

Juha Lappi

Kiertoajasta ja metsätalouden suunnittelusta

Aluksi

Metsätieteen aikakauskirjassa 3/1999 oli Tieteen torin teemana metsän kiertoaika. Puuntuotannon ekonomiaan liittyvissä kysymyksissä ekonomistien on usein vaikea ymmärtää metsäkoulutuksen saaneiden ajatuksenjuoksua, ja päinvastoin. Kun en kuulu kumpaankaan ryhmään, ymmärtämisongelmani ovat kaksinkertaiset. Luulen ymmärtäneeni, että metsien käsittelyn taloudellisen analyysin ja suunnittelun pääkomponentit ovat:

1. Metsän nykytilan kuvaus
2. Metsän kehityksen kuvaus erilaisilla käsittelyvaihtoehdoilla
3. Panosten ja tuotosten hintaoletukset
4. Oletukset rahamarkkinoiden toiminnasta
5. Käytävissä oleva laskenta-aparaatti ja asiantuntemus
6. Mahdollisten kulutusvirtojen paremmuusjärjestys

Päätöstilanteen analyysin tuloksena on päätös siitä, mitä tehdään nyt. Seuraavassa hetkessä on uusi päätöstilanne. Vaikka kullakin hetkellä tehdään päätös, jossa oletetaan mitä tehdään ja tapahtuu tulevaisuudessa, ei ole mitään rationaalista syytä pitäytyä edellisen päätöksen mukaisessa suunnitelmassa. Ihmiskunnan historian tuhoisimpia päättelytapoja on yritys estää menneiden uhrauksien hukkaan valuminen lisäämällä hyvitystä vaativia uhrauksia. Nyt tehtävät hakkuut ovat peruuttamattomia, tulevien hakkuiden suunnitelmia voidaan aina muuttaa.

Taloudellinen analyysi pohjautuu viime kädessä rahavirtoihin. Käytettävien apusuureiden on syytä olla tulkittavissa rahavirtojen avulla. Metsälön hakkuuarvo on mielekäs suure vain arvioitaessa kaiken kerralla sileäksi pistävää hakkuuohjelmaa. Kasvamaan jätettävän puuston arvo määräytyy sen hakkuuhetken hakkuuarvosta. Erilaisia tavoitepuustoja ei voida verrata suoraan ottamatta huomioon tavoitepuustoon kulkemisen reittiä.

Hakkuuohjelmien paremmuusjärjestyksen laatiminen vaatii varsin tarkat oletukset. Jos täydellisen tietämyksen ja eksogeenisten hintojen lisäksi oletetaan täydelliset rahamarkkinat, hakkuuohjelmien vertailu yksinkertaistuu ratkaisevasti. Jokaisen päätöksentekijän kannattaa maksimoida nettotulojen nykyarvoa olipa hänen kulutuksen aikapreferenssinä mikä tahansa. Rahamarkkinoiden avulla voidaan tulot ohjata kitkatta haluttuun kulutusprofiiliin. Lisäksi jokaisen metsikön käsittely voidaan optimoida erikseen, tulot voidaan summata ja menot vähentää pankissa miettimättä metsiköiden välisiä kytköksiä. Nykyisin rahan ja puun markkinat ovat siksi vakaat ja hyvät, että nykyarvon maksimointi ja siihen perustuva Faustmannin kiertoaika tarjoavat hyvän alun metsänkäsittelytapojen vertailuun.

Nykymetsien pätehakkuu

Jos metsikkö ei ole Faustmannin kiertoajan laskennassa käytetyn kehityskäyrän mukaisessa tilassa, Faustmannin kiertoaikaa ei voida suoraan soveltaa

metsikön päätehakkuun arviointiin. Esimerkiksi hoidettujen viljelymetsiköiden optimaaliset kiertoajat eivät vielä ole ajankohtaisia, sillä viljelymetsätalous alkoi laajemmasta mitasta vasta 1960-luvulla (Metsätalostollinen vuosikirja 1990–91). Viljelymetsät tulevat vasta vuosikymmenien päästä uudistamisvaiheeseen. Nykymetsien päätehakkuun ajankohdan kuvaaminen metsikön iän avulla on ylipäänsä ongelmallista, sillä metsiköt ovat tuskin koskaan täysin tasaikäisiä.

Jos maan arvo B lasketaan Faustmannin kaavan avulla, A on puuston tämänhetkinen arvo, Ia on arvokasvu, ja p on korko, niin V -arvo (Nyyssönen 1999),

$$V = Ia - p(B + A)$$

on nykyarvolaskennan mukainen suure arvioida onko edullisempaa hakata nyt vai vasta kasvatuksen jälkeen. V -arvo voidaan laskea eripituisille kasvatusjaksoille laskemalla korko kasvatusjakson pituuden mukaisesti. Näin päästään metsikköä kasvattamaan kauempana tulevaisuudessa odottaviin arvonnousuihin asti ja hyödyntämään suhdannekieron tai puumarkkinoiden trendien aiheuttamat hintamuutokset.

Puuston arvosta ja lähiajan arvokasvusta voidaan tehdä melko luotettavia arvioita. Kukin pankkisuhhteissa oleva päätöksentekijä voi arvioida rahatilanteensa mukaisesti lähiajan koron. Paljaan maan arvo on täyspuustoisen metsikön potentiaalisessa päätehakkuutilanteessa melko pieni verrattuna puuston arvoon. Siten paljaan maan arvon laskennan epävarmuuden pitäisi vaikuttaa suhteellisen vähän tämän hetken päätehakkuupäätöksiin.

Faustmannilaisessa kiertoaikamäärityksessä käytetään samaa korkoa maan arvon ja lähitulevaisuuden hakkuutulojen nykyarvon laskentaan. Ajan yli vaihtuva korko sopii kuitenkin ongelmitta täydellisten pääomamarkkinoiden oletuksiin pohjautuvaan nykyarvon laskentaan. Jos pitkänajan korkokehitys oletetaan eksplisiittisenä kalenteriajan funktiona, V -arvon kaavaan on lisättävä vertailuhetkellä lasketun maan arvon ja nykyhetken maan arvon erotus. Matalaa korkoa pitkänajan laskelmissa suosivat päätyvät suureen maan arvoon, ja heillä arvokasvu tippuu nopeammin kriittisen korkovaatimuksen alapuolelle. Näin heidän tulisi hakata nykymetsä ai-

kaisemmin kuin saman lyhyenajan koron kohtaava korkeampaa pitkänajan korkoa käyttävä päätöksentekijä. Johtopäätös muistuttaa mielenkiintoisella tavalla sitä, että uudistumisen nopeutumisesta kannattaa maksaa nimenomaan matalan koron ja pitkien kiertoaikojen metsätaloudessa (Lappi 1983).

Harvapuustoisen metsikön uudistamisajankohdan valinnassa maan arvo tulee tärkeäksi (Salminen 1993). Jos metsikössä on muutama nopeasti kasvava puu, arvokasvuprosentti voi olla korkea, mutta maan arvon huomioonottava V -arvo tulee negatiiviseksi. V -arvon kautta saadaan siten hoidetuksi myös 'vajaatuottoisten' metsien uudistaminen muun metsänkäsitelystä kanssa loogisesti yhteensopivalla tavalla, eikä avuksi tarvita hassua reaalmetsän ja haavemetsän vertailua.

Päätehakkuun jälkeiset uudistamisinvestoinnit muodostavat nykymetsien päätehakkuuta mielenkiintoisemman haasteen ekonomiselle analyysille. Puun, maan ja pääoman markkinoiden pitkän ajan kehityskäyrät, riskit ja epävarmuudet, ilmaston muutokset, metsätalouden kestävyys ja sukupolvienvälinen tulonjako mahtuvat kisailemaan paremmin hakkuuaukolle kuin päätehakkuuvaiheen metsään. Puhdasoppinen taloudellinen rationaalisuus vaatisi uudistamispäätöksissä ja päätehakkuussa tehtävien oletusten loogista yhteensopivuutta. Pragmaattinen ekonomisti on valmis maksamaan pienen uhrimaksun kiivaan metsämieshengen lepyttämiseksi yrittäen silti ängetä uudistamisen ja nuorten metsien hoidon investoinnit taloudellisesti järkevimpään järjestykseen.

Metsiköstä metsälöön

Jos rahamarkkinat eivät ole täydelliset, metsätalouden suunnittelussa pitää ottaa huomioon metsälötason kytkenät. Metsälötasolla voidaan hylätä monta ristiriitaisiin metsikkökriteereihin perustuvaa käsittelyohjelmaa Pareto-optimaalisuuden avulla, eli löytyy hakkuuohjelmia, jotka ovat joka ajankohdan tulojen suhteen parempia tai yhtä hyviä. Yhdestäkin metsiköstä tulee metsälö silloin, kun osa metsiköstä hakataan ja osa jätetään hakkaamatta. Siten metsikkötason tarkastelu ei riitä, vaikka metsänomistajalla olisi hallussaan alunalkaen vain yksi metsikkö. On vaikea nähdä, mitä jää opittavaksi

Tahvosen, Salon ja Kuuluvaisen (1998, 1999) tutkimuksesta, jossa analysoidaan yhden metsikön kiertoaikaa, kun lainaa ei saa.

Hyötymalli

Epätäydellisillä rahamarkkinoilla hakkuupäätöksiä tehtäessä tarvitaan siis oletuksia kulutuksen aikapreferenssistä. Tahvonen ja Salo (1999), Tahvonen, Salo ja Kuuluvainen (1998, 1999) käyttävät kulutuksesta saatavan hyödyn mittarina:

$$\int_0^{\infty} U(c(t))e^{-\delta t} dt \quad (1)$$

missä $c(t)$ on kulutus hetkellä t , $U(c)$ on konkaavi funktio, ja δ on subjektiivinen aikapreferenssiparametri. Ainoa hyötymallin perustelu on, että se on 'taloustieteessä vakiintunut' (Tahvonen, Salo ja Kuuluvainen 1998). Malli on ongelmallinen hakkuupäätösten analyysissä. Ensinnäkin, koska rahaa käytetään kulutukseen epäjatkuvasti ja hyötöfunktio $U(c)$ on konkaavi, mallin tulkinta on epämääräinen. Jos integraali tulkittaisiin kaikkien kulutus tapahtumien kautta (Stieltjes-integraalina), $U(c)$:n konkaavisuudesta seuraisi, että kuluttaja voisi kasvattaa hyötyä ostamalla tupakat ja kahvit eri kauppareissilla. Joten kulutukselle pitää joka tapauksessa olettaa jonkinlainen tasoitus. Siten mallin yleisyyttä ei rajoita siirtyminen diskreettiin formulointiin:

$$\sum_{t=0}^{\infty} U(c(t))(1+\delta)^{-t} \quad (2)$$

Metsätulojen käytön suunnittelussa $U(c)$:n konkaavisuus rajoittaa turhan paljon valinnanvapautta tasoituksen jälkeenkin. Konkaavisuudesta seuraa, että metsänomistajan oletetaan saavan suuremman hyödyn ostaessaan peräkkäisinä vuosina kaksi Ladaa kuin jälkimmäisenä vuotena yli kaksi kertaa kalliimman Volvon. Mallin mukaan metsänomistaja ei halua koskaan tehdä kulutukseen Volvo- tai asunto-piikkejä.

Kulutushyötyjen aikaprofiilia justeerataan mallissa pelkästään parametrin δ avulla. Riippuen siitä miten δ suhtautuu rahan korkoon ja $U(c)$:n epälineaarisuuteen mallilla on taipumus johtaa joko nousevaan, tasaiseen tai laskevaan kulutukseen. Jos lai-

naa ei saa, laskevaan trendiin voi tulla hakkuista johtuvia hyppäyksiä ylöspäin (Tahvonen, Salo ja Kuuluvainen 1998, 1999). Kulutusprofiilin muoto seuraa epäsuorasti malliin rakennetuista oletuksista, eikä päätöksentekijällä ole käytössään parametreja kulutusprofiilin suoraan ohjailuun. Malli on metsänomistajan preferenssejä koskevan kuvauksen osalta hyvin rajoittunut.

Lappi ja Siitonen (1985) esittivät hyötymallin, jossa päätöksentekijä määrittää haluamansa Volvon ja muut erityiskulutustarpeensa ja ylijäävälle kulutukselle profiilin. Malli voi periaatteessa johtaa ratkaisuun, jossa yhden ajankohdan kulutuksesta hie-man tinkimällä voitaisiin kasvattaa reilusti toisen ajankohdan kulutusta. Kun analyysiin otetaan mukaan rahamarkkinat, säästö- ja lainakorko määrittävät rajat eri ajankohtien kulutuksen vaihtosuhteille.

Tahvosen, Salon ja Kuuluvaisen (1998) mielestä Lapin ja Siitosen (1985) malli on metsänomistajan preferenssejä koskevan kuvauksen osalta hyvin rajoittunut. Hyötymallin valinta on päätöksentekijän vapaasti valittavissa. Jää lukijan pohdittavaksi, haluaisiko hän mieluummin määrittää kulutuksen vaihtosuhteet δ :n ja $U(c)$:n avulla ilman kulutusprofiilin kontrollia, vai määrittää kulutuksen profiilin ilman vaihtosuhteiden täysin tarkkaa kontrollia.

Lineaarisen optimoinin avulla voidaan maksimoida konkaavien epälineaaristen funktioiden summaa kuvaamalla konkaaveja funktioita paloittain lineaaristen funktioiden avulla. Jos tavoitefunktiossa (2) aikaa t seurataan vain äärellinen askelmäärä, ja hamaan ikuisuuteen ulottuvaa summausta arvioidaan lopputilanteen avulla, tavoitefunktio (2) voidaan hoitaa lineaarisen optimointiin perustuvassa suunnitelujärjestelmässä. Tulojen, kulutuksen, säästöjen ja lainojen väliset riippuvuudet ovat lineaarisia. Siten MELA-järjestelmässä voidaan ottaa huomioon epätäydelliset rahamarkkinat käytetäänpä tavoitefuntiota (2) tai Lapin ja Siitosen (1985) tavoitefuntiota. Mitä MELA-mallia Tahvonen, Salo ja Kuuluvainen (1998) mahtanevat tarkoittaa kirjoittaessaan 'MELA-malli nojaa täydellisten pääomarkkinoiden oletukseen ja klassiseen kiertoaikamalliin'.

Muut hyödyt

Myös metsän muut hyödyt vaikuttavat kiertoaikaan. Lukiessani kirjoituksia metsien muista hyödyistä ihmettelen, miten voimme samassa maassa elää niin erilaisissa maailmoissa. Esimerkiksi Ollikaisen (1999) mukaan "... metsänomistaja päätehakkaa koko puustonsa, jolloin metsän muiden hyötyjen palvelusvirta laskee aluksi noltaan ja lisääntyy sitten puuston kasvun myötä". Maalaiskylässä olen oppinut metsien hyödyntämisestä aivan muuta. Päätehakkuun jälkeen aukolta ensin kerätään poltto- puuta, sitten kasvupaikasta riippuen joko vattuja tai puolukoita, ja sitten hirvimiehet tulevat napsimaan hirviä. Puuston kasvun myötä hehtaaria ja vuotta kohti lasketut muut hyödyt pienenevät, vaikka mustikoita ja suolasieniä poimitaankin vanhemmista metsistä. Lähes kaikki vakioreittieni varrella viime vuosikymmenien aikana tehdyt aukot ovat mielestäni parantaneet maisemaa. Maaston muotoihin sovitettut aukot ovat paljastaneet huikaisevia näköaloja kaukana siintäviin vaaramaisemiin. Olisi mielenkiintoista tietää, minkälaisia tuloksia saataisiin metsien muita käyttömuotoja ja ihmisten maisemakokemuksia koskevissa tutkimuksissa, jos sekä tutkimuksen tekijät että kyselyihin vastaajat eivät tietäisi, että on poliittisesti oikeaoppista vastustaa aukkoja.

Metsien muut arvot ja niiden aikapreferenssit kuten kulutuksenkin aikapreferenssit ovat päätöksentekijän vapaita valintoja. Vapauden ja välttämättämyyden välisen suhteen ymmärtämistä ei auta Ollikaisen (1999) päättelytapa: "Jos metsänomistaja on kiinnostunut puunmyyntitulojen ohella myös metsän muiden hyötyjen, $a(t)$ tuotannosta, maksimoi hän seuraavaa tavoitefunktioita".

Lopuksi

Käyttämällä yksinkertaistavia oletuksia metsien nykytilasta, kasvusta, käsittelyvaihtoehdoista, toiminnan taloudellisesta ympäristöstä ja päätöksentekijän tavoitteista (esim. funktion 1 avulla) voidaan simuloinnin tai matemaattisen analyysin avulla johdattaa eri tekijöiden välisiä teoreettisia yhteyksiä. Yksinkertaistusten takia näennäisesti kvantitatiivisetkin tulokset ovat itse asiassa kvalitatiivisia.

MELA-järjestelmän ja metsikkökohtaisen lähtötiedon avulla päätöksenteossa voidaan ottaa huomioon suuri määrä realistisesti arvioituja yksityiskoh- tia. Lineaarisen optimoinnin rajoitteiden avulla voidaan ottaa huomioon työvoiman, koneiden ja rahan käyttöön liittyvät aidot rajoitteet. MELAn käytön ongelmana on se, että optimointitehtävistä ja erityisesti suosituista kestävyysrajoitteista tulee helposti taloudellisessa mielessä keinotekoisia. Ratkaisuis- ta ei ole helppo löytää niihin implisiittisesti kätke- tyjä metsänkäsittelyperiaatteita. MELAn käyttäjät jättävät harmittavan usein varjohinnat tulkitsemat- ta. Varjohintojen määräämistä vaihtosuhteista näh- täisiin vastaavtko ne edes suurinpiirtein päätök- sentekijän tai markkinoiden arvostuksia. Eri ajankoh- tien tulojen varjohinnat kannattaisi aina muuttaa koroiksi. Ratkaisemalla valtakunnan tasolla itera- tiivisesti uusia tehtäviä olisi mahdollista tutkia hin- tojen määräytymistä endogeenisesti. Lappi (1999) kuvaa tarkemmin MELAn käytön kehitystarpeita.

Metsätalouden suunnittelulle olisi eduksi, jos eko- nomistit kiinnostuisivat MELAn kautta avautuvasta ikkunasta olemassaolevien metsien, kasvupaikkojen ja toimenpiteiden monimuotoisuuteen. MELAn käyttäjät voisivat saada laskelmiinsa ryhtiä määrit- telemällä optimointitehtävänsä ja tulkitsemalla tu- loksensa ottamalla huomioon ekonomin käsitteet ja teoriat. Jos molemmin puolin pitäydytään vakiin- tuneisiin formulointeihin, rationaaliseen taloudelli- seen analyysiin pyrkivä lähestymistapa jää jatkos- sakin hyvän metsänhoidon ajatusluutumien jalkoi- hin.

Kirjallisuus

- Lappi, J. 1983. Metsänuudistamisen vaatiman ajan mer- kitys uudistamispäätöksissä. *Silva Fennica* 17(3): 259–272.
- 1999. Metsätalouden suunnittelu – kasvu ja tuotos- tutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin so- vellus. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.), *Mela -99 ja metsätalouden suunnittelu*. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjaan.
- & Siitonen, M. 1985. A utility model for timber pro- duction based on different interest rates for loans and savings. *Silva Fennica* 19(3): 271–280.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1990–91. Suomen viralli- nen tilasto, Maa- ja metsätalous 1992:3.

- Nyyssönen, A. 1999. Kiertoaikamalli Suomen metsätaloudessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1999(3): 540–543.
- Ollikainen, M. 1999. Faustmannin mallin ja kahden periodin mallin vertailua. *Metsätieteen aikakauskirja* 1999(3): 549–555.
- Salminen, O. 1993. Männikön ja kuusikon liiketaloudellinen vajaatuottoisuus. *Folia Forestalia* 805. 27 s.
- Tahvonen, O. & Salo, S. 1999. Optimal forest rotation with in situ preferences. *Journal of Environmental Economics and Management* 37: 106–128.
- , Salo, S. & Kuuluvainen, J. 1998. Forest rotation periods and land values under borrowing constraint. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 706.
- , Salo, S. & Kuuluvainen, J. 1999. Forest rotation periods and land values under borrowing constraint. *Journal of Economic Dynamics and Control* (painossa).

■ VTT Juha Lappi (juha.lappi@metla.fi) on tutkija Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla