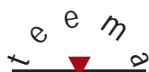


Lauri Valsta

Kiertoaikamalli metsänkasvatuksessa ja -uudistamisessa

t e e m a


Optimaalista kiertoaikaa tarkastellaan usein, erityistä johtuen, muista metsänkasvatuksen päätöksistä irrallaan. Kiertoaikatarkastelussa on tavantomaista olettaa, että puuston kehitys seuraa joko jotain keskimääräistä tai optimaalista kulkua, ja optimikiertoaika määritetään sen mukaisesti. Todelliset metsiköt ovat vain harvoin keskimääräisiä tai optimaalisia. On kysyttävä, onko kiertoaikapäätös erilainen, jos päätehakkuun ajankohta määritetään osana koko kiertoaikaa tai arkimetsien poikkeamat otetaan huomioon.

Kiertoaajan ja harvennusten samanaikainen optimointi

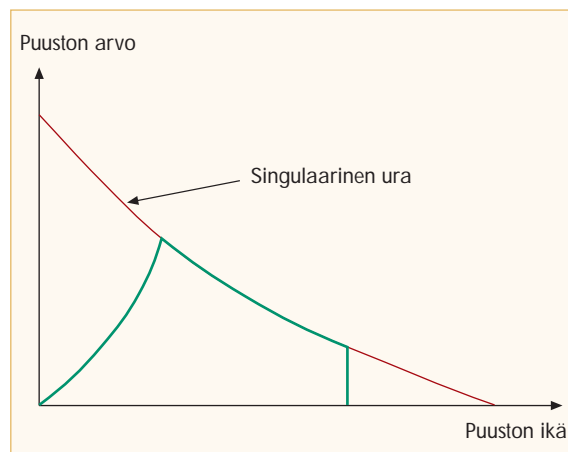
Tarkastellaan ensin optimiratkaisua, kun kiertoaikaa ja puustopääomaa optimoidaan samanaikaisesti. Yksinkertainen puuston kehitysmalli on sellainen, jossa puuston tilavuuskasvuun vaikuttaa puuston ikä ja määrä (esim. tilavuus):

$$\text{kasvu} = \text{ikätekijä} \cdot \text{määrätekijä}$$

Kun oletetaan, että puuston arvo ei riipu hakkukertymän suuruudesta, vaan saadaan yksinkertaisesti määrän ja hinnan tulona, tällaiselle kehitysmallille voidaan määrittää lineaarisena optimiohjaustehtävänä ns. singulaarinen ura, joka ilmaisee optimaalisen puuston määrän eri iänkohdilla. Jos puuston määrä on uran yläpuolella, metsikköä harvennetaan,

ja jos se on uran alapuolella, metsikön annetaan kasvaa. Kuvassa 1 puusto kasvaa aluksi harventamatta siihen asti kunnes arvo saavuttaa singulaarisen uran. Sen jälkeen puuston arvo pidetään uralla harvennuksin kunnes päätehakkuun ajankohta saavutetaan.

Singulaarinen ura sijaitsee kohdalla, jossa puuston arvokasvun ensimmäinen derivaatta arvon suhteen kerrottuna ikätekijällä on korkokannan suuruinen (Clark 1976). Optimikiertoaika saadaan tavantomaisesti maanarvon maksimointina ja puusto pää-



Kuva 1. Puuston arvon kehitys iän suhteen optimiratkaisussa ja singulaarinen ura.

tehkataan singlaariselta uralta optimikiertoajan antamalla hetkellä. Merkittävää siis on, että tässä tapauksessa optimaalinen puuston määrä ja kiertoaika voidaan ratkaista toisistaan riippumatta. Puuston ikääntyessä suhteellinen arvokasvu hidastuu. Tästä johtuen singulaarinen ura on laskeva puuston iän suhteen. On myös huomattava, että uran sijainti riippuu korkokannasta: mitä korkeampi korkokanta, sitä alempana ura sijaitsee. Optimiratkaisussa oletetaan myös, että puustoa harvennetaan jatkuvasti pitäen puustopääoma tarkasti uran mukaisena.

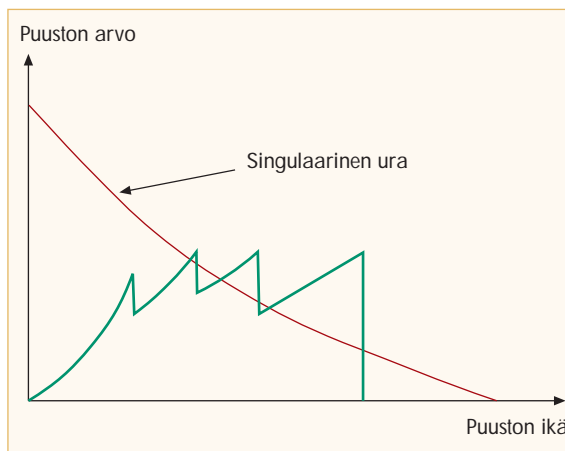
Edellä esitetty malli puuston arvon kehitykselle on pelkistetty. Siinä ei ole otettu huomioon useita taloudellisesti tärkeitä piirteitä: korjuukustannukset riippuvat hakattavan puuston määrästä ja runkojen koosta, harvennusten korjuukustannukset ovat korkeammat kuin päätehakkuun, harvennukset lisäävät rungon kokoa ja puuston laatua ja sitä kautta arvoa. Nämä tekijät muuntavat optimiharvennusta ja kiertoajan pituutta: harvennuksia ei kannata tehdä jatkuvasti vaan tietyin väliajoin, puiden poistoa kannattaa osin lykätä päätehakkuuseen, ja harvennuksia kannattaa tehdä kiertoajan alussa jo ennen kuin puustopääoma saavuttaa singulaarisen uran tason. Nämä tekijät huomioon ottava puustopääoman kehityskulku muistuttaa jo enemmän omaksuttuja harvennusmalleja (kuva 2).

Kiertoajan optimoinnin kannalta huomattavaa on harvennusten lukumäärän ja optimikiertoajan positiivinen riippuvuus: optimikiertoaika pitenee kymmenillä vuosilla, kun harvennusten lukumäärää lisätään nolasta kolmeen (Valsta 1992, Haapanen 1996).

Yhteenvetona voidaan todeta, että maanarvoa maksimoiden voidaan määrittää optimaaliset kasvatushakkuut ja kiertoaika myös samanaikaisesti. Näin saadun optimikiertoajan taloudelliset ominaisuudet poikkeavat jossain määrin pelkän kiertoajan optimoinnin tuottamasta tilanteesta.

Epäoptimaaliset metsiköt

Kiertoaikamallilla voidaan periaatteessa määrittää optimikäsitteily jokaiselle metsikölle erikseen, mutta se ratkaisu ei useinkaan ole käytännöllinen. Yhden optimiratkaisun sijaan voidaan kiertoaikamallin laajenuksena määrittää päätössääntöjä, joita voidaan



Kuva 2. Puuston arvon kehitys optimiratkaisussa, jossa korjuukustannukset ja harvennusten vaikutus puuston arvoon on otettu huomioon.

soveltaa mielivaltaiseen metsikköön. Aikanaan edistyksekkäänä esimerkkinä tästä lähestymistavasta on Kilkin ja Väisäsen (1969) tutkimus, jossa sovellettiin dynaamista ohjelmointia optimaalisen käsitteily sääntöjen määrittämiseen.

Ei voida esittää mitään yleispätevää sääntöä sille, kuinka paljon optimaalinen kiertoaika metsikölle, joka on epäoptimaalisessa tilassa tarkasteluhetkellä, poikkeaa koko kiertoajan optimiratkaisua noudattavan metsikön kiertoajasta. Optimikiertoajat kehitysvaiheessaan erilaisille metsiköille poikkeavat iän suhteen toisistaan paljonkin, mutta arvokasvun sekä puuston ja maan korkojen suhde ohjaa optimikiertoaikaa. Valstan (1992) ja Haapasen (1996) tulosten mukaan biologinen ikä vaikutti kiertoajan ajankohtaan vähemmän kuin puuston järeytyminen ja puustopääoma. Kilkin ja Väisäsen (1969) tuloksissa taloudelliset parametrien arvot ratkaisivat, kuinka samanlaisia tai erilaisia optimikiertoajat olivat erilaisille epäoptimaalisille metsiköille.

Nyyssösen ja Ojansuun (1982) tutkimuksessa (ks. myös Valstan (1997, s. 30–31) laatimat kaaviot) on nähtävissä arvokasvuprosentin riippuvuus puustopääomasta päätehakkuuvaiheessa. Eri puustopääomatasoilla uudistamiskriteeri saavutetaan huomattavan eri iänkohtina, vaihtelu on kymmeniä vuosia. Väljennyshakkuun mahdollisuus on syytä kuitenkin

kin pitää mielessä runsaspuustoisissa, päätehakkuuta vasta lähestyvissä metsiköissä. Lisäksi on huomattava, että arvokasvuprosenttia ei tule suoraan verrata laskentakorkokantaan vaan ainakin paljaan maan arvo tulee ottaa huomioon hakkuukypsyyttä määritettäessä.

Nykyiset puittaiset kasvumallit (esim. Hynynen 1996) antavat jo verrattain hyvät mahdollisuudet tarkkoihin taloudellisiin laskelmiin simulointeihin perustuen. Keskeisimmät epävarmuustekijät liittyvät puutteellisiin malleihin puuston laadun kehityksestä erilaisten käsittelyjen seurauksena sekä laadun ja arvon väliseen riippuvuuteen. Ongelmakohdina voidaan lisäksi pitää latvusdynamiikan mallitusta sekä puun koon ja boniteetin positiivista korrelaatiota, jota on vaikea täysin ”puhdistaa” kasvumalleista.

Mikä olikaan Faustmannin kaava?

Metsäekonomisessa kirjallisuudessa (esim. Samuelson 1976, Johansson ja Löfgren 1985) on tullut yleiseksi esittää Faustmannin kaava muodossa

$$L = [p f(T) e^{-rT} - C] / (e^{-rT} - 1)$$

jossa L on paljaan maan arvo, p on kantohinta, $f(T)$ on puuston määrä, C on uudistamiskustannus ja e^{-rT} on diskonttaustekijä. Perusajatus on toki sama kuin Faustmannin kaavassa, mutta alkuperäisessä kaavassahan ei summata kantohinnan ja puumäärän tuloja vaan hakkuiden nettotuloja seuraavasti

$$B = [E + rD - C (1.0p)^u] / [(1.0p)^u - 1] - A/0.0p$$

jossa B on maan arvo, E on päätehakkuutulo, rD on prolongattujen harvennustulojen summa, C on uudistamiskustannus, A on vuotuinen kustannus, p on korkokanta ja u on kiertoaika.

Kun kaavan tavanomaiseksi tullutta muotoa käytetään, saatetaan erehtyä luulemaan, että Faustmannin ajatus oli yksinkertaistaa metsikön tulojen kuvausta niin, että hakkuutulo voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella vakiokantohinnan ja puumäärän tulona. Asiaan tarkemmin perehtymätön sijoittaa kaavaan suoraan lukuarvot, mahdollisesti asiantuntijoilta tiedustellut arvot, ja ihmettelee sen jäl-

keen saamansa kiertoajan lyhyttä syyttäen maanarvon kaavaa todellisuudelle vieraaksi. On siis tärkeää käyttää laskelmissa samoja tulojen määrätymisperusteita kuin siinä todellisuudessa, johon laskelmien tuloksia verrataan, tai silloin, kun näin ei voida tehdä, ottaa tilanne huomioon päätelmissä.

Kirjallisuus

- Clark, C.W. 1976. Mathematical bioeconomics: the optimal management of renewable resources. John Wiley & Sons, New York. 351 s.
- Haapanen, R. 1996. Männikön optimaaliset hakkuut. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos. 59 s.
- Hynynen, J. 1996. Puuston kehityksen ennustaminen MELA-järjestelmässä. Puuston kehityksen ennustaminen: MELA ja vaihtoehtoja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 358. s. 21–37.
- Johansson, P.-O. & Löfgren, K.-G. 1985. The economics of forestry and natural resources. Basil Blackwell, Oxford. 292 s.
- Nyysönen, A. & Ojansuu, R. 1982. Metsikön puutavara-lajirakenteen, arvon ja arvokasvun arviointi. Acta Forestalia Fennica 179. 52 s.
- Samuelson, P.A. 1976. Economics of forestry in an evolving society. Economic Inquiry 14: 466–492.
- Valsta, L. 1992. An optimization model for Norway spruce management based on single-tree growth models. Tiivistelmä: Kuusikon käsittelyn optimointi puitaisiin kasvumalleihin pohjautuen. Acta Forestalia Fennica 232. 20 s.
- 1997. Uudistushakkuiden ajoitus. Julkaisussa: Mieliäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). Kannattava puuntuotanto. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 27–34.

■ Lauri Valsta (lauri.valsta@helsinki.fi) on Helsingin yliopiston liiketaloudellisen metsäekonomian m.a. professori.