, glas, stone, others	7	4	6	4
12	Metallien valmistus – Metal industry	9	6	13	13
13	Konepajateollisuus – Engineering	8	5	11	10
14	Sähkötekniset tuotteet – Electrical appliances	6	3	12	12
15	Kulkuneuvot – Vehicles	14	1	1	5
16	Energia ja vesi – Energy, water	17	20	20	18
17	Rakennustoiminta – Construction	4	2	2	1
18	Kauppa – Trade and commerce	15	10	15	15
19	Kuljetus – Transportation	13	13	16	16
20	Tietoliikenne – Communication	20	19	19	20
21	Palvelukset – Services	16	14	17	17

Taulukossa 1. esitetyt toimialajärjestyksiä vastaavat taulukossa 2. esitetyt lineaarisuusasteet.

Taulukko 2. Lineaarisuusasteet matriiseille $X(\pi^*)$.

Table 2. Degrees of linearity for optimally ordered transaction matrices X.

	1959	1970	1980	1985
$\lambda(\pi^*)$	0,85311	0,77688	0,79645	0,80910

Edelleen taulukossa 3. esitetään optimijärjestysten väliset järjestyskorrelaatiokertoimet.

Taulukko 3. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet matriiseille $X(\pi^*)$.

Table 3. Spearman's rank correlation coefficients for optimally ordered transaction matrices X.

	1970	1980	1985
1959	0,62987	0,73506	0,71948
1970		0,59221	0,57013
1980			0,93247

Virtamatriisin X triangulaatoritarkaisu kertoo luonnollisesti ensi kädessä siitä, miten mihin suuntaan toimialojen väliset arvosuureiset panosvirrat liikkuvat. Periaatteessa mitä suuremman järjestysnumeron toimiala saa optimiratkaisussa, sitä tärkeämpi panosten tuottaja tämä toimiala on muille toimialoille. Taulukossa 1 voidaan nähdä esimerkiksi, että kaikkien vuosien optimiratkaisussa energia ja vesi sijoittuvat järjestyksessä suhteellisen alhaalle (17, 20, 20, 18) – muille toimialoille tarjoamiinsa panoksiin nähden tämä toimiala tarvitsee suhteellisen vähän panoksia muilta toimialoilta. Vielä selvempi tämä ominaisuus on maaöljyn jalostuksella, joka kaikkien vuosien optimiratkaisussa sijoittuu hierarkian pohjalle – tuodun öljyn lisäksi toimiala tarvitsee huomattavan vähän panoksia muilla toimialoilla käytettyihin öljynjalosteisiin verrattuna. Sen sijaan metsätalous edustaa tyypillisesti toimialaa, jolla sen tarvitsemien panosten ja sen tuottaman tuotoksen suhde on selvästi muuttunut. Vuosien 1959 ja 1970 hierarkioissa metsätalous sijaitsee lähellä hierarkian pohjaa tuottaen lähes pelkällä työpanoksella materiaa kansantalouden kiertokulkuun. 1980-luvulle tultaessa metsätalouden toiminnan luonne on kuitenkin selvästi muuttunut ja toimiala on noussut hierarkiassa (sijat v.1980 9. ja v.1985 8.), koska ilmeisesti ennen kaikkea puunkorjuun koneellistumisen myötä se on kytkeytynyt entistä voimakkaammin kansantalouden muihin toimialoihin.

Optiratkaisujen huipun tuntumassa ovat olleet kaikkina vuosina sellaiset toimialat kuin kulutustavaroiden tuotanto ja rakennustoiminta, jotka tuottavat tuotteita lähinnä loppukäyttöä varten, yksityiseen kulutukseen ja investointeihin.

Tarkastellaan tuloksia tarkemmin seuraavaksi muutamien tuotantoketjuiksi loogisesti ajateltavien toimialojen kannalta. On huomattava, että ennen muuta näiden tuotantoketjujen olemassaolo on olennaista talouspolitiikan kannalta siinä mielessä, että ne ovat kotimaisia toimialojen välisiä raaka-ainesuhteita. Edelleen on tärkeätä huomata, että välttämättä näitä kansantalouden sisäisiä tuotantoketjuja ei pitkälle kehittyneessä kansantaloudessa esiinny, koska tuonnilla voidaan aina korvata kotimaista tuotantoa.

Ensimmäinen tarkastelun kohde on ketju maatalous – elintarviketeollisuus, joka tässä sisältyy kulutustavaroiden tuotantoon. Maatalouden ja kulutustavaroiden tuotannon sijainnit hierarkiassa olivat seuraavat (vrt. Taulukko 1.):

	1959	1970	1980	1985
maatalous	3	9	5	3
kulutustavarat	2	8	4	2

Nähdään, että sektorit sijoittuvat säännöllisesti peräkkäin siten, että kulutustavarat ovat hierarkiassa ylempänä kuin maatalous. Tämä osoittaa, että hallitseva panosvirta kulkee maataloudesta kulutustavaroiden tuotantoon, mikä oli loogisesti odotettavissa. Sektorit siis muodostavat yhdessä tuotantoketjun, joka sijaitsee hierarkiassa suhteellisen korkealla kertoen, että ko. ryhmä ostaa enemmän panoksia muilta (alemmaksi sijoittuvilta) toimialoilta kuin myy näille.

Toiseksi tarkastellaan tuotantoketjua metsätalous – puuteollisuus – paperiteollisuus. Tämän ketjun tuotannolliset suhteet ovat hieman edellistä monimutkaisemmat. Metsätalous tuottaa panoksia sekä puu- että paperiteollisuudelle ja puuteollisuus myy panoksia paperiteollisuudelle (lastuja, jättepuuta yms.), sen sijaan paperiteollisuuden tuotanto menee suureksi osaksi vientiin ja siis lopputuotekesyntään. On huomattava, että paperiteollisuus sisältää tässä myös massateollisuuden. Koska massa on paperiteollisuuden raaka-aine, sisältyy tämä kytkentä tässä kehikossa matriisin diagonaalelementtiin jääden siten siltä osin tarkastelun ulkopuolelle. Ko. tuotantoketjun sijainnit optimiratkaisuissa olivat seuraavat (vrt. Taulukko 1.):

	1959	1970	1980	1985
metsätalous	18	18	9	8
puuteollisuus	12	17	8	7
paperiteollisuus	10	16	7	6

Siten optimiratkaisut indikoivat kaikkina vuosina materiaalivirran suuntaa metsätalous → puuteollisuus → paperiteollisuus. Toiseksi vuodesta 1970 lähtien toimialat sijaitsevat hierarkiassa peräkkäin. Tämä lienee seurausta ennen muuta metsätalouden irtautumisesta maataloudesta (ja esim. polttopuutuotannosta) ja toimialojen keskinäisten materiaalivirtojen voimistumisesta. Kolmanneksi toimialat sijaitsevat yhä ylempänä kan-

santalouden hierarkiassa, mikä lienee seurausta voimakkaasta teknologisesta muutoksesta koko metsäryhmässä. Mielenkiintoista on vielä, että graafinen teollisuus liittyy tähän ketjuun loogisesti vain vuonna 1970, jolloin on siis havaittavissa ketju metsätalous —> puuteollisuus —> paperiteollisuus —> graafinen teollisuus.

Vielä voidaan tarkastella metalliteollisuutta ketjun kaivannaistoiminta – metallien valmistus – konepajateollisuus -avulla (metalliryhmä). Näiden toimialojen järjestysnumerot olivat seuraavat (vrt. Taulukko 1.):

	1959	1970	1980	1985
kaivannaistoiminta	11	7	14	14
metallien valm.	9	6	13	13
konepajateollisuus	8	5	11	10

Myös tässä tapauksessa looginen tuotantoketju on selvästi näkyvissä: kaivannaistoiminta —> metallien valmistus —> konepajateollisuus. Nähdään kuitenkin, että vuoden 1970 jälkeen konepajateollisuus on jonkin verran irtautunut metallien valmistuksesta; tähän voi olla syynä konepajateollisuudessa tapahtunut tekninen kehitys, joka on korostanut muiden komponenttien kuin metallin merkitystä tuotannossa. Tähän suuntaan viittaa ainakin sähköteknisten tuotteiden sijoittuminen analyysissä:

	1959	1970	1980	1985
sähkötekn. tuot.	6	3	12	12

Vuosina 1959 ja 1970 panosvirtojen suunta on vielä metalliryhmä —> sähkötekniset tuotteet. Sen sijaan vuosina 1980 ja 1985 määräävä suunta on sähkötekninen teollisuus —> konepajateollisuus.

Tarkasteltaessa taulukon 2. lineaarisuusasteita ei niissä ole havaittavissa mitään selvää trendiä. Vuonna 1959 lineaarisuusaste on tosin selvästi korkeampi kuin vuonna 1985. Yleensä on ajateltu, että taloudellisen kasvun myötä toimialojen keskinäinen yhdensuuntainen riippuvuus vähenee kansantaloudessa, mikä puolestaan näkyy lineaarisuusasteen laskuna (esim. Korte & Oberhofer 1970). Tämä perustuu siihen, että kaikki diagonaalin yläpuolelle jäävät toimialojen väliset transaktiot ovat maksimoitua suuntaa vastaan kulkevia kytkentöjä. Tarkasti ajatellen tällöin täytyy olla kysymys loppujen lopuksi teknologisesta muutoksesta, josta muuttuvahintainen virtamatriisi ei vielä kerro mitään.

Taulukon 3. perusteella voidaan tehdä päätelmiä panosvirtojen samanlaisuudesta eri vuosien välillä. Taulukon kaksi alinta riviä ovat hyvin loogisia. Vuosien 1980 ja 1985 panosvirrat indikoivat hyvin samanlaista toimialahierarkiaa korrelaatiokertoimen perusteella. Vuonna 1970 panosvirrat muistuttivat hiukan enemmän vuoden 1980 panosvirtoja kuin vuoden 1985 panosvirtoja. Sen sijaan vuoden 1959 virtamatriisin

korrelaatiot ovat hiukan erikoisia ainakin kahdesta syystä. Ensinnäkin vuosien 1970 ja 1959 optimiratkaisujen korrelaatio on alhaisempi kuin vuosien 1980 ja 1959 korrelaatio, toiseksi viimeksimainittu korrelaatio on korkeampi kuin vuosien 1970 ja 1980 välinen korrelaatio. Eräs mahdollinen selitys tälle omituisuudelle on se, että vuoden 1959 panos-tuotostaulu on laadittu hieman eri tilastollisin perustein kuin muut taulut (ks. Ahde 1990), eikä aineisto siis kaikin osin olisi vertailukelpoista. On kuitenkin edelleen korostettava, että tulos on mahdollinen, koska kysymys tässä on toimialojen välisistä panosvirroista mahdollisine hintasuhteiden muutoksineen – eikä vielä suoranaisesti kansantalouden rakenteesta. Kuten jäljempänä osoittautuukin, siirryttäessä kerrointarkasteluun tämä omituisuus osittain eliminoiduu. Saattaa myös olla, että tilastointitavan muutos vaikuttaa ennen kaikkea joihinkin yksittäisiin toimialoihin, koska edellä tarkasteltu tuotantoketjujen käyttäytyminen oli erittäin loogista.

5.1.2 Panoskerroinmatriisien kolmiomatriisiesitys

Muuttuvahintaisen panoskerroinmatriisin sarakkeet kertovat rivin toimialalta ostetun panoksen osuuden sarakkeen toimialan tuotannossa ao. vuoden hinnoin. Elementit voidaan edelleen tulkita painotetuiksi marginaalisiksi tuotossuhteiksi yhtälön 4.3 mukaisesti. Tällöin voidaan puhua myös kansantalouden sisäisen rakenteen vertaamisesta, kun hintakehitykseen ei kiinnitetä huomiota.

Vastaavasti kuten taulukossa 1. esitetään taulukossa 4. toimialojen hierarkia trianguloitujen muuttuvahintaisten panoskerroinmatriisien perusteella.

Jos taulukon 4. sarakkeet olisivat täsmälleen samanlaiset, olisi se tulkittava merkiksi siitä, että panoskerroimet ovat vakioita arvosuureina. Voidaan heti nähdä, että näin ei ole asianlaita. Taulukkoa 4. vastaavat lineaarisuusasteet on esitetty taulukossa 5.

Verrattuna taulukon 2. lineaarisuusasteisiin on vaihteluväli taulukossa 5. huomattavasti pienempi, vaikka edelleenkin mitään lineaarisuusasteen trendiä ei voida sanoa olevan näkyvissä. Taulukon 4. sarakkeiden väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 4. Toimialojen hierarkia muuttuvahintaisen matriisin A perusteella.
Table 4. *Optimally ordered current price input coefficient matrices A.*

No.	Toimiala – Sector	Järjestysnumero – Ordering number			
		1959	1970	1980	1985
1	Maatalous – Agriculture	16	7	8	3
2	Metsätalous – Forestry	15	20	12	11
3	Kaivannaistoiminta – Mining	12	13	16	16
4	Kulutustavarat – Consumer goods	13	6	7	2
5	Puuteollisuus – Wood industry	14	9	11	10
6	Paperiteollisuus – Pulp & paper	4	16	10	9
7	Graafinen teollisuus – Printing and publishing	2	15	9	4
8	Kemikaalien valmistus – Chemicals	17	10	13	12
9	Maaöljyn jalostus – Petroleum refining	3	21	21	21
10	Kumi- ja muovit. – Rubber & plastics	1	2	2	1
11	Savi-,lasi-,kivi-,muu – Earthenware, glas, stone, others	8	8	5	8
12	Metallien valmistus – Metal industry	11	12	15	15
13	Konepajateollisuus – Engineering	10	11	14	13
14	Sähkötekniset tuotteet – Electrical appliances	7	5	6	14
15	Kulkuneuvot – Vehicles	9	1	1	7
16	Energia ja vesi – Energy, water	18	19	20	18
17	Rakennustoiminta – Construction	6	4	4	6
18	Kauppa – Trade and commerce	20	14	17	17
19	Kuljetus – Transportation	19	17	18	19
20	Tietoliikenne – Communication	5	3	3	5
21	Palvelukset – Services	21	18	19	20

Taulukko 5. Lineaarisuusasteet muuttuvahintaisille matriiseille A(π^*).
Table 5. *Degrees of linearity for current price input coefficient matrices A(π^*).*

	1959	1970	1980	1985
$\lambda(\pi^*)$	0,83806	0,78662	0,80392	0,81313

Taulukko 6. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet muuttuvahintaisille matriiseille A(π^*).
Table 6. *Spearman's rank correlation coefficients for current price A(π^*).*

	1970	1980	1985
1959	0,35325	0,55065	0,47792
1970		0,87013	0,70519
1980			0,86753

Voidaan todeta, että vaikka vuoden 1959 korrelaatiokerroin myös tässä heittelehtii, on se kuitenkin koko ajan alhaisempi kuin vuoden 1970 kertoimet vuosien 1980 ja 1985 kanssa.

Tarkastelemalla edelleen kiinteähintaisille panoskerroinmatriiseille etsittyjä optimiratkaisuja voidaan tarkastella Leontiefin tuotantofunktioiden muutosta eli teknologista muutosta. Jos teknologia olisi tutkimusperiodilla pysynyt samanlaisena, pitäisi sen näkyä triangulaatoratkaisujen identtisyytenä. On huomattava, että tässä tutkitaan tuotantofunktioita vain välituotteiden käytön osalta – esimerkiksi työn ja pääoman analyysi ei sisälly tarkasteluun. Kiinteähintaisten panoskerroinmatriisien optimiratkaisut ovat taulukossa 7. Perusvuotena on ollut vuosi 1980.

Taulukko 7. Toimialojen hierarkia kiinteähintaisen (vuoden 1980 hinnat) matriisin A perusteella.
Table 7. Optimal ordering of fixed price (1980 prices) input coefficient matrices A.

No.	Toimiala – Sector	Järjestysnumero – Ordering number			
		1959	1970	1980	1985
1	Maatalous – Agriculture	13	3	8	2
2	Metsätalous – Forestry	21	19	12	10
3	Kaivannaistoiminta – Mining	11	10	16	15
4	Kulutustavarat – Consumer goods	12	2	7	1
5	Puuteollisuus – Wood industry	16	11	11	9
6	Paperiteollisuus – Pulp & paper	4	16	10	5
7	Graafinen teollisuus – Printing and publishing	2	15	9	4
8	Kemikaalien valmistus – Chemicals	14	12	13	12
9	Maaöljyn jalostus – Petroleum refining	3	21	21	21
10	Kumi- ja muovit. – Rubber & plastics	1	13	2	3
11	Savi-, lasi-, kivi-, muu – Earthenware, glas, stone, others	8	7	5	7
12	Metallien valmistus – Metal industry	10	9	15	14
13	Konepajateollisuus – Engineering	9	8	14	13
14	Sähkötekniset tuotteet – Electrical appliances	5	6	6	11
15	Kulkuneuvot – Vehicles	18	1	1	8
16	Energia ja vesi – Energy, water	15	20	20	20
17	Rakennustoiminta – Construction	7	4	4	6
18	Kauppa – Trade and commerce	19	14	17	16
19	Kuljetus – Transportation	17	17	18	18
20	Tietoliikenne – Communication	6	4	3	17
21	Palvelukset – Services	20	18	19	19

Jos yhdensuuntainen toimialojen välinen riippuvuus olisi kansantaloudessa vähentynyt tutkimusperiodilla kotimaisten panosten käytön vuoksi, pitäisi taulukkoa 7. vastaavien lineaarisuusasteiden osoittaa laskevaa trendiä. Nämä lineaarisuusasteet on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Lineaarisuusasteet kiinteähintaisille matriiseille $A(\pi^*)$.

Table 8. Degrees of linearity for fixed price $A(\pi^)$.*

	1959	1970	1980	1985
$\lambda(\pi^*)$	0,84406	0,79837	0,80392	0,79841

Voitaneen päätellä taulukon 8. perusteella, että koska vuoden 1985 lineaarisuusaste on selvästi pienempi kuin vuoden 1959, ainakin näiden kahden vuoden välillä yhdensuuntainen riippuvuus on vähentynyt. Tämä siis viittaisi siihen, että kansantalous olisi siten panoskäyttöään ja -kierroltaan tullut entistä monimutkaisemmaksi.

Jos panoskertoimet olisivat pysyneet volyymisuureina yhtäsuurina, olisivat taulukon 7. sarakkeet siis identtisiä ja korrelaatiokertoimet taulukossa 9. olisivat ykkösiä. Kuten edellä arvosuureisten panoskertoimien kanssa ei myöskään volyymisuureisten panoskertoimien kohdalla tietenkään vakavissaan näin odoteta käyvän, mutta mielenkiinto kohdistuu tässä siihen, kuinka paljon hierarkiat nyt eroavat eli kuinka paljon Leontiefin tuotantofunktion on tulkittava muuttuneen. Toisaalta on kysymys yksinkertaisesti kotimaisen panoskysynnän volyymisuhteiden muutoksesta.

Taulukko 9. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet kiinteähintaisille matriiseille $A(\pi^*)$.

Table 9. Spearman's rank correlation coefficients for fixed price matrices $A(\pi^)$.*

	1970	1980	1985
1959	0,11039	0,35714	0,29091
1970		0,72857	0,51039
1980			0,73117

Verrattaessa taulukon 9. korrelaatiomatriisia taulukon 6. kertoimiin voidaan havaita edellisen taulukon kertoimien olevan kautta linjan matalampia. Tämä ilmiö viittaisi siihen, että (näin tulkittu) teknologia muuttuu nopeammin kuin arvosuureiset panoskertoimet antavat aiheen olettaa. Vielä lienee paikallaan korostaa, että tutkimuksen kohteena on vain välituotetuotanto kotimaisten panosten osalta; siten tuonti ja työpanos sekä pääomapanos jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

Vuonna 1959 (massa- ja) paperiteollisuus näyttää edustaneen kansantaloudessa suhteellisen pitkälle teknistynyttä toimialaa. Se sijaitsee hierarkian kärjen tuntumassa implikoiden merkittäviä taaksekytkentöjä verrattuna kansantalouden muiden toimialojen taaksekytkentöihin. Puuteollisuus sijaitsee selvästi hierarkian puolivälin alapuolella, minkä syynä on sahateollisuuden tuloinen alhainen teknologinen taso. Raakapuupanoksen ostot metsätaloudelta pitävät toimialan sijainnin kuitenkin metsätalouden edellä, toisaalta puuteollisuus tuottaa panoksia rakennustoiminnalle eteenkytkentöinään. Vuonna 1959 metsätalous edustaa hierarkian pohjalla tyypillisesti puhdasta luonnonvarasektoria, joka miltei pelkällä työpanoksella tuottaa materiaa kansantalouden kiertoprosessiin.

Vuonna 1970 tilanne on alkanut jo merkittävästi muuttua. Massa- ja paperiteollisuuden taaksekytkentöjen suhteellinen merkitys kansantaloudessa on vähentynyt huomattavasti vuodesta 1959. Tämä on erikoinen tulos, koska 1960-luvulla massa- ja paperiteollisuuden kasvuvauhti oli kansantalouden kasvuvauhtia selvästi nopeampaa ja se kasvatti osuuttaan markkinahintaisesta bruttokansantuotteesta vuosikymmenen loppuun mennessä yli 50 % verrattuna 1950-luvun puolivälin tasoon. Tulos on kuitenkin samansuuntainen aikaisemmin eri menetelmillä saatujen kanssa (vrt. Haltia & Simula 1988, 263) ja on pääteltävä massa- ja paperiteollisuuden investointien olleen tuolloin enemmän skaalaa kuin intensiteettiä lisääviä (vrt. Katila 1988).

Puunkorjuun teknistyminen näkyy metsätalouden nousuna hierarkiassa vuonna 1970. Maaöljyn jalostus on vallannut metsätalouden paikan hierarkian pohjalla; öljyn jalostuksen ylivoimaisesti suurin panos on tuonti ja se tuottaa panoksia useille toimialoille.

Vuodesta 1965 vuoteen 1979 metsäteollisuuden investoinnit seitsemän vuoden liukuvana keskiarvona kasvoivat 17,4 %:sta 23 %:iin koko teollisuuden investoinneista. Seurauksena ollut pääomavaltaisuuden kasvu metsäteollisuudessa tukee tulosta, jonka mukaan massa- ja paperiteollisuuden asema hierarkiassa nousi jälleen vuonna 1980. Merkillepantavaa vuoden 1980 ja 1985 osalta on metsätalouden ja -teollisuuden keskittyminen selvästi omaksi ryhmäkseen, joka sijaitsee hierarkian keskellä. Tämä metsäryhmä ei siis ole eriytynyt muusta kansantaloudesta – pikemminkin päinvastoin, kuten talukkojen 7 ja 7b perusteella voitiin todeta – mutta koko kansantalouden integraatiokehityksen ohella metsätoimialat ovat integroituneet entistä kiinteämmin myös toisiinsa. Tähän on ollut syynä lisääntynyt prosessienergian käyttö ja raaka-aineen kierrätys metsäteollisuustoimialojen välillä. Lisäksi korjuun koneellistuminen on korostanut metsätalouden erkaantumista maataloudesta ja tehnyt siitä entistä enemmän taaksekytkentöjä omaavan toimialan – metsätalous on jatkuvasti siirtynyt hierarkiassa ylöspäin. Samaan aikaan yhä suurempi osa metsätalouden tuotannosta on eteenpäinkytkentöinä kohdistunut metsäteollisuuteen.

Toinen huomiota ansaitseva tuotantoketju on ketju kaivannaistoiminta – metallien valmistus – konepajateollisuus (metalliryhmä) ja tämän ketjun sijoittuminen hierarkiassa

suhteessa metsätalouteen ja -teollisuuteen sekä sähkötekniisten tuotteiden valmistukseen. Vuosien 1959 ja 1970 optimiratkaisuissa metalliryhmä on täysin koossa ja sähkötekniisten tuotteiden valmistus sijaitsee hierarkiassa ryhmää korkeammalla. Vielä vuonna 1959 massa- ja paperiteollisuus sijaitsi hierarkiassa ryhmän edellä heijastaen sitä tosiasiaa, että tuolloin konepajateollisuuden kokonaistuotannosta välittömästi ja välillisesti lähes 70 % koostui metsätalouden ja -teollisuuden kytkennöistä (vrt. Haltia & Simula 1988, 264). Koska vuoteen 1970 mennessä metalliryhmä kokonaisuudessaan oli ohittanut metsäryhmän, voidaan tapahtunutta tulkita niin, että huolimatta metsäteollisuuden mainitusta suhteellisen nopeasta kasvusta 1960-luvulla metalliryhmän intensiteetti kasvoi huomattavasti nopeammin. 1970-luvulla investoinnit lisäsivät pääomavaltaisuutta metsäteollisuudessa, kun metalliryhmässä tuontipanosten suuruus pienensi metalliryhmän taaksepäinkytkentää verrattuna metsäteollisuuteen. 1980-luvulle tultaessa konepajateollisuuden tärkeiksi tuotteiksi massa- ja paperikoneiden lisäksi muodostui puunkorjuukoneet. Näin vuoden 1980 kohdalla myös metsätalous ohitti hierarkiassa metalliryhmän.

Vuonna 1980 metallien valmistuksen ja konepajateollisuuden väliin hierarkiassa kiilautui sähkötekniisten tuotteiden valmistus. Tämä kertoo sähkötekniisten komponenttien lisääntymisestä konepajatuotannossa, mikä on havaittavissa myös paperikoneiden ja puunkorjuukoneiden kohdalla.

Voidaan tehdä johtopäätös, että vuonna 1985 oli paperi- ja massateollisuus taaksekyyt-kennöiltään suhteellisesti tärkeämmässä asemassa kansantaloudessa kuin kertaakaan vuoden 1959 jälkeen. Siten massa- ja paperiteollisuuden vientimenestys heijastuu koko kansantalouteen entistä tehokkaammin. Massa- ja paperiteollisuuden asemaa korostaa lisäksi metsätalouden ja metsäteollisuuden keskinäisten transaktioiden kiinteytyminen, mihin liittyy metsätalouden – ja siten myös harvennushakkuiden – strategisen aseman nousu tuotannon taaksekyytöntöjen voimistumisen vuoksi.

5.1.3 Leontiefin käänteismatriisin kolmiomatriisiesitys

Leontiefin käänteismatriisi on panoskerroinmatriisin funktio. Kuten yhtälö 3.5 kertoo, sen tulkinta on kuitenkin huomattavan erilainen. Kun panoskerroinmatriisin tapauksessa tarkastelun kohteena olivat (painotetut) marginaaliset tuotossuhteet, on nyt kyse marginaalisista tuotos – lopputuotekysyntäsuhteista. Mitä suurempi Leontiefin käänteismatriisin elementti on, sitä voimakkaammin rivin toimiala reagoi sarakkeen toimialan lopputuotekysynnän muutokseen. Seuraavassa taulukossa 10. esitetään muuttuva- ja kiinteähintaisten Leontiefin käänteismatriisien triangulaattoriratkaisut.

Taulukko 10. Toimialojen hierarkia kiinteähintaisten (K) (vuoden 1980 hinnat) ja muuttuvahintaisten (M) Leontiefin käänteismatriisien perusteella.
Table 10. Optimal orderings of fixed price (K) (1980 prices) and current price (M) Leontief's inverse matrices.

No.	Toimiala – Sector	Järjestysnumero – Ordering number						
		1959		1970		1980	1985	
		M	K	M	K	M=K	M	K
1	Maatalous – Agriculture	18	18	8	4	4	4	4
2	Metsätalous – Forestry	17	17	20	20	20	19	15
3	Kaivannaistoiminta – Mining	13	13	15	10	15	15	14
4	Kulutustavarat – Consumer goods	7	3	7	3	3	3	3
5	Puuteollisuus – Wood industry	16	16	12	16	11	10	9
6	Paperiteollisuus – Pulp & paper	9	9	11	15	10	9	8
7	Graafinen teollisuus – Printing and publishing	1	2	10	14	9	5	7
8	Kemikaalien valmistus – Chemicals	14	14	9	11	12	12	10
9	Maaöljyn jalostus – Petroleum refining	8	8	21	21	21	21	21
10	Kumi- ja muovit – Rubber & plastics	2	1	6	12	2	2	2
11	Savi-, lasi-, kivi-, muu – Earthenware, glas, stone, others	6	6	5	7	7	8	6
12	Metallien valmistus – Metal industry	12	12	14	9	14	14	13
13	Konepajateollisuus – Engineering	11	11	13	8	13	13	11
14	Sähkötekniset tuotteet – Electrical appliances	5	7	4	2	8	11	12
15	Kulkuneuvot – Vehicles	10	10	1	1	1	1	1
16	Energia ja vesi – Energy, water	15	15	19	19	19	17	20
17	Rakennustoiminta – Construction	4	5	3	6	6	7	5
18	Kauppa – Trade and commerce	20	20	16	13	16	16	16
19	Kuljetus – Transportation	19	19	17	17	17	18	18
20	Tietoliikenne – Communication	3	4	2	5	5	6	17
21	Palvelukset – Services	21	21	18	18	18	20	19

Lähes koko periodilla hierarkian pohjalla ovat sellaiset toimialat kuin maaöljyn jalostus (lukuunottamatta vuotta 1959), energia ja vesi, metsätalous sekä yksityiset palvelut, jotka kaikki ovat siis säilyttäneet luonteensa olemalla muiden toimialojen lopputuotekysynnästä suhteellisen riippuvaisia. Sen sijaan maatalouden kohdalla on havaittavissa selvä nousu hierarkiassa sen ollessa ilmeisesti yhä tiiviimmin integroitunut kulutustavaraiteollisuuteen ja yksityiseen kulutukseen. Päinvastaista kehitystä on havaittavissa sähkötekniisten tuotteiden kohdalla, jotka ovat pudonneet hierarkiassa. Selityksenä voi olla toimialan lisääntynyt komponenttien myynti muille toimialoille.

Taulukko 11. Lineaarisuusasteet Leontiefin käänteismatriiseille. (M=muuttuvahintainen, K=kiinteähintainen)

Table 11. Degrees of linearity for optimally ordered Leontief's inverses. (M= current price, K=fixed price)

	1959	1970	1980	1985
$\lambda(\pi^*)$ M	0,83608	0,76822	0,78272	0,79780
$\lambda(\pi^*)$ K	0,84248	0,78330	0,78272	0,79259

Taulukon 11. perusteella voidaan päätellä, että kun Leontiefin käänteismatriisiin sisältyvät toimialojen keskeiset välilliset kytkennät otetaan lukuun, on kansantaloudessa entistä selvemmin tapahtunut riippuvuusrakenteen monimutkaistumista.

Taulukko 12. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet Leontiefin käänteismatriiseille (M=muuttuvahintainen, K=kiinteähintainen).

Table 12. Spearman's rank correlation coefficients for optimally ordered Leontief's inverses (M=current price, K=fixed price).

	1970	1980	1985
		<u>M</u>	
1959	0,63506	0,58442	0,60130
1970		0,93636	0,87662
1980			0,97403
		<u>K</u>	
1959	0,41688	0,61299	0,49091
1970		0,80779	0,62857
1980			0,86234

Toisaalta verratessa kiinteähintaisten optimiratkaisujen korrelaatiomatriisia muuttuvahintaisten korrelaatiomatriisiin (taulukko 12.) on havaittavissa jälleen sama ilmiö kuin kiinteä- ja muuttuvahintaisten panoskerroinmatriisien ratkaisujen välillä: kiinteähintaisten ratkaisujen korrelaatiot ovat pienempiä kuin muuttuvahintaisten.

5.2 Harvennushakkuista 1980-luvulla

Perusongelmaksi harvennushakkuiden kansantaloudellisten vaikutusten analyysissä osoittautui harvennuskvantiteeteista saatavilla oleva puutteellinen tieto. Ainoa määrätieto, joka harvennushakkuista säännöllisesti julkaistaan, on hakkuiden pinta-ala. Harvennushakkuupinta-alat ovat vuodesta 1980 alkaen kehittyneet seuraavasti (Metsätilastollinen vuosikirja):

vuosi	1980	-81	-82	-83	-84	-85	-86	-87	-88	-89 ^e
ha	140947	159042	172745	186942	230477	196651	192396	221833	247146	259170

^e = oma ennuste

Pinta-alaluvut käsittävät sekä valtion, teollisuusyhtiöiden että yksityisten ym. hakkuu-
alat. Näistä valtion ja teollisuusyhtiöiden hakkuualat ovat todellisia hakkuualoja, mutta
omistajaryhmän yksityiset ym. luvut sen sijaan käsittävät yksityismetsätalouden
edistämisyhteisöjen ammattimiesten kunakin vuonna suorittamat leimaukset – jotka ovat
n. 80% yksityismetsissä kaupallisia hakkuita varten suoritetuista leimauksista (esim.
Metsätalastollinen vuosikirja 1988, 111). Jos näitä lukuja haluaa käyttää todellisen
harvennushakkuupinta-alan määrittämiseen, on otettava huomioon ainakin kaksi seikkaa.
Ensinnäkin osa leimauksista johtaa kuitenkin hakkuuseen vasta myöhempinä vuosina.
Toiseksi osa leimauksista ei kypsy hakkuiksi koskaan.

Nähdään, että harvennushakkuupinta-alat ovat trendinomaisesti nousseet 1980-luvulla –
pinta-ala on kasvanut keskimäärin runsaat 7% vuodessa. Huomattavaa on, että nousu on
koostuu lähes täysin yksityismetsien (leimattujen) harvennushakkuupinta-alojen kasvusta.

Harvennushakkuumääristä ei ole käytettävissä julkaistavaa virallista tietoa. Tätä
tutkimusta varten saatiin Keskusmetsälautakunta Tapiolta (KML) leimaustilastot vuosilta
1982-84 sekä vuodelta 1989 harvennusmäärän arvioimista varten – välivuosilta tietoja
ei ollut käytettävissä. Näistä leimaustilastoista johdetut harvennusleimikoiden tiheydet
ovat seuraavat:

vuosi - year	1982	1983	1984	1989
m ³ /ha	42	44	45	43

Leimaustilastot käsittävät vain yksityismetsien hakkuut. Ko. leimikkotiheyksien oletettiin
kuitenkin pätevän myös valtion ja teollisuusyritysten metsissä arvioitaessa harven-
nushakkuista saatavia kokonaiskertymiä, jotka ovat taulukossa 15.

Taulukko 13. Harvennushakkuiden määrä.

Table 13. Thinning quantity

Vuosi - Year	1982	1983	1984	1989 ^e
Milj. m ³ - Mill. m ³	7,98	9,05	11,31	12,26
% kok. poist. <i>Share of total drain, %</i>	16,5	18,3	21,6	20,9

^e= oma ennuste - prediction

Taulukkoon 13. määrät on laskettu kertomalla harvennushakkuupinta-alat vastaavien
vuosien tiheyksillä ja lisäämällä näin saatuun määrään vielä 10 % ao. määrästä, koska
kokemuksen mukaan hakatut määrät ovat likimain tämän verran leimattuja määriä

suurempia. Näin laskettuna myös valtion ja teollisuusyritysten harvennushakkuukertymiin tuli lisätyksi mainitut 10 % – teollisuusyritysten ja valtion todelliset harvennushakkuupinta-alat ovat 1980-luvulla olleet runsaat 20% yksityismetsissä ammattimiesten tekemistä leimauksista.

Koska tuorein saatavissa oleva panos-tuotostaulu on vuodelta 1985, käytettiin vuodelle 1984 laskettua harvennushakkuumäärää (Taulukko 15.) jatkolaskelmissa vuoden 1985 määränä. Näin saatiin johdetuksi harvennushakkuuiden palkat ja toimintaylijäämä – joka käsittää lähinnä kantorahatulot ja hankintatyön arvon – sekä harvennushakkuista puuteollisuudelle ja massa- ja paperiteollisuudelle saatavan panoksen arvo.

Taulukko 14. Harvennushakkuista (hh) saatavat tulot ja metsäteollisuuden panokset vuonna 1985.
Table 14. Incomes and forest industry inputs provided by thinnings (th.) in 1985.

		Milj. mk - Mill. Fmk	
Tulot - Incomes			
Palkat	374		
<i>Wages and salaries</i>			
Toimintaylijäämä	1914		
<i>Operating surplus</i>			
Panokset - Inputs		% kokonaispanoksesta	
		<i>Share of total input, %</i>	
		hh	koko metsätalous
		th	whole forestry
Puuteollisuus	586	4,6	35,1
<i>Wood industry</i>			
Massa- ja paperiteollisuus	1327	3,4	11,5
<i>Pulp & paper industry</i>			

Arvosuureita laskettaessa käytettiin puutavaralajijakaumana Lillebergin & Raitasen (1989) tutkimuksen harvennussuohjelma 1:n puutavaralajijakaumaa: mäntytukki 12 %, kuusitukki 8 %, koivutukki 3 %, mäntykuitu 28 %, kuusikuitu 19 %, lehtikuitu 30 %; yhteensä 100 %.

Ko. tutkimus käsittää vain Etelä-Suomen alueen, joten puutavaralajijakaumaa voitaneen koko Suomea ajatellen pitää maksimaalisesti suurina järeyksiä painottavana.

Harvennushakkuiden palkkasumma laskettiin määrittämällä taksataulujen perusteella keskimääräiset hakkuu- ja lähikuljetustaksat, joista lähikuljetustaksaan oletettiin sisältyvän palkkakuluja 16 %. Harvennushakkuista aiheutuva toimintaylijäämä on laskettu kantohintojen perusteella. Vastaavasti harvennushakkuista puuteollisuudelle sekä massa- ja paperiteollisuudelle menevä tuotos on hinnoiteltu hankintahinnoilla – joten tuotos on ilmoitettu tienvarsihintaisena. Massa- ja paperiteollisuuden lisäksi harvennushakkuiden tuotosta menee lähinnä yksityiseen kulutukseen.

5.3 Harvennushakkuut ja kotitalouksien tulot

Tässä tutkimuksessa kotitalouksien tulot koostuvat palkoista sekä lisäksi maa- ja metsätaloudessa, kalastuksessa, asuntojen hallinnassa ja vuokrauksessa toimintaylijäämästä. Koko metsätalouden palkat (2 237 milj. mk) olivat vuonna 1985 n. 2,1 % yrittäjätönnön palkoista. Metsätalouden merkitys korostuu, jos kotitalouksien käytettävissä olevat tulot määritellään ottamalla toimintaylijäämät mukaan em. tavalla, sillä näin metsätalouden osuus nousee v. 1985 6,8 %:iin käytettävissä olevista tuloista. Vastaava harvennushakkuiden osuus on 1,7 % – harvennushakkuiden palkkojen ja toimintaylijäämän summa vuonna 1985 oli laskelmien mukaan 2 288 milj. mk.

Tehdyn laskelman mukaan harvennushakkuista saatava kokonaistulo – joka on siis palkkojen ja toimintaylijäämän summa – oli keskimäärin noin 75 % "harvennushakkuutoimialan" kokonaistuotoksesta. Loput kustannuserät koostuvat lähinnä muista korjuukustannuksista (mm. poltto- ja voiteluaineet), kiinteän pääoman kulumisesta, kaupankäyntikuluista sekä työnantajan sosiaalivakuutusmaksuista. Siten miljoonan markan harvennushakkuu tuottaa n. 750 000 mk kotitalouksille käytettäväksi tuloksi. Koko metsätaloudessa tämä ominaisuus on vain prosentin verran korkeampi, joka viitaisi siihen, että päätehakkuiden suhteellisesti korkeampi kantorahasaanto nostaa päätehakkuissa tulojen suhteellisen osuuden vähän 75 %:n yläpuolelle.

Primaalimallilla (i) analysoitiin optimaalisten kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen muutosta koko kansantaloudessa hakkuiden määrän lisääntyessä siten, että harvennushakkuiden ja päätehakkuiden määrien keskinäinen suhde saa vapaasti sopeutua resurssirajoituksen puitteissa. Tätä menetelmää käytettiin, koska ensinnäkin osoittautui, että harvennus- ja päätehakkuiden suhde varioi optimiratkaisuissa pienen marginaalin sisällä. Toiseksi toisenlainen rajoitusjärjestely olisi vain monimutkaistanut analyysiä tuomatta välttämättä kovinkaan paljon uutta informaatiota. Tulosten tiivistelmä on taulukossa 15.

Taulukko 15. Tulojen muutos ja varjohinnat (vh) optimiratkaisuissa resurssirajoituksen vaihdella – suluissa suhteellinen kokonaismuutos verrattuna alkuperäiseen tasoon.

Table 15. Changes in incomes and shadow prices in optimal solutions (household incomes are maximized) when cutting resource constraint is relaxed - relative change compared to original level is bracketed.

Res.raj. muutos (%) <i>Change in cuttings, %</i>	4,2(4,2)	8,0(12,5)	7,4(20,8)	6,9(29,2)
Resurssin vh <i>shadow price of cutting resource</i>	0,6740	0,6740	0,6740	0,5313
Vaihtotaseraj. vh <i>shadow price of deficit in balance of current account</i>	0,1958	0,1958	0,1958	4,3679
Tulojen muutos (%) <i>Change in incomes, %</i>	0,3(0,3)	0,5(0,8)	0,5(1,4)	0,5(1,9)

Taulukossa 15. resurssirajoitetta on kasvatettu kunnes se lopulta on 29,2 % suurempi kuin vuoden 1985 toteutunut puunkäytön arvo. Tämän suurimman muutoksen käyttöarvon kannalta lienee oleellinen tieto, että vuonna 1985 poistumasuunnite oli 23,9 % suurempi kuin kokonaispoistuma – siten suurelta vaikuttava resurssin hyödyntämisen kasvu on ainakin biologisesti mahdollisuuksien rajoissa. Olennaista taulukon tulkinnan kannalta on siis vielä, että resurssirajoitteen suhteellinen kasvu on myös harvennushakkuiden suhteellista kasvua – koska pääte- ja harvennushakkuiden määrien keskinäinen suhde pysyy vakiona – mutta tulojen suhteellinen muutos sisältää myös päätehakkuiden kasvun vaikutuksen tulojen kasvuun.

Taulukosta nähdään ensinnäkin, että laajimmassa hakkuiden kasvattamistapauksessa (29,2 %) kotitalouksien käytettävissä olevat lisääntyvät tulot 1,9 %. Tämä tarkoittaa noin 2,3 mrd markan kasvua käytettävissä oleviin tuloihin. Resurssin varjohinta pysyy kolmen ensimmäisen tapauksen kohdalla vakiona kertoen, että esimerkiksi miljoonan markan lisäys hakkuissa lisää käytettävissä olevia tuloja 674 000 mk koko kansantaloudessa. Hakkuiden kasvaessa edelleen resurssin varjohinta laskee ja vaihtotaserajoituksen varjohinta nousee nopeasti. Tämä voidaan tulkita merkiksi jonkinlaisen saturatiopisteen – jossa lisähakkuista saatava hyöty vähenee – lähestymisestä, kun vaihtotaseen vajetta ei haluta kasvattaa. Hakkuiden kasvaessa metsäteollisuuden tuotanto ja siten myös tuonti metsäteollisuudessa ja sille panoksia tarjoavilla toimialoilla kasvavat aiheuttaen vaihtotasepainetta. Voidaan kuitenkin päätellä, että hakkuupotentiaalın hyödyntämisen kasvaessa tuonti alkaa lisääntyä vasta suurella hakkuiden kasvattamisella siten, että vaihtotaserajoituksesta muodostuu (varjohinnoin arvioituna) merkittävämpi rajoite kotitalouksien tulojen kasvuun kuin itse resurssirajoituksesta.

Taulukon 15. asetelmaa verrattiin primaalimallin (i) modifikaatiolla tilanteeseen, jossa harvennushakkuista ei tehdä ollenkaan, mutta harvennushakkuista saatavaa puumäärää vastaava määrä tuodaan tämän kasvattaessa siten metsäteollisuuden tuontipanoksen osuutta. Tällaisen ongelmanasettelun taustalla on ajatus, että metsäteollisuuden ei voida sanoa toistaiseksi millään tehdaspaikkakunnalla syntyneen nimenomaan harvennushakkuista saatavan raaka-aineen varaan, vaan harvennushakkuut vastaavat omalla osuudellaan (v. 1989 20,9 % kokonaispoistumasta) teollisuuden puuhuollosta. Toisaalta ollaan tilanteessa, jossa puuraaka-aineen tuonti on kasvamassa voimakkaasti – puuntuonti kasvoi 1980-luvulla keskimäärin noin 4-5 % vuodessa ja kasvun ennustetaan jatkuvan. Yhä suurempi osa puun tuonnista on ollut lehtikuitupuuta – vuonna 1987 sen osuus oli 57 % ja havukuitupuun 32 % . Toisaalta harvennushakkuista Etelä-Suomessa saatavan lehtikuitupuun osuus on 33 % ja havukuitupuun 47 % (Raitanen & Lilleberg 1989). Siten lienee realistista olettaa, että harvennushakkuista saatava puu ja tuontipuut ovat ainakin osittain substituutteja (joiden keskinäisessä edullisuusvertailussa eräs avaintekijä saattaa olla harvennuspuiden korjuukustannukset). Tilanne, jossa koko harvennushakkuista saatava puumäärä tuodaan, edustaa äärimmäistä substituutiotilannetta, jossa kaikki harvennushakkuut on korvattu tuontipuulla. Tässä ääritilanteessa oletetaan metsäteollisuuden siis jatkavan ilman kapasiteetin pienentämistä. Analyysin tulokset koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16. Tulojen muutos ja varjohinnat (vh), kun raakapuun tuonti kasvaa harvennushakkuista saatavan puumäärän verran eikä harvennushakkuista tehdä lainkaan – suluisuissa suhteellinen kokonaisuusmuutos verrattuna alkuperäiseen tasoon.

Table 16. Changes in incomes and shadow prices when thinnings are wholly substituted by increasing roundwood import - relative changes compared to original level are bracketed.

Res.raj. muutos (%) <i>Change in cuttings, %</i>	1,1(1,1)	1,1(2,2)	2,2(4,5)	2,1(6,7)
Resurssin vh <i>Shadow price of cutting constraint</i>	0,2688	0,2688	0	0
Vaihtotaseraj. vh <i>Shadow price of deficit in balance of current account</i>	4,7858	4,7858	4,7858	7,3387
Tulojen muutos (%) <i>Change in incomes, %</i>	0,02(0,02)	0,02(0,05)	0	0

Taulukossa 16. resurssirajoitteen kasvu on nyt siis päätehakkuiden kasvua ja harvennushakkuut rasittavat tuontina vaihtotasetta. Ensinnäkin taulukon 15. resurssin käytön ns. alkuperäisen (vuoden 1985) tason tilanteeseen verrattuna vaihtotaseen vaje kasvoi nyt 5,4 miljardia markkaa. Toiseksi kotitalouksien käytettävissä olevat tulot laskivat 4.5 miljardia markkaa, joka suhteellisesti tarkoittaa n. 3,4 %:n pudotusta. Kun harven-

nushakkuista kantorahatuloina ja palkkoina saatavat tuot olivat 2 288 miljoonaa markkaa vuonna 1985, voidaan päätellä harvennushakkuiden välillisen tulovaikutuksen olevan siten näin laskettuna noin kaksinkertaisen.

Taulukosta 16. nähdään, että resurssin varjohinta on jo pienillä muutoksilla alhaisempi kuin taulukossa 15. ja resurssirajoitteen kasvaessa 4,5 % alkuperäisestä varjohinta muuttuu nolaksi eikä resurssin lisäkäyttömahdollisuudet kasvata optimiratkaisuissa kotitalouksien käytettävissä olevia tuloja. Tämä johtuu vaihtotaserajoituksen korkeasta varjohinnasta – metsäteollisuuden harvennuspuulla kasvatettu tuontiosuus tekee metsäteollisuudesta niin tuonti-intensiivisen, että vaihtotaserajoituksen voimassa ollessa resurssia ei kannata käyttää lisää. Resurssin käyttömahdollisuuksien edelleen kasvaessa vaihtotaserajoituksen varjohinta nousee entisestään, vaikka se oli jo alunperinkin korkeampi kuin taulukossa 15. edes suurimmalla resurssin käytön laajenuksella.

Tulosten perusteella voidaan päätellä tuontipuun voimakkaan kasvun romuttavan metsätalouden ja -teollisuuden strategista asemaa kansantaloudessa, jossa tavoitteena on kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen maksimointi vaihtotasevajeen toimiessa rajoitteena, jos tuontipuuta korvaa esimerkiksi harvennushakkuista saatavaa puuta. Siten harvennushakkuilla voidaan katsoa olevan suuri strateginen merkitys metsäteollisuuden kansantaloudellisen aseman kannalta.

5.4 Harvennushakkuut ja vaihtotase

Metsäteollisuuden valuutanansaintakykykerroin laskettiin kappaleessa 3.4.2 määritellyllä tavalla laskemalla kaikille toimialoille ensin nettovienti vähentämällä viennistä viennin vaatima välitön ja välillinen tuonti, ja laskemalla sitten metsäteollisuuden osuus kokonaisnettoviennistä. Kuten taulukosta 17. nähdään, metsäteollisuuden merkitys valuuttatulojen ansaitsijana on ollut laskusuuntainen (vrt. Ahde 1990, 96).

Taulukko 17. Metsäteollisuuden osuus kokonaisnettoviennistä (%).

Table 17. Forest industry's share of total net export, %.

	1959*	1970	1980	1985
Puuteollisuus <i>Wood industry</i>	20,2	13,0	13,4	6,8
Massa- ja paperiteollisuus <i>Pulp & paper industry</i>	37,8	33,1	25,3	25,7
Yht. - Total	57,9	46,1	38,7	32,5

* Ahde 1990, 96

Mikä sitten on harvennushakkuiden relaatio nettovientiin? Harvennushakkuiden merkitystä nettovientitulojen kannalta taulukon 17. näkökulmasta on vaikea määrittää, koska tuskin voidaan nimetä sellaista metsäteollisuutta, joka toimisi pelkästään tai ratkaisevasti harvennushakkuiden varassa. Jos kysymykseen halutaan kuitenkin antaa jollakin tavalla valaiseva vastaus, voisi ajatuksen logiikka olla seuraava. Koska Suomessa tuskin olisi metsäteollisuutta ilman metsiä, harvennushakkuiden "maksimaalinen" merkitys metsäteollisuudelle on niiden osuus teollisuuden puuhuollosta. Puuteollisuudessa harvennushakkuut vastasivat vuonna 1985 13,1%:sta metsätalouden kokonaispanoksesta. Vastaava luku massa- ja paperiteollisuudelle oli 29,6 %. Siten voitaisiin ajatella, että v. 1985 "harvennushakkuuperusteinen" puuteollisuus tuotti $0,131 \cdot 6,8 \% = 0,9 \%$ ja vastaavasti "harvennushakkuuperusteinen" massa- ja paperiteollisuus $0,296 \cdot 25,7 \% = 7,6 \%$ kokonaisnettoviennistä. Näin laskettuna harvennushakkuiden merkitys nettovientille oli vuonna 1985 siis 8,5 %, joka tarkoittaa 6 346,2 miljoonan markan nettovientiä – on korostettava, että tällaisen laskelman antama vastaus on eräänlainen teoreettinen maksimi.

Metsäteollisuuden osuuden laskeva trendi nettovientituloissa johtuu paitsi muiden vientitoimialojen kasvusta (mm. kemianteollisuus, palvelut, metalliteollisuus; Ahde 1990) myös metsäteollisuuden oman viennin tuonti-intensiivisyyden kasvusta. Taulukossa 18. on laskettuna välittömän ja välillisen tuonnin osuudet metsäteollisuuden viennistä.

Taulukko 18. Välittömän ja välillisen tuonnin osuus (%) metsäteollisuuden viennistä.
Table 18. Share of direct and indirect import of forest industry's export, %.

	1959*	1970	1980	1985
Puuteollisuus <i>Wood industry</i>	4,7	7,8	9,7	11,0
Massa- ja paperi- teollisuus <i>Pulp & paper industry</i>	8,6	13,5	18,3	18,8
Koko metsäteollisuus <i>Whole forest industry</i>	7,3	12,0	15,5	17,3

* Ahde 1990

Voidaan siis päätellä, että sekä puuteollisuus että massa- ja paperiteollisuus ovat voineet yhä vähenevässä määrin ostaa vientituotannon tarvitsemia panoksia kotimaasta. Tämä on ollut seurausta pääasiassa siitä tosiasiasta, että metsäteollisuuden tuotantoteknologian muutos sitoo metsäteollisuutta välttämättä yhä kiinteämmin moniin tuonnista riippuvaisempiin toimialoihin kuten kemianteollisuuteen, öljynjalostukseen, konepajateollisuuteen ja elektroniikkateollisuuteen (Haltia & Simula 1988). Kuitenkin myös kasvanut tuonti-

puumäärä on osaltaan ollut vahvistamassa tätä kehitystä. Tästä näkökulmasta käyttämättä jäänyt harvennushakkuuresurssi voidaan nähdä potentiaalisena tuonti-intensiivisyyttä vähentävänä tekijänä, jonka merkitys saattaa entisestään korostua tuotantoteknologian muuttuessa markkinoiden vuoksi entistä enemmän tuonnista riippuvaksi – tai vaikkapa energian hinnan nousun myötä.

Primaalimallin (ii) duaalimallilla analysoitiin harvennushakkuiden merkitystä tilanteessa, jossa kansantalouden optimointitehtävänä on valuuttatulojen maksimointi. Resurssirajoitteen varjohintaa verrattiin tilanteissa, jossa harvennushakkuita tehdään normaalisti (= normaalitilanne) ja tilanteessa, jossa harvennushakkuita ei tehdä lainkaan, mutta harvennushakkuista saatavaa puumäärää vastaava määrä puuta tuodaan (= tuontitilanne) – joten metsäteollisuuden tuotanto muutu.

Tulokseksi saatiin, että normaalitilanteessa resurssin varjohinta on 1,4035. Tämä on tulkittavissa siten, että kasvatettaessa harvennus- ja päätehakkuita miljoonalla markalla valuuttatulot kasvavat 1 403 500 markkaa. Tuontitilanteessa resurssirajoitteen varjohinta nousi lukuun 1,8222 – eli miljoonan markan (pääte)hakkuiden lisäys aiheuttaa 1 822200 markan valuuttatulolisäyksen. Voidaan siis päätellä resurssirajoitteen olevan tuontitilanteen optimissa selvästi kalliimman kuin normaalitilanteen optimissa. Tuontitilanteessa kansantalouden tuonti-intensiivisyys on kasvanut ja resurssirajoite muodostuu suhteellisesti kalliimmaksi, koska rajoite tarjoaa edelleen kotimaisena hyödykkeenä mahdollisuuden valuuttatulojen kasvuun ilman tuonnin kasvua.

Varjohintojen perusteella voidaan päätellä edelleen, että kun normaalitilanteesta – jossa pääte- ja harvennushakkuita tehdään tietyssä suhteessa – siirrytään lopulta tuontitilanteeseen alkamalla vähentää harvennushakkuita ja lisäämällä vastaavalla määrällä samanaisesta puun tuontia, resurssin varjohinta kasvaa hiljalleen luvusta 1,4035 lukuun 1,8222. Näin ollen tuontitilanteessa resurssirajoite on $100 \cdot (1,8222/1,4035 - 1) \% = 29,8 \%$ niukempi kuin normaalitilanteessa. Siten normaalitilanteessa harvennushakkuiden vaikutuksesta valuuttatulojen optimikohta saavutetaan 29,8 % pienemmin (resurssi) kustannuksin kuin tuontitilanteessa.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Koko periodilla 1959-1985 kansantaloudesta oli selvästi erotettavissa ainakin kolme tuotantoketjuryhmää, joihin muut toimialat luonnollisesti enemmän tai vähemmän ovat kytkeytyneet: elintarvikeryhmä (maatalous, elintarviketeollisuus), metsäryhmä (metsätalous, puuteollisuus, paperiteollisuus) ja metalliryhmä (kaivannaistoiminta, metallien valmistus, konepajateollisuus). Lisäksi voitiin havaita sähköteknisten tuotteiden valmistuksen vuodesta 1980 alkaen selvästi kiinnittyneen metalliryhmään.

Tarkasteltaessa näiden ryhmien sijoittumista kansantalouden hierarkkisessa strukturissa panos- ja tuotosvirtojen perusteella, nähdään metalliryhmän sijoittuneen selvästi metsäryhmää korkeammalle vuosina 1959 ja 1970, mutta tilanteen kääntyneen päinvastaiseksi vuosina 1980 ja 1985. Tämä luonnollisesti merkitsee keskeistä muutosta tuotantorakenteessa.

Jos taulukon 7. kiinteähintaiset panoskertoimet tulkitaan teknologiseksi parametreiksi, voidaan tällä perusteella väittää ainakin paperiteollisuuden ja metsätalouden kohdalla nimenomaan teknisen kehityksen nostaneen näitä hierarkiassa vuodesta 1970 lähtien, kun samalla perusteella metalliryhmän toimialat ovat olleet laskusuunnassa. Siten em. fundamentaalinen muutos johtuisi juuri teknologisesta muutoksesta eikä esimerkiksi metalliryhmän välituotetuotoksen kasvusta.

Olennaista on, että muuttuvahintaisilla panoskertoimilla saadut eri vuosien optimitulokset ovat lähempänä toisiaan (niiden korrelaatio on korkeampi) kuin kiinteähintaisten optimitulokset. Tästä voidaan vetää ensinnäkin johtopäätös, että teknologia on muuttunut vuosien välillä – mikä ei liene yllättävää. Toiseksi teknologia on muuttunut siten, että mitä kauemmaksi ajassa mennään sitä vähemmän optimiratkaisut muistuttavat toisiaan. Kolmanneksi hintamuutokset vähentävät teknologisen muutoksen vaikutusta eli nämä vaikuttavat kokonaisuutena vastakkaisiin suuntiin. Neljänneksi, panossubstituutiota on siis tapahtunut juuri siten kuin neoklassinen tuotantoteoria sanoo: sitä panosta, jonka hinta nousee vähemmän, ostetaan enemmän, ja sitä panosta, jonka hinta nousee enemmän, ostetaan vähemmän. Tämä on välituotekäyttöä koskeva aggregaattitulokset, eikä pidä paikkaansa välttämättä kaikkien panosten kohdalla.

Verrattaessa kiinteähintaisista panoskerroinmatriiseista laskettuja lineaarisuusasteita voitiin havaita jälkimmäisten vuosien arvojen olevan vuotta 1959 pienempiä. Lineaarisuusaste ei kuitenkaan osoittanut selkeästi laskevaa trendiä, jollainen yleensä on totuttu yhdistämään kehittyvään kansantalouteen ainakin Keski-Euroopassa. Saattaa olla, että Suomen kansantaloudessa peruselementteinä jatkuvasti olleet tuotantoketjut (elintarvike-ryhmä, metsäryhmä, metalliryhmä) – joiden sisällä panoskierto on suhteellisen yhden-suuntaista – olennaisella tavalla muodostavat tässä mielessä Suomelle tyyppillisen ja muista erottavan piirteen.

Myös kiinteähintaisen Leontiefin käänteismatriisin optimiratkaisun kohdalla voitiin metsätalouden ja paperiteollisuuden kohdalla havaita selvää nousua hierarkiassa vuoden 1970 jälkeen. Tämä on tulkittava siten, että yhtä lopputuoteyksikköänsä kohden nämä toimialat tarvitsevat välittömästi ja välillisesti muilta toimialoilta yhä enemmän panoksia. Metalliryhmän toimialojen kohdalla tällaista kehitystä ei ole havaittavissa, vaan niiden asema pysyy hierarkiassa kohtuullisen stabiilina.

Harvennushakkuut sisältyvät tarkastelussa siis toimialan metsätalous alle. Näin ollen tehtäessä päätelmiä harvennushakkuista esitettyjen tulosten perusteella oletetaan "harvennushakkuutoimialalla" tapahtuneen keskimäärin samanlaista kehitystä kuin koko metsätaloudessa. Tämä ei liene kovin epärealistinen oletus, vaikka puunkorjuun koneistuminen harvennushakkuissa on ollutkin ilmeisesti hitaampaa kuin päätehakkuiden tapauksessa.

Kun voitiin todeta metsätalouden nousseen hierarkiassa vuoden 1959 jälkeen, voidaan näin ollen päätellä (sekä panoskerroin- että virtamatriisien perusteella) harvennushakkuiden näin laskettujen taaksekytkentöjen varsin yksiselitteisesti kasvaneen jatkuvasti. Tämä on ilmeisesti ollut seurausta korjuuteknologian kehityksestä mutta myös puunkasvatukseen ja metsänhoitoon käytettyjen panosten kasvusta. Toisaalta taulukon 10 perusteella voitiin nähdä, että nimenomaan välittömät taaksekytkennät ovat kasvaneet (muihin toimialoihin verrattuna) – koska metsätalouden asema Leontiefin käänteismatriisin avulla lasketussa hierarkiassa on suhteellisen stabiili.

Miksi näin laskettu välittömän taaksekytkennän kasvu on sitten merkityksellistä? Jos ajatellaan tilannetta, jossa metsätalous – ja harvennushakkuut sijaitsisivat koko periodilla hierarkian pohjalla, ei massa- ja paperiteollisuuden tai puuteollisuuden vientikysynnän vaikuttaisi seuranneesta hakkuiden kasvun vaikutuksesta kotimaiseen tuotantotoimintaan enempää kuin vuonna 1959. Kun koko metsätalous ja harvennushakkuut nyt kuitenkin tulosten perusteella käyttävät panoksinaan kasvavassa määrin kotimaista tuotantoa verrattuna muihin toimialoihin, heijastuu metsäteollisuuden vientimenestys hakkuiden kautta lisääntyvässä määrin koko kansantalouteen – sen lisäksi, että metsäteollisuustoimialat ovat itse suoranaisesti yhä tiiviimmin kytkeytyneitä muihin toimialoihin.

Harvennushakkuista saatavaa raakapuun määrää arvioitiin harvennushakkuupinta-aloista ja leimikkotiheyksistä johdettavalla volyymitiedolla. Näin voitiin päätellä sekä harvennushakkuista saatavan puumäärän olleen lievästi kasvusuuntainen koko 1980-luvun että myös harvennushakkuiden muodostavan 1980-luvun loppua kohden selvästi suuremman osan kokonaispoistumasta – runsaan viidenneksen – kuin vuosikymmenen alkupuolella. Harvennushakkuukertymän kasvu näyttää johtuvan ennen muuta harvennushakkuupinta-alojen kasvusta, koska leimikkotiheydet eivät näytä ratkaisevasti muuttuneen. On kuitenkin huomautettava, että leimikkotiheyksistä ei ollut käytettävissä muutamaa vuotta pitempiä aikasarjoja.

Vuonna 1985 harvennushakkuista kotitalouksille koituvat tulot olivat noin 2,3 miljardia markkaa. Tästä lähes kaksi miljardia on ollut kantorahatuloa ja loput palkkatuloja (korjuupalkkoja). Puuteollisuuden käyttämästä kokonaispanoksen arvosta noin 4,6 prosenttia saatiin laskemien mukaan harvennushakkuista, kun kaikkien hakkuiden – so. metsätalouden – osuus kokonaispanoksen arvosta oli noin 35 %. Tämä merkitsee, että noin 13 % puuteollisuuden käyttämän raakapuupanoksen arvosta saadaan harvennushak-

kuista. Massa- ja paperiteollisuuden tapauksessa noin 3,4 % kokonaispanoksen arvosta saatiin harvennushakkuista kaikkien hakkuiden osuuden ollessa 11,5 %. Edelleen tämä merkitsee, että noin 30 % massa- ja paperiteollisuuden käyttämän puun arvosta oli peräisin harvennushakkuista.

Harvennushakkuiden laajentamisen vaikutuksia tarkasteltiin kansantaloudessa, joka pyrkii maksimoimaan kotitalouksien tulot. Kun vaihtotasevaje rajoitettiin vuoden 1985 tasolle, voitiin havaita hakkuista voitavan kasvattaa lähelle poistumasuunnitetta ilman vaihtotase rajoituksen varjohinnan nousua saavuttaen näin noin kahden miljardin markan lisäys kotitalouksien käytettävissä oleviin tuloihin. Kun hakkuista tästä edelleen kasvatetaan ylittäen selvästi poistumasuunnitte, vaihtotase rajoituksen varjohinta nousee ja hakkuuresurssin varjohinta alkaa laskea. Tämä voidaan tulkita merkiksi jonkinlaisen saturaatiopisteen olemassaolosta merkiten lisähakkuista saatavien kotitalouksien tulojen entistä pienempää nousua – kuitenkin vasta todella suurilla (noin 30 %) hakkuiden laajennuksilla.

Kun tarkasteltiin hypoteettista tilannetta, jossa harvennushakkuista ei tehdä lainkaan, vaan vastaava määrä raakapuuta tuodaan, voitiin havaita muutaman prosentin hakkuiden lisäyksen jälkeen resurssin varjohinnan putoavan noltaan ja sen muodostuvan näin arvottomaksi tulojen maksimoinnin kannalta. Raakapuun tuonnin harvennushakkuiden suuruinen kasvu tekee metsäteollisuudesta niin tuonti-intensiivisen toimialan, että vaihtotase rajoituksen vallitessa sitä ei kannata kasvattaa kovinkaan paljon (so. paria prosenttia enempää) kotitalouksien tulojen lisäämiseksi. On korostettava, että tällaisella analyysillä saatu tulos on lähinnä suuntaa-antava. Voidaan kuitenkin päätellä harvennushakkuista saatavan raakapuun voivan muodostaa metsäteollisuuden kansantaloudellisen aseman kannalta kiikkulautaaerän siten, että korvattaessa kotimaisia hakkuista tuontipuulla, metsäteollisuuden perinteinen rooli vaihtotasetta merkittävästi parantavana toimialana näyttäisi joutuvan uudelleen arvioinnin kohteeksi. Näin harvennushakkuilla voitaisiin tulkita olevan strategista merkitystä metsäteollisuuden kansantaloudellisen aseman kannalta.

On edelleen korostettava, että edellä kysymys on nimenomaan kansantaloudellisesta aspektista. Yksittäisen yrityksen kannalta raaka-aineen tuonti jalostettavaksi edelleen on aina kannattavaa – ainakin yksinkertaisimmassa tapauksessa kun raaka-aineen tuontihinnat eivät ylitä kotimaan hintoja. Kansantalouden – jolle kriittinen tekijä on vaihtotaseen tasapaino – näkökulmasta edullisuus voi näyttää ainakin hiukan toisenlaiselta. Tällöin kysymys voi olla vaikkapa käyttämättä jääneistä mahdollisuuksista. Siten saatu tulos painottaisi metsäpolitiittisten keinojen tarvetta tältä osin.

Metsäteollisuuden osuuden kokonaisnettoviennistä – nettoviennillä tarkoitetaan vientiä, josta on vähennetty viennin vaatima välitön ja välillinen tuonti – todettiin olevan laskusuuntainen – joskin tämä osuus oli vuonna 1985 yli 30 % ja sen voitaneen olettaa

kasvaneen hyvien suhdanteiden ansiosta kohti vuosikymmenen loppua. Laskeva kehitys on ollut seurausta paitsi muiden vientitoimialojen kasvusta myös metsäteollisuuden oman välittömän ja välillisen tuonti-intensiivisyyden kasvusta – sen lisäksi, että metsäteollisuuden tarvitsema suora tuontipanos on ollut kasvava, on tuotantoteknologian muutos välttämättä sitonut metsäteollisuutta moniin tuonnista ratkaisevasti riippuviin toimialoihin. Tästä näkökulmasta edelleen käyttämättä jäänyt harvennushakkuuresurssi voidaan nähdä keinona lisätä metsäteollisuuden nettovientikapasiteettia ja eliminoida metsäteollisuuden tuontipanoksen kasvua.

Lineaarisella ohjelmointimallilla analysoitiin lisäksi tilannetta, jossa kansantalouden optimointitehtävänä on valuuttatulojen maksimointi. Kun nyt harvennushakkuuta aletaan vähentää lisäämällä samanaikaisesti raakapuun tuontia, resurssin varjohinta kasvaa hiljalleen yhteensä noin 30 prosenttia. Tämän perusteella voidaan päätellä ensinnäkin, että resurssirajoitteella sinänsä on olennaista merkitystä valuuttatulojen maksimoinnin kannalta, ja toiseksi, että harvennushakkuut (tai niiden toteutumatta jääminen) voivat merkittävästi (s.o. noin 30 prosentilla) nostaa kotimaisten hakkuuiden varjohintaa ja merkitystä valuuttatulojen kannalta.

Optimointitarkasteluita harvennushakkuuiden tason muutoksen suhteen tehtiin siis kahdella eri tavoitefunktiolla: yhtäältä maksimoitiin kotitalouksien käytettävissä olevia tuloja ja toisaalta kansantalouden valuuttatuloja. Ensimmäisessä tapauksessa tulokseksi saatiin, että korvattessa tuonnilla harvennushakkuuta kansantaloudessa alkaa löytyä parempia vaihtoehtoja kasvattaa kotitalouksien tuloja ja resurssin varjohinta lähenee siten nollaa. Valuuttatulojen maksimoinnin tapauksessa tuontitilanteeseen siirtyminen taas nostaa kotimaisen hakkuuresurssin varjohintaa. Ensimmäinen tulos painottaa kotitalouksien harvennushakkuista saaman tulon (lähinnä kantorahatulojen) merkitystä. Jälkimmäinen tulos puolestaan kertoo, että maksimoitaessa valuuttatuloja kotimaisen haakuuresurssin merkitys tältä kannalta vain korostuu metsäteollisuuden tuonnin kasvaessa.

Tutkimustuloksille asetettavat varaukset liittyvät ennen muuta panos-tuotosmalleissa ja lineaarisissa malleissa esiintyviin oletuksiin ja yksinkertaistuksiin. Tutkimuksessa tehty kansantalouden tuotantorakenne analyysi on luonteeltaan puhtaasti deskriptiivista, joten tässä yhteydessä mallin aggregaatioon liittyvät ongelmat ovat ensi kädessä akuutteja. Lienee selvää, että aggregaatioharhalta ei tutkimuksessa ole voitu välttyä, mutta toisaalta sen vaikutuksen voidaan olettaa olevan likimain saman kaikkien tutkittujen vuosien kohdalla. Siten optimaalisten triangulaatoratkaisujen vertailu ei välttämättä olennaisesti kärsi aggregaatiosta.

Leontiefin tuotantofunktiota koskevat oletukset ovat merkityksellisiä ennen muuta lineaaristen ohjelmointimallien kohdalla, vaikkakin myös triangulaatoratkaisuille annettavia tulkintoja voidaan jossain määrin perustella tuotantofunktioiden avulla.

Leontiefin tuotantofunktio on approksimaatio tietyn tasapainon vallitessa. Kun tilanne muuttuu, saattaa Leontiefin tuotantofunktiokin muuttua. Käytetyissä lineaarisissa optimintimallissa analysoidaan tilanteiden muutoksia Leontiefin tuotantofunktion pysyessä ennallaan. Tämä oletus on sitä vaarallisempi, mitä enemmän alkuperäisestä tilanteesta poiketaan. Tutkimuksessa analysoitiin varsin radikaalejakin muutostilanteita, mutta kuitenkin siten, että muutoksia tapahtui vain yhdellä tai kahdella kansantalouden toimialalla. Koska ei myöskään ole realistista olettaa yhdellä toimialalla tapahtuvien muutosten heijastuvan radikaalisti kaikkien muiden toimialojen tuotantofunktioihin, voitaneen saavutettuja kokonaistaloudellisia tuloksia pitää approksimatiivisina.

Tavoitefunktion valintaa voidaan joskus väittää normatiiviseksi kannanotoksi. Tässä tutkimuksessa käytettyjä tavoitefunktioita on käytetty välineinä analysoitaessa todellisuutta yksinkertaistaen harvennushakkuita kahden yleisen talouspolitiikan tavoitteen näkökulmista.

Kokonaan toinen asia on se, että tehdyt lineaariset optimointitarkastelut toteutettiin vuoden 1985 panos-tuotostaulun informaation pohjalta. Kuten triangulaatioanalyysi osoitti, kansantalouden tuotantorakenne muuttuu, mikä tietysti asettaa rajansa empiiristen tulosten intertemporaaliselle käyttökelpoisuudelle. Sen lisäksi, että tehtyjen deskriptiivisten analyysien tulokset kertovat todella tapahtuneesta, voidaan myös muutosanalyysien olettaa suuntaa antavina pitävän paikkansa suhteellisen kauankin. Näin voidaan todeta sillä edellytyksellä, että esimerkiksi Euroopan yhdentymiskehitys ei muuta Suomen kansantalouden tuotantorakennetta nopeasti olennaisella tavalla.

Käytettyjen optimintimallien suurin heikkous on lineaarisuus, koska todellisuus on osoittautunut varsin usein epälineaariseksi. Jos panos-tuotosmalleja jatkossa käytetään tämän tyyppisiin tutkimuksiin, saattaa olla syytä tutkia (lineaaristen) dynaamisten mallien käyttömahdollisuuksia, koska niiden avulla voidaan usein menestyksellisemmin approksimoida reaalia maailmaa. Lisäksi ainakin harvennushakkuiden osalta tietopohjan parantaminen olisi olennaista, koska tämän tyyppisissä laskennallisissa monisektorimalleissa aineisto näyttölee merkittävää osaa.

KIRJALLISUUS

- Ahde, P. (1990): Tuonnin merkitys Suomen kansantaloudelle ja viennille, ETLA B64.
- Aujac, H. (1960): La hierarchie des industries dans un tableau des echanges interindustriels et ses consequences sur la mise en oeuvre d'un plan national decentralise. *Revue Economique*, Vol.2.
- Bruno, M. (1966): A programming model for Israel, in Adelman & Thorbecke eds., *The theory and design of economic development*, John Hopkins univ. press.
- Bruno, M. (1972): Domestic resource cost and effective protection: clarification and synthesis, *Journal of political economy* 80.
- (1982): Planning models, shadow prices and project evaluation, in Blitzer & Clark & Taylor eds., *Economy-wide models and development planning*, Oxford University Press.
- Bulmer-Thomas, V. (1982): *Input-Output Analysis in Developing Countries – Sources, Methods and Applications*, John Wiley & Sons Ltd.
- Chenery, H. & Kretschmer, K. (1956): Resource allocation for economic development, *Econometrica*, october.
- & MacEvan, A. (1966): Optimal patterns of growth and aid – the case of Pakistan, in Adelman & Thorbecke eds., *The theory and design of economic development*, John Hopkins univ. press.
- & Raduchel, W. (1971): Substitution in planning models, in Chenery ed., *Studies in development planning*, Harvard Univ press.
- Chenery, H. B. & Watanabe T. (1958): International comparisons of the structure of production, *Econometrica* vol. 26.
- Drabek, Z. (1984): A comparison of technology in centrally-planned and market-type economies, *European Economic Review* 25, 293-318.
- Ervasti, S., Heikinheimo, L., Kuusela, K. & Mäkinen, V. (1969): Suomen metsä- ja puutalouden tuotantomahdollisuudet vuosina 1970-2015. Talousneuvosto. Helsinki.
- Fukui, Y. (1986): A more powerful method for triangularizing input-output matrices and the similarity of production structures. *Econometrica* vol.54(6),1425-1433.
- Haltia, O. (1991): A solution to the problem of input-output matrix triangularization. Discussion paper No 241, Department of Economics, QMW, University of London.

– & Simula, M. (1988): Linkages of forestry and forestindustry in the Finnish economy. *Silva Fennica* vol. 22(4),257-272.

Helmstädter E. (1958): Produktionsstruktur und Wachstum, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, Band 169.

Hjerpe, R. (1975): Tutkimus tehokkaan ja optimaalisen allokaation käsitteestä ja tuotannontekijöiden allokaatiosta Suomen kansantaloudessa 1965-1970, kansantaloudellisia tutkimuksia, kansantaloudellinen yhdistys.

Howe, E. C. (1991): A more powerful method for triangularizing input-output matrices: a comment. *Econometrica* vol. 59 (2), 521-523.

Jaksch, H. & König, H. (1960): Zur Ordnung der Produktionsstruktur von vielsektoren Modellen, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, Band 162.

Kallio, M., Propoi, A. & Seppälä, R. (1985): A model for the forest sector, IIASA.

– , Seppälä, H. & Seppälä, R. (1989): Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittaman projektin loppuraportti.

Katila, M. (1988): Intensive and extensive growth in the Finnish and U.S. forest industries, Helsingin yliopiston kansantaloudellisen metsäekonomian laitos, tiedonantoja n:o 16.

Kilkki, P., Kuusela, K. & Siitonen, M. (1977): Timber production programs for the forestry districts of southern Finland. *Folia Forestalia* 307.

Komiteanmietintö 1960: A9. Tuotantopoliittinen ohjelma. Helsinki.

Komiteanmietintö 1964: A 16. Talousneuvoston mietintö lähivuosien kasvupoliitikasta. Helsinki.

Korte, B. & Oberhofer, W. (1970): Triangularizing input-output matrices and the structure of production, *European Economic Review* vol. 1.

Lamel, J., Richter, J. & Teufelsbauer, W. (1971): Triangulation, *Economic bulletin for Europe*, vol 23.

Lilleberg, R. & Raitanen, A. (1989): Etelä-Suomen harvennusmetsien määrä ja korjuuolosuhteet vuosina 1988-2000, *Metsätehon tiedotus* 401.

Lund, U. (1973): Teollisuuden rahoituspolitiikan suunnittelu, kansantaloudellisia tutkimuksia, *Kansantaloudellinen yhdistys*, Helsinki.

Masson D. (1960): Methodes de triangulation du tableau europeen des echanges interindustriels. *Revue Economique*, vol 2.

Mera -lainan selvitystoimikunnan muistio. 1972. Helsinki.

- Ramsay F. P. (1928): A mathematical theory of saving, *Economic journal*.
- Riihinen, P. (1978): Metsäinvestointien ekonomiaa. *Metsä ja Puu* n:o 2. Helsinki.
- Seppälä, H., Kuuluvainen J. & Seppälä R. (1980): Suomen metsäsektori tienhaarassa, *Folia Forestalia* 434.
- Santham, D. & Patil, R.H. (1972): A study of the production structure of the Indian economy, *Econometrica* 40, 159-176.
- Simpson, D. & Tsukui, J. (1965): The fundamental structure of input-output tables - an international comparison, *The Review of economics and statistics* vol. 4.
- Song, B. (1977): The production structure of the Korean economy: international and historical comparison, *Econometrica* 45, 147-162.
- Suomen metsäteollisuuden kansainvälisen kilpailukyvyn kehittäminen. 1982. Jaakko Pöyry International. Helsinki.
- Talousneuvosto 1985. Metsä 2000 -ohjelma. Pääraportti. Helsinki.
- Taylor, L. (1982). Theoretical foundations and technical implications, in Blitzer & Clark & Taylor eds, *Economy-wide models and development planning*, Oxford University Press.
- Vehkamäki, S. (1985): Ohjelmien edullisuusvertailu. Metsien hoidon ja käsittelyn työryhmän raportti. Liite. Metsä 2000 -ohjelmajaosto. Talousneuvosto. Helsinki.
- Wessels, H. 1981. Triangulation und Blocktriangulation von Input-output-tabellen und ihre Bedeutung, *Beiträge zur Strukturforschung*, Heft 63, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Östblom, G. 1986. Structural change in the Swedish economy. Empirical and methodological studies of changes in input-output structures. Doctoral Dissertation. Department of Economics. University of Stockholm.

SUMMARY

In Finland, basically two types of forest harvestings are done: clear-cuttings and thinnings. Thinnings can be done several times during the forest's life-time whereas a clear-cut is done only once at the end of the rotation-period. The purpose of thinnings is twofold. While thinnings may indicate rational behaviour when maximizing roundwood output of the forest in a rotation period, thinnings may have also silvicultural meaning i.e. they may affect to quality of roundwood obtained from clear-cuttings. This duality means that thinnings are at the same time a source of incomes but also an investment. Consequently, the government's interest is also twofold. In the first place, it is usually left to the government to take care of long-run objectives such as forest investments in Finland typically are. Secondly, the allowable cut is not reached and, on the other hand, roundwood import is continuously growing while forest industry still forms the basis of the Finnish economy.

The role of cuttings, forest industry and their expansions in the Finnish economy has been examined several times from different point of views. A common line can be, however, identified. Usually these studies have focused on economic policy orientated if-then-situations where the main point has not been description of the original situation but the effects of hypothetical change e.g. expansion in forest industry. This study tries to examine role of thinnings, forestry and forest industry in the economy, first, by describing the sector in the existing economic structure and in the recent past history, and secondly, by analyzing expansion impacts of cuttings.

The main aim was to find out the economic meaning of thinnings in the existing economy. The second aim was to clarify structural relationships that affect to economic role of thinnings. Thirdly, the impacts of thinning expansion toward allowable cut were examined.

In the analysis, two types of input-output methods were used. Triangularity analysis was used to examine the economic structure of the Finnish economy. This analysis was done by comparing triangularity solutions of input-output tables from years 1959, 1970, 1980 and 1985. The tables were aggregated to contain 21 sectors. In this part of the study, current and fixed price flow matrices, input coefficient, output coefficient and the corresponding inverse matrices were used. Linear optimization models were used in examining impacts of changes in cutting levels. In this context, two different object functions were formulated to represent the government's goal space. By maximizing, first, household incomes and, on the other hand, foreign exchange it was tried to gather two relevant aspects in the decision making of government. Coefficients to the models were derived from 1985 input-output table so that the linear optimization models contain 34 sectors.

The triangularity analysis revealed in period 1959-1985 at least three chain production groups in the Finnish economy within which all other sectors were more or less linked: consumer goods group (agriculture, consumer goods), forest group (forestry, wood industry, pulp and paper industry) and metal group (mining, metal, engineering).

Additionally, it appeared that electrical appliances were more clearly linked with metal group since 1980.

On the basis of input and output flows metal group was ordered higher than the forest group in the hierarchical structure of the economy in 1959 and 1970. However, this ordering seemed to have turned to the opposite case in 1980 and 1985, so that the forest group has now a higher position in the hierarchies. Naturally, this means that fundamental changes have taken place in the production structure of the Finnish economy.

If fixed price input coefficients are interpreted as technological parameters (in table 7.) it can be argued, at least regarding the pulp and paper industry and the forestry that, in particular, technological development has been the cause of the uprising of those in the hierarchy since 1970, and, on the basis of the same criteria, the cause of slightly decreasing trend of metal group. Therefore, the mentioned fundamental changes may be seen, specifically, as a consequence of technological change.

It appeared, essentially, that Spearman's rank correlations between optimum (triangular) solutions of different years obtained with actual price input coefficient matrices were higher than correlations between fixed price solutions. Due to this some conclusions can be drawn. Firstly, this indicates that technology has changed between the years which is, of course, not a very surprising result. Secondly, technological change has occurred in such a way that correlation decreases when time distance grows. Thirdly, the correlations between fixed price solutions are regularly lower than between current price solutions, and hence, price changes affect to the opposite direction compared to technical changes. Consequently, input substitution has been consistent with the general neoclassical theory of production: the input which price increases less is used more, and the input which price increases more is used less. It should be noted that this observation is an aggregate result concerning to intermediate use of inputs and it is not necessarily true with all the inputs in production.

Especially in the Central Europe, a decreasing time trend of degrees of linearity of fixed price input coefficient matrices is shown to be a common phenomenon associated with economic development. However, this study revealed that this behaviour in degree of linearity does not necessarily exist in the Finnish case, although the degrees of latter years were smaller than those of year 1959. A possible explanation for this special feature of the Finnish economy could be found from the observed chain production groups (consumer goods, forest, metal) in which circular feedback is relatively low and which have, on the other hand, continuously formed the basic elements in structure of the economy as mentioned above. The result is interesting from European integration point of view.

Also, concerning to the optimum solutions of fixed price Leontief matrices, it was found that forest industry have clearly risen in the hierarchical order since 1970. This can be interpreted to mean that producing one unit of final demand the sector demands directly and indirectly more and more inputs from other sectors. Regarding to the sectors in the metal group, this type of development is not found in relation to other sectors and, on this criteria, position of metal group was rather stable in the hierarchy.

In this part (triangularity analysis) of the study, thinnings enters into forestry. Hence, when conclusions are made on the basis of presented results about thinnings it is implicitly assumed that the "thinning sector" stands for similar occurrence on average to the whole forestry sector. This assumption should not be too unrealistic although mechanization in thinnings has been, apparently, slower than in clear cuttings.

Triangularity results basing on input coefficient matrices can be used to indicate the sector's backward linkages in relation to other sectors. Therefore, because forestry has risen in hierarchy since 1959 (on the basis of input coefficient and flow matrices as well) it can be said that its backward linkages in relation to other sectors have continuously increased. Apparently, this has taken place as a consequence of development in logging technology, but also because of increasing amount of inputs used in tree growing and silviculture. Particularly, the direct backward linkages are grown as the position of forestry in the hierarchy computed based on Leontief's inverse is relatively stable.

It can and it should be, of course, questioned why the observed development in backward linkages is of great importance. The arguments can be found if a hypothetical situation is thought where forestry is located at the bottom of hierarchy – like in 1959 – during the whole period. This would mean that the increase in forest industry's exports would not affect through increased cuttings to domestic production more than in 1959. In reality, however, the observed considerable change in backward linkage figure means greater and greater impact of forest industry's export to total output of the economy. Besides, the forest industry itself has become more closely linked with other sectors.

The thinning output seem to show slightly increasing trend through 1980's – not because of increase in density of thinning-forests but due to increase in scale of thinning areas. Toward the end of the decade share of annual thinnings grew up to one fifth of total drain. For households wealth provided by thinnings was approximatively 2.3 billion Fmk in 1985 – this sum is made up of stumpage incomes (2 billion Fmk) and logging salaries (0.3 billion Fmk). Furthermore, thinnings provided 13 % of the value of rawwood used as input in wood industry in 1985. The corresponding figure in pulp and paper industry was 30 %.

Thinning expansion impacts were first analyzed with a linear optimization model, where household incomes were maximized. When deficit in the balance of current accounts was constrained at the level of 1985, it appeared that cuttings can be expanded to allowable cutting level and so obtain two billion Fmk increase in household incomes without upmovements in shadow price on current account constraint. However, when cuttings are expanded over the allowable cuttings level, the shadow price on current account constraint starts to move up and shadow price of cuttings resource to go down. This can be interpreted to imply the existence of a saturation point, where utility – i.e. household incomes – obtained by extra cutting expansion begin to diminish. In our model, this seem to happen only with a considerable big expansions in cuttings – like 30 % compared to original level.

In hypothetical situation where no thinnings are made but import of roundwood increases by the original amount of thinnings, shadow price on cutting resource drops to zero after a marginal (i.e. about two per cent) increase in cuttings. Thus a growth in

import-intensivity of forest industry (by the amount of thinnings) makes balance of current account constraint binding so that increase in domestic cuttings does not anymore help in maximizing household incomes. It must be emphasized that this result is true only in linear world implied by the model and with the object function that, in fact, can be considered as only one of many goals in economic policy. On the basis of the result it can be concluded, however, that the output of thinnings is big enough to form a sort of balance quantity that can turn the role of forest industry in national economic strategy to an unusual position regarding to its conventionally thought positive balance of current account impact – when the situation is considered in respect to the households incomes. Therefore, the strategic role of thinnings should not be underestimated.

Furthermore, it should be noted that there is a certain difference between aspects of an economy and a private firm. It is profitable, of course, for a private firm to import rawmaterials to be processed further when price of those is not higher than the domestic is. On the other hand, for an economy the critical factor might be the balance on current account. Hence, it can be questioned whether potential to gain foreign exchange is underutilized while the allowable cut is not reached. In this context, the dilemma speaks for a need of means of forest policy.

Net export was defined by the export that is obtained by subtracting direct and indirect import from export. The study revealed that the share of forest industry in total net export was in 1985 over 30 per cent, although the share has shown a decreasing trend. Apart from the increase in export of other sectors and growth in direct import intensivity of forest industry this is caused by the fact that due to technological change forest industry is necessarily ever increasing linked with other more on import dependent sectors. Also in this respect underutilized thinning potential can be seen as a mean to increase net export capacity of forest industry and to eliminate the growth tendency in its import.

A linear optimization model was also used to analyze the economy where foreign exchange is maximized. If thinnings are now begun to be substituted by import, shadow price on cutting potential starts to move upwards. When all thinnings are substituted by increasing import, the shadow price reaches the level where it is approximately thirty per cent higher than in the original situation. Hence firstly, it can be concluded that resource constraint as such has a essential meaning in foreign exchange maximization (because shadow price differs from zero). Secondly, thinnings can affect significantly to shadow price on cutting resource so that the price moves the higher the less thinnings are done – when the output of forest industry stays at the same original level.

Concerning the results some reservations must be made. Mostly the shortcomings are common in all input-output and linear models. The descriptive input-output studies like triangularity analysis may suffer from aggregation bias although it can be assumed to be unchanged over the years. Also, a realisation of Leontief's production function approximates the real production function in a certain equilibrium. When the original situation changes may Leontief's production function change as well. The bigger the movement is from original situation the more dangerous it is to assume Leontief's production function unchanged. Regarding to this fact it must be emphasized that the linear optimization results should be considered rather to show the course than express the exact quantitative numbers of movement. Additionally, the chosen object functions

must not be seen to represent normative statements, but rather a couple of simplified goals that can be argued to occur in economic decision making and policy.

Undoubtedly, the study is not the last that will be carried out in this area. If input-output analysis in future studies will be used, it would be reasonable to turn toward dynamic models as e.g. investment behaviour is not gathered in static models. Also, it would be essential to improve data base at least concerning to thinnings as the quantity and quality of data is one of the basic prerequisites for succesful use of the computable multi-sector models.

LIKIMÄÄRÄISEN KOLMIOMATRIISIESTITYKSEN LASKENTA-ALGORITMI

Mille tahansa (n,n) -dimensioiselle ei-negatiiviselle matriisille voidaan määritellä triangulaatioaste diagonaalien yläpuolisten elementtien summan suhteena diagonaalien alapuolisten elementtien summaan eli

$$(1) \quad g = (\sum x_{ij}) / \sum x_{ji}, \quad j > i.$$

Triangulaatioasteella g on minimi

$$(2) \quad \min g = (\sum \min(x_{ij}, x_{ji}) / (\sum \max(x_{ij}, x_{ji}))), \quad j > i$$

ja vastaavasti maksimi

$$(3) \quad \max g = (\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) / (\sum \min(x_{ij}, x_{ji}))), \quad j > i \\ = 1 / \min g.$$

Yhtälöiden (2) ja (3) mukaisia minimi- ja maksimikohtia ei yleensä voida saavuttaa panos-tuotomatriisin triangulaatio-operaatioilla, koska rivi- ja sarakerajoitus estävät tämän (juuri tämän vuoksi algoritmien lähestymistapa on tarpeen). Koska (n,n) -dimensioiselle matriisille X_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) pätee seuraava identiteetti, kun $j > i$

$$(4) \quad \sum x_{ij} + \sum x_{ji} = \sum \min(x_{ij}, x_{ji}) + \sum \max(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i,$$

voidaan määritellä β , $j > i$

$$(5) \quad \frac{\sum x_{ij} - \sum \min(x_{ij}, x_{ji})}{\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum x_{ji}} = \beta, \quad j > i.$$

(4) ja (5) pätevät mille tahansa permutaatiolle π , joten

$$\frac{\sum x_{\pi(i)\pi(j)} - \sum \min(x_{ij}, x_{ji})}{\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum x_{\pi(j)\pi(i)}} = \beta_{\pi}, \quad j > i.$$

Suurin mahdollinen β_{π} on $\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum \min(x_{ij}, x_{ji})$ ja pienin nolla.

Siten yhtälö (1) ja g voidaan kirjoittaa uudestaan β_{π} :n funktiona

$$(6) \quad g(\beta_{\pi}) = (\sum \min(x_{ij}, x_{ji}) + \beta_{\pi}) / (\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \beta_{\pi}), \\ 0 \leq \beta_{\pi} \leq \sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum \min(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i.$$

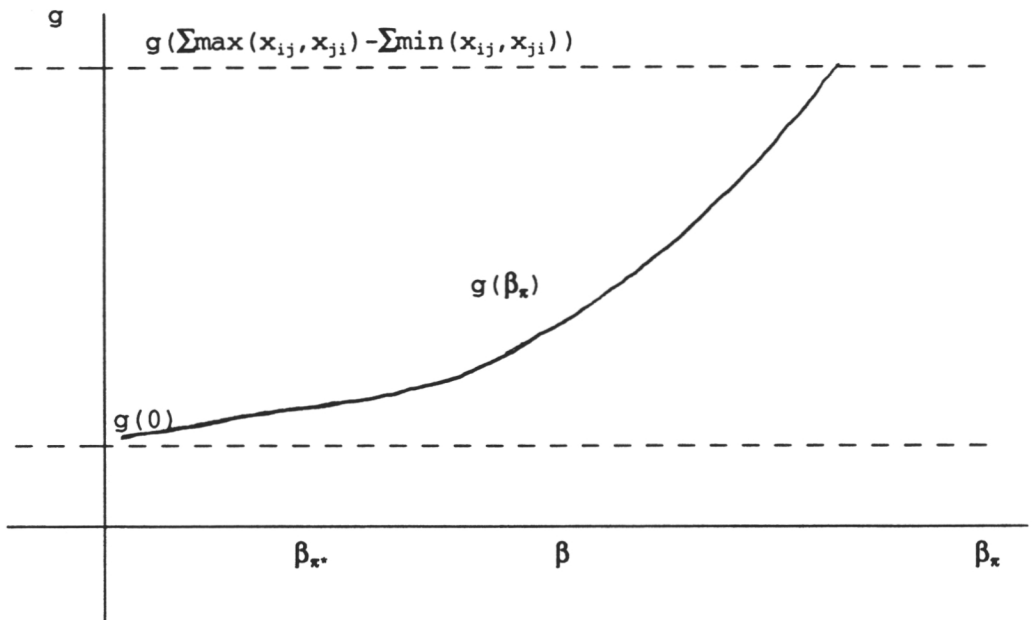
Tarkastellaan $g(\beta_{\pi})$:n kulkua derivoimalla. $g(\beta_{\pi})$:n ensimmäinen ja toinen derivaatta (g on jatkuva määrittelyvälillään - kun β_{π} oletetaan jatkuvaksi):

$$dg(\beta_{\pi})/d\beta_{\pi} = g'(\beta_{\pi}) = (\sum \min(x_{ij}, x_{ji}) + \sum \max(x_{ij}, x_{ji})) / (\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \beta_{\pi})^2 > 0,$$

$$d^2g(\beta_{\pi})/d\beta_{\pi}^2 = g''(\beta_{\pi}) = 2(\sum \min(x_{ij}, x_{ji}) + \sum \max(x_{ij}, x_{ji})) / (\sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \beta_{\pi})^3 > 0,$$

kun $0 \leq \beta_{\pi} \leq \sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum \min(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i.$

Siten $g(\beta_{\pi})$ on monotonisesti kasvava ja vahvasti konvekssi määrittelyvälillään. $g(\beta_{\pi})$:n kuvaaja on esitetty alla olevassa kuvassa 1., jossa β_{π} on oletettu jatkuvaksi (huom. jos matriisi on todella kolmiomatriisi eli $\sum \min(x_{ij}, x_{ji}) = 0$ ($j > i$) seuraa, että $g(0) = 0$).



Kuva 1. Triangulaatioaste $g(\beta_\pi)$.

Funktio $g(\beta_\pi)$ on mielenkiintoinen ensinnäkin, koska millä tahansa (ei-negatiivisella matriisilla) on tällainen funktio, ja toiseksi koska jokaisella matriisin permutaatiolla on tietty arvo β_π ja siten jokainen permutaatiolla on tietty arvo $g(\beta_\pi)$. Etsittäessä likimääräistä alakolmiomatriisia liikutaan alaspäin pitkin käyrää $g(\beta_\pi)$ siten, että jokaiseen toimialojen permutaatioon $\pi \in \Pi$ liittyy tietty β_π . Tehtävänä on nyt löytää permutaatio π^* (eli optimaalinen järjestys) ja β_{π^*} , joka on pienin β_π rivi- ja sarakerajoituksen vallitessa.

Seuraavaksi operationalisoidaan β_π . $t_{ij}=0$, kun $i < j$ ja muuten yksi. $r_{ij}=0$, kun $i < j$ ja $x_{ij} > x_{ji}$, ja muuten yksi. Kun $j > i$,

$$(7) \quad \sum \min(x_{ij}, x_{ji}) = \sum x_{ji}(1-r_{ij}) + \sum r_{ij}x_{ij}.$$

Siten

$$\begin{aligned} (8) \quad \beta &= \sum x_{ij} - \sum \min(x_{ij}, x_{ji}) \\ &= \sum x_{ij} - \sum x_{ji}(1-r_{ij}) - \sum r_{ij}x_{ij} \\ &= \sum (x_{ij} - x_{ji} + r_{ij}x_{ji} - r_{ij}x_{ij}) \\ &= \sum (x_{ij} - x_{ji})(t_{ij} - r_{ij}), \quad j > i. \end{aligned}$$

Siis yleisesti $\pi \in \Pi$

$$(9) \quad \beta_\pi = \sum (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)})(t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)}), \quad j > i$$

ja absoluuttiselle optimille

$$\beta_{\pi^*} = \min \beta_\pi = R'(X(\pi^*)).$$

Kun nyt tunnetaan funktio $g(\beta_{\pi})$, on mahdollista kehittää systemaattinen menetelmä β_{π^*} löytämiseksi mille tahansa matriisille X_{ij} . Algoritmin kulku on nyt seuraava. Koska

$$(10) \quad \sum \min(x_{ij}, x_{ji}) \leq \sum x_{\pi^*(i)\pi^*(j)} \leq \sum x_{ij} \leq \sum \max(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i,$$

on myös

$$(11) \quad 0 = \beta_{\min} \leq \beta_{\pi^*} \leq \beta_0 \leq \beta_{\max} = \sum \max(x_{ij}, x_{ji}) - \sum \min(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i,$$

jossa $\beta_0 = \sum x_{ij} - \sum \min(x_{ij}, x_{ji}), \quad j > i$.

Approksimoidaan β_{\min} :ä ensin Newtonin menetelmällä (tässä voitaisiin ilmeisesti käyttää ilmeisesti muitakin vastaavanlaisia menetelmiä; nämä mahdollisuudet jätetään tässä kuitenkin käsittelemättä). Taylorin sarjakehitelmästä saadaan

$$g(\beta_{\min}) = g(\beta_0) - (\beta_0 - \beta_{\min})g'(\beta_0) - ((\beta_0 - \beta_{\min})^2/2)g''(\beta_0) - \dots$$

ja

$$g(\beta_{\min}) \approx g(\beta_0) - (\beta_0 - \beta_{\min})g'(\beta_0).$$

Tästä saadaan ensimmäinen approksimaatio β_{\min} :lle

$$(12) \quad \beta_1 = \beta_0 + (g(\beta_{\min}) - g(\beta_0)) / g'(\beta_0).$$

Iterointia jatketaan sijoittamalla aina approksimaatio β_k β_{k-1} :n paikalle, kunnes löydetään ensimmäinen

$$\beta_k \geq \sum_{i,j>i}^m (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_j - r_{\pi(i)\pi(j)})$$

$$m < n-1, \quad \forall \pi \in \Pi.$$

Koska $R''(X(\pi))$ on diskreetti ja kyseessä on kokonaislukuoptimointi, pyöristetään β_k ylöspäin kokonaisluvuksi B_0 . Periaate on nyt seuraava.

$$(13) \quad m' = \max m$$

eli etsitään suurinta mahdollista toimialojen joukkoa $\pi(1), \pi(2), \dots, \pi(m')$ siten, että

$$\sum_{i,j>i}^{m'} (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)}) \leq B_0$$

$$1 \leq m \leq n-1$$

$$\pi \in \Pi.$$

Jos $m' < n-1$, jatketaan muodostamalla seuraava raja $B_k = B_{k-1} + 1$. Tämä perustuu siihen, että

$$\sum_{i=1}^{m'} \sum_{j>i}^n (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)}) \leq B_{k-1}$$

$$< \sum_{i=1}^{m'+1} \sum_{j>i}^n (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)})$$

$$= \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j>i}^n (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)}) +$$

$$\sum_{j>1}^n (x_{\pi(m'+1)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(m'+1)}) (t_{ij} - r_{\pi(m'+1)\pi(j)}),$$

jossa viimeinen termi > 0 (13) perusteella.

Näin jatketaan kunnes $m' = n-1$ rajoituksella B_k . Tällöin

$$R''(X(\pi^*)) = B_k = \min_{\pi \in ZN} \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n (x_{\pi(i)\pi(j)} - x_{\pi(j)\pi(i)}) (t_{ij} - r_{\pi(i)\pi(j)}).$$

Periaatteena on siis ensin approksimoida $g(0)$:aa Newtonin menetelmällä, kunnes löydetään β_π , joka on pienempi kuin β_{π^*} . Approksimaation relevanssi perustuu siihen yksinkertaiseen tosiasiaan, että mitä lähempänä kolmiomatriisia likimääräinen kolmiomatriisi $X_{\pi^*(i)\pi^*(j)}$ on, sitä lähempänä β_{π^*} on nollaa.

Toimialojen aggregointi ja SIC.
Aggregation of sectors and SIC

No	Toimiala	Aggregoidut SIC-luokat
No	Sector	Aggregated SIC-classes
1	Maatalous111, Agriculture	112, 13, 113
2	METSÄTALOUS FORESTRY	12
3	Kaivannaistoiminta Mining	23, 29
4	Kulutustavarat Consumer goods	31, 32
5	PUUTEOLLISUUS WOOD INDUSTRY	331
6	PAPERITEOLLISUUS PULP & PAPER INDUSTRY	341
7	Graafinen teollisuus Printing & publishing	342
8	Kemikaalien valmistus Chemicals	351, 352
9	Maaöljyn jalostus Petroleum refining	353, 354
10	Kumi- ja muovit. Rubber, plastics	355, 356
11	Savi-, lasi-, kivi-, muu Earthenware, glas, stone, others	332, 36, 39
12	Metallien valmistus Metal industry	37
13	Konepajateollisuus Engineering	381, 382
14	Sähkötekniset tuotteet Electrical appliances	383, 385
15	Kulkuneuvot Vehicles	384
16	Energia ja vesi Energy, water	41, 42
17	Rakennustoiminta Construction	51, 52
18	Kauppa Trade & commerce	61, 62, 63
19	Kuljetus Transportation	71
20	Tietoliikenne Communication	72
21	Palvelukset Services	81, 82, 83, 92 93, 94, 95

ISBN 951-40-1223-2
ISSN 0358-4283

Helsinki 1992 Yliopistopaino