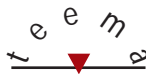


Jari Kuuluvainen

Kiertoaikamalli ja puuntarjonnan ekonometrinen tutkimus



Puun tarjonta on metsäekonomian keskeistä tutkimusaluetta, jolla on tehty paljon teoreettista ja empiiristä tutkimustyötä. Faustmannin (1849) kiertoaikamallin mahdollisuuksia puuntarjonnan selittäjänä on kuitenkin empiirisesti testattu vähän vaikka kiertoaikamalli on paitsi metsäekonomian myös metsätalouden suunnittelun ja neuvonnan keskeinen työkalu. Luonnonvarataloustieteen näkökulmasta tuntuisi kiinnostavalta tietää onko tämä teoreettisesti oikeaksi osoitettu malli (Samuelson 1976) myös pätevä kuvaus havaitusta käyttäytymisestä. Lisäksi mm. metsäpoliikan vaikutusten arvioiminen vaatii kvantifioitavissa olevaa tutkimukseen perustuvaa tietoa puun tarjontaan pitkällä ja lyhyellä aikavälillä vaikuttavista tekijöistä.

Metsäekonomistienkin usein esittämä perustelu tutkimuksen vähäisyyteen ovat kiertoaikamallin vaativat taustaoletukset, täydelliset pääoman ja metsämaan markkinat ja täydellinen ennakkotietämys. Kuitenkin mm. kuluttajan käyttäytymistä tai työvoiman tarjontaa on empiirisesti tutkittu aivan yhtä vaativin oletuksin. Pyrkimys oletusten ”taloudellisen realismin” lisäämiseen on kuitenkin perusteltua. Kun puun tarjonnan havaittiin empiirisesti riippuvan tekijöistä, joita mallin perusversiossa ei lainkaan ollut mukana, kiertoaikamallin testaamista puuntarjonnan selittäjänä ei ehkä pidetty mielenkiintoisena. Sen laajentamisen sijasta empiirisiä tuloksia alettiin tulkita metsänomistajan hyödynmaksimointiin perustuvilla metsänomistajan muun talouden huomioonottavilla staattisilla malleilla (Binkley

1981, Dennis 1988, Dennis 1989) tai ns. fisheriläiseen kulutus-säästämismalliin perustuvilla dynaamisilla malleilla (esim. Aronsson 1990, Carlén 1990, Kuuluvainen 1989, Kuuluvainen ym. 1996, katsaus puuntarjontamalleihin, ks. Binkley 1987a). Poikkeuksena on Hybergin ja Holthausenin (1989) tutkimus, joka perustelee metsänomistajien tulotason vaikutuksen hakkuu- ja uudistamispäätöksiin metsän ympäristöarvoilla kiertoaikakehikossa.

Toinen syy kiertoaikamallin sivuuttamiseen metsänomistajan käyttäytymisen selittäjänä saattaa olla mallin tuottamien hypoteesien luonne. Mallin perusversiohan tarkastelee staattisia tasapainotiloja ja niiden muutoksia puun hinnan, pääomamarkkinoiden koron ja istutuskustannusten pysyvien ”odotamattomien” muutosten seurauksena. Esimerkiksi puun myyntituloihin olennaisesti vaikuttavien kantohintojen suhdannevaihteluiden vaikutuksia myyntijankohdan valintaan ja puun tarjontaan ei kiertoaikamalli tunnu selittävän lainkaan. Fisheriläinen kulutus-säästämismallin voidaan sensijaan tulkita kuvaavan juuri puun tarjonnan sopeutumista muuttujien ”odotettuun” vaihteluun ajassa. Lisäksi metsänomistajien muun talouden huomioon ottaminen on analyttisesti helppoa. Fisheriläisessä kulutus-säästämismallissa metsä kuitenkin kuvataan homogeenisena biomassana, ja käyttäytymishypoteesin tulkinta ei ole aivan ongelmattonta.

Kiertoaikamallin käyttö metsänomistajan käyttäytymisen selitysmallina on viivästynyt varmasti myös mallin analyttisen vaikeuden vuoksi. Kulutusikäyt-

täytymistä kuvaavan jatkuva-aikaisen elinkaarimallin (Yaari 1964) ja kiertoaikamallin yhdistäminen johtaa oleellisesti vaikeampaan matemaattiseen ongelmaan kuin usein käytetty kahden periodin versio fisheriläisestä kulutus-säästämissä mallista. Tahvonen (1998) ja Tahvonen ja Salo (1999) kuitenkin osoittivat mallien yhdistämisen mahdolliseksi. Metsänomistaja maksimoi kulutuksesta (ja mahdollisesti metsien olemassaoloarvoista) saatavaa hyötyä elinkaarensa aikana ja valitsee samanaikaisesti hallussaan olevien metsiköiden optimaaliset korjuuajankohdat. Näin saatiin teoreettinen työkalu, jolla metsänomistajien hakkuukäyttäytymistä voidaan pyrkiä selittämään siten, että puuston ikäluokkien vaikutus tulee teoreettisesti oikein huomioon otetuksi.

Puuntarjonnan ekonometriaa

Puuntarjonnan ekonometrisessä mallittamisessa metsää homogeenisena biomassana kuvaavasta mallista (tästä eteenpäin biomassamallista) ja kiertoaikamallista kirjallisuudessa tyypillisesti johdettujen empiiristen hypoteesien välillä on merkittävä ero. Seuraavassa tarkastellaankin mallien tuottamia käyttäytymishypoteeseja, joiden ymmärtäminen on avain ekonometrisesti estimoitujen tulosten oikealle tulkinnalle.

Mallien eron havainnollistamiseksi tarkastellaan puun hinnan muutosten vaikutusta perustapauksessa, jossa pääomamarkkinat ovat täydelliset, metsällä ei ole *in situ* -arvoa eikä epävarmuutta oteta huomioon (markkinaepätäydellisyyksien ja epävarmuuden vaikutuksista ks. esim. Koskela 1989, Ollikainen 1993). Puunmyyntiajankohta voidaan valita kulutuksesta riippumattomasti. Seuraavassa tarkastellaan biomassamallin kahden periodin versiota, joka on metsänomistajatutkimuksissa yleinen vaikka se ei ehkä tee oikeutta mallin alkuperäiselle jatkuva-aikaiselle formuloinnille (ks. esim. Clark 1988). Kahden periodin mallissa erotellaan vain nykyisyys (periodi 1) ja tulevaisuus (periodi 2). Puuston kasvu riippuu 1. periodin loppupuuston tilavuudesta. Ajatuksena on, että metsänomistaja tekee myyntipäätöksiä esimerkiksi vuosittain. Käyttäytymisyhtälö nykyisille hakkuille, h_1 , voidaan implisiittisesti esittää seuraavasti:

$$h_1 = h_1(p_1^+, p_2^-, r_2^+, v_0^1) \quad (1)$$

h_1 = hakkuut (puun myynnit ensimmäisellä periodilla, esim. m³/ha)

p_i = kantohinnat ($i = 1, 2$)

r_2 = korkokanta

v_0 = puuston tilavuus periodin 1 alussa

Puun tarjontaan vaikuttaa vain hinnan muutos. Mikäli hinnan periodilla 2 *odotetaan* laskevan suhteessa periodin 1 hintaan, lisätään hakkuita ensimmäisellä periodilla (esim. Aronsson 1990). Jos nykyinen ja tuleva hinta muuttuvat yhtä paljon, ei käyttäytyminen muutu. Lisäksi puunmyyntipäätökseen vaikuttavat periodin 2 korko, ja puuston alkutilavuus. Malli kuvaa siis sopeutumista tasapainoon kun (nollaa suurempi) puuston alkuvaranto on annettu. Koska puustoa käsitellään homogeenisena biomassana, esimerkiksi istutuskustannuksia ei mallin perusversiossa tarkastella (metsänhoidon panosten huomioonottamisesta ja tulkinnasta tässä mallissa, ks. Ovaskainen 1992).

Kiertoaikamallin perusversion tarkastelemat ilmiöt ovat erilaisia. Tasaikäisen metsikön optimaalisen hakkuuajankohdan, t^* , valintaa kiertoaikamallissa kuvaa seuraava implisiittinen käyttäytymisyhtälö:

$$t^* = t^*(p^-, w^+, r^-) \quad (2)$$

Kantohinnan (p) ja korkokannan (r) nousu lyhentää, istutuskustannusten (w) kertaluonteinen nousu pidentää tasapainokiertoaika, t^* (ks. esim. Johansson ja Löfgren 1985). Muutokset on tulkittava *odotamattomiksi* pysyviksi tasomuutoksiksi (biomassamallin jatkuva-aikaisessa versiossa on mahdollista tarkastella myös hintojen odottamattomia muutoksia, mutta ne sivuutetaan tässä, koska mallin jatkuva-aikaista versiota on harvoin käytetty metsien dynamiikan kuvaajana). Yli kiertoajan laskettu (pitkän aikavälin) puuntarjonta saadaan kiertoaikamallissa jakamalla hakattavan tasaikäisen metsikön puuston tilavuus kiertoajalla t^* . Tästä syystä hinnan nousun vaikutus puuntarjontaan uudessa tasapainossa ei välttämättä ole samansuuntainen kuin kiertoaikaan, vaan riippuu siitä ylittääkö vai alittaaako puuston optimikiertoaika lähtökohtatilanteessa

maksimaalisen keskimääräisen fyysisen puuston kasvun (MAI) aikaansaavan kiertoajan (Binkley 1987b). Kiertoaikamallista johdettua tasapainotilojen, ”pitkän aikavälin”, komparatiivista statiikkaa on empiirisesti testattu vähän.

Kantohinnan muutoksella on kiertoaikamallissa myös välitön tarjontavaikutus. Kantohinnan nousun jälkeen puun tarjonta lisääntyy riippumatta siitä onko puuston ikä hinnannousuhetkellä yli vai alle MAIn, koska osa metsiköistä tulee taloudellisesti hakuukypsiksi. Nämä vaikutukset kertovat siis mitä puun tarjonnalle tapahtuu lyhyellä aikavälillä kun puuston kiertoaikaa aletaan sopeuttaa kohti uutta tasapainoa.

Mallien tulkintaa

Kahden periodin biomassamallin perusversiossa puun tarjontaa selittävien tekijöiden arvot muuttuvat yli ajan. Tuntuu luontevalta, että metsänomistaja myyntipäätöstä tehdessään pyrkii ennustamaan tulevaa hintakehitystä. Kunakin vuonna päätetään kuinka paljon myydään nyt ja tulevaisuudessa. Jos hintojen odotetaan laskevan, puun tarjontaa kuluvalle periodilla kasvatetaan. Vaikka kahden periodin mallia tulkitaan myös metsänomistajan elinkaarimallina, on sitä käytetty empiirisesti erityisesti lyhyen aikavälin tarjontamuutosten ennustamiseen (Aronsson 1990).

Kiertoaikamallin perusversiossa kiertoaikaa selittävien tekijöiden muutokset ovat odottamattomia pysyviä tasomuutoksia. Epävarmuuden vallitessa esimerkiksi metsätuloveroprosentin odottamaton alentaminen, tai uuden sahteollisuusyrityksen perustaminen alueelle voivat aiheuttaa odottamattoman tasomuutoksen kantohintaan. Faustmannilaisessa täydellisen ennakkotietämyksen maailmassa ei odottamattomia muutoksia periaatteessa tapahdu tulevaisuudessa lainkaan. Onko kertaluonteisten tasomuutosten vaikutusten empiirinen mittaaminen siis mahdollista tai ylipäättään kiinnostavaa? Jos voidaan ajatella, että yksittäisen metsänomistajan hakuut noudattavat jotakin suhdannekiertoa pidemmälle ajalle tehtyä suunnitelmaa tai hakkuiden ”pysyvää tasoa” kiertoaikamallin hypoteesit ovat sekä mielenkiintoisia että niitä voidaan pyrkiä empiirisesti testaamaan. Karrikoiden tapaus on analoginen esi-

merkiksi kuluttajan teoriasta johdetun tuloksen kanssa, jonka mukaan kulutuksen aikaura täydellisillä pääomarkkinoilla on riipumaton tulojen vaihtelusta yli ajan. Kulutustason määräävät pysyväistulot, jotka kuvaavat koko elinkaaren aikana saatujen tulojen nykyarvoa.

Jos tulkinta hyväksytään, kiertoaikamallin hypoteeseja ei tarvitse testata muuttujien odottamattomien tasomuutosten avulla, mikä on empiirisesti hankalaa myös sopeutumisivivästyksen vuoksi. Mallin voidaan sensijaan ajatella vastaavan esimerkiksi kysymyksiin: Tarjoaako korkean kantohinnan alueella asuva metsänomistaja metsäehtehtäaria kohti markkinoille keskimäärin eri määrän puuta kuin muutoin samanlainen matalan kantohinnan alueella asuva metsänomistaja?

Vaikka myös kahden periodin biomassamallissa kantohintojen muutoksella yli ajan on tasapainovaikeus (pitkän aikavälin vaikutus, ks. Ovaskainen 1992), kyseessä on erilainen pitkän aikavälin tarjontavaikutus kuin kiertoaikamallin ennustama reaktio hintatason muutokseen. Kahden periodin mallissa hinnan lasku suhteessa nykyyhintaan lisää välittömiä hakuuita. Jos puuvaranto on pienempi kuin maksimaalisen kasvun tuottava puuvaranto, periodien 1 ja 2 yhteenlaskettu tarjonta jää hakatun puuston kasvun verran pienemmäksi kuin siinä tapauksessa, että hinnat eivät olisi muuttuneet. Kiertoaikamallissa vastaava ilmiö saadaan tarkastelemalla hintatrendejä (odotettuja hintamuutoksia). Jos kiertoaikamallissa hinnan trendi on laskeva, optimaalinen kiertoaika lyhenee, nouseva trendi puolestaan pidentää kiertoaikaa annetulla hintatasolla, joten hakuut pyrkivät ajoittumaan korkeiden hintojen periodeille (Kuuluvainen ja Tahvonen 1999). Edellä kuvatut kiertoaikamallin ennustamat lyhyen aikavälin tarjontareaktiot hintojen tasomuutoksiin muistuttavat kahden periodin mallin tarjontareaktioita hintojen odotettuihin muutoksiin. Sundanne-luonteisia tarjonnan vaihteluita onkin joskus virheellisesti tulkittu kiertoaikamallin tuottaman hakkuiden välittömän sopeutumisen aiheuttamiksi.

Onko kiertoaikamallin testaus ekonometrisesti mahdollista?

Aikasarja-aineistoissa havaittu vaihtelu johtuu tren-

deistä tai suhdannevaihteluista. Näin ollen aikasarja-aineistoja käyttäen estimoitujen tulosten tulkinta kiertoaikakehikossa on ongelmallista. Jos käytettävissä on riittävän laaja poikkileikkausaineisto voidaan kiertoaikamallin hypoteeseja periaatteessa testata metsänomistajien välistä vaihtelua hyväksi käyttäen. Ongelmana ovat selitettävän muuttujan suuri varianssi ja nollahavainnot, joiden vuoksi tilastollisesti merkitsevien tulosten tuottaminen ja tulkinta voi olla vaikeaa. Toinen ongelma on se, että kaikista teoreettisesti tärkeistä muuttujista ei yleensä ole käytettävissä metsänomistajakohtaisia havaintoja, jolloin malli voi antaa harhaisia tuloksia. Harhan olemassaoloa voidaan tietysti tutkia mallin tilastollista diagnostiikkaa hyväksi käyttäen.

Poikkileikkaus aikasarja-aineiston eli paneeliaineiston avulla on periaatteessa mahdollista eristää aikarajavaihteluiden vaikutus hakkuiden kehitykseen metsänomistajien välisestä muuttujien tasomuutosten vaikutuksesta keskimääräisiin hakkuisiin (Kuuluvainen ja Tahvonen 1999). Ns. kiinteiden vaikutusten paneelimallin (esim. Hsiao 1988) avulla voidaan muuttujien aikasarjavaihtelun vaikutukset estimoida ilman tarjontaan vaikuttavien metsänomistajakohtaisten mutta aineistosta puuttuvien muuttujien aiheuttamaa harhaa. Tämä malli tuottaa aikasarjaviikutusten ohella kullekin aineiston poikkileikkausyksikölle vakion. Mikäli muuttujien yli ajan vaihtelu ei lainkaan vaikuttaisi puunmyynteihin olisi tämä metsänomistajakohtainen vaikio yhtä suuri kuin hänen havaintojakson puunmyyntien keskiarvo. Tarkastelemalla selittävien tekijöiden (keskiarvojen) vaikutuksia metsänomistajakohtaiseen vakioon, voidaan periaatteessa testata juuri kiertoaikamallin tasapainotilojen komparatiivista statiikkaa. Etuna keskimääräisten hakkuiden käyttämiseen selitettävänä muuttujana on se, että ko. vakio ottaa periaatteessa huomioon myös mallista puuttuvien metsänomistajakohtaisten tekijöiden vaikutuksen keskimääriin hakkuisiin.

Hyberg ja Holhausen (1989) totesivat poikkileikkausaineistoa käyttäen *in situ* -arvojen lisäävän georgialaisten metsänomistajien uudistamiseen sijoittamaa rahallista panostusta ja pidentävän kiertoaikoja. Tulkintaa vaikeuttaa se, että aineistossa ei ollut tietoja hakkuumäärästä, ainoastaan siitä oliko puuta myyty vai ei. Kuuluvaisen ja Tahvosen (1999) Kaakkois-Suomea koskevassa aineistossa metsän-

omistajien keskimääräiset hehtaarikohtaiset hakkuut olivat alhaisemmat korkeiden kuin alhaisten kantohintojen kunnissa. Varakkaat metsänomistajat myivät puuta keskimäärin enemmän kuin vähävaraiset. Tämä voidaan tulkita kiertoaikakehikossa, jos aineiston kiertoajat ovat alle MAIn ja metsänomistajat arvostavat metsien *in situ* -hyötyjä.

Kiertoaikamallin empiirinen testaus on kuitenkin vasta alussa, eikä ole vielä selvää mikä menetelmä, jos mikään, soveltuu kiertoaikamallin pitkän aikavälin tasapainohypoteesien testaamiseen. Esimerkiksi paneeliaineistojen käyttöön liittyy tilastollisia ja aineistollisia ongelmia. Ilman informaatiota aineistossa käytetyistä kiertoajoista kiinteiden vaikutusten paneeliestimointi kiertoaikamallin testaajana nojaa normaalimetsän oletukseen. Jos normaali-metsäoletus ei ole voimassa, poikkileikkausvaihtelu kuvaa edelleen pitkän aikavälin käyttäytymistä, mutta tulosten tulkinta kiertoaikakehikossa ei ole mahdollista. Koska hakkuupäätökset ovat teoreettisesti mielenkiintoinen ongelma ja metsäpoliittinen päätöksenteko vaatii informaatiota toimenpiteiden pitkän aikavälin vaikutuksista, metsänomistajakohtaisten aineistojen käyttöä puun tarjonnan mallittamisessa tulisi kehittää edelleen. Esimerkiksi perusjoukon hakkuiden ennustamiseen soveltuva ”satunnaisvaikutusten” mallia ei riittävän suurten ja yksityiskohtaisten aineistojen puutteessa ole ilmeisesti vielä testattu lainkaan.

Kirjallisuus

- Aronsson, T. 1990. The short-run supply of roundwood under nonlinear income taxation. Theory, estimation methods and empirical results based on Swedish data. University of Umeå, Umeå Economic Studies 220. 166 s.
- Binkley, C.S. 1981. Timber supply from private forests. Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, Bulletin 92. 97 s.
- 1987a. Economic models of timber supply. Julkaisussa: Kallio, M. ym. (toim.). The global forest sector, an analytical perspective. John Wiley & Sons, N.Y. s. 109–136.
- 1987b. When is the optimal economic rotation longer than the rotation of maximum sustainable yield? Journal of Environmental Economics and Management 14: 152–158.
- Clark, C. 1990. Mathematical bioeconomics. John Wi-

- ley & Sons. 386 s.
- Carlén, O. 1990. Private nonindustrial forest owners' management behaviour: an economic analysis based on empirical data. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Economics, Report 92. 104 s.
- Dennis, D. 1988. An econometric analysis of harvest behavior: Integrating ownership and forest characteristics. *Forest Science* 35: 1088-1104.
- 1990. A probit analysis of harvest decisions using pooled time-series and cross-sectional data. *Journal of Environmental Economics and Management* 18: 176-187.
- Faustmann, M. (1849). Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* 15: 441-455.
- Hsiao, C. 1989. *Analysis of panel data*. Cambridge University Press. 246 s.
- Hyberg, B.T. & Holthausen, D.M. 1989. The behavior of nonindustrial private forest landowners. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 1014-1023.
- Johansson, P.O. & Löfgren, K-G. 1985. *The economics of forestry & natural resources*. Basil Blackwell, Oxford. 292 s.
- Koskela, E. 1989. Forest taxation and timber supply under price uncertainty: credit rationing in the capital markets. *Forest Science* 35: 160-172.
- Kuuluvainen, J. 1989. Nonindustrial private timber supply and credit rationing. Microeconomic foundations with empirical evidence from the Finnish case. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Economics, Report 85. 244.
- , Karppinen, H. & Ovaskainen, V. 1996. Landowner objectives and nonindustrial private timber supply. *Forest Science* 42: 300-309.
- & Tahvonen, O. 1999. Testing the forest rotation model: evidence from panel data. *Forest Science*. (Painossa).
- Ollikainen, M. 1993. A mean-variance approach to short-term timber selling and forest taxation under multiple sources of uncertainty. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 573-581.
- Ovaskainen, V. 1992. Forest taxation, timber supply, and economic efficiency. *Acta Forestalia Fennica* 233. 88 s.
- Samuelsson, P. 1976. Economics of forestry in an evolving society. *Economic Inquiry* XIV: 466-492.
- Tahvonen, O. 1998. Bequests, credit rationing and in situ values in the Faustmann-Pressler-Ohlin forestry model. *Scandinavian Journal of Economics* 100: 781-800.
- & Salo, S. 1999. Optimal forest rotation with in situ preferences. *Journal of Environmental Economics and Management* 37: 106-128.
- Yaari, M. 1964. On consumer lifetime allocation process. *International Economic Review* 5: 304-317

■ Jari Kuuluvainen (jari.kuuluvainen@helsinki.fi) toimii professorina Helsingin yliopiston metsäekonomian laitoksella.