

Jari Hynynen

Kasvumallit metsien kehityksen ennustamisen työkaluina

Tuotostaulukoistaanalyysiohjelmiin

Puiden kasvua, metsän kehitystä ja metsänhoitoa on maassamme tutkittu järjestelmällisesti jo lähes vuosisadan ajan. Kun varsinaisen tutkimustyön lisäksi aiheesta on kertynyt ja siitä on dokumentoitu käytännön työstä saatuja kokemuksia ainakin yhtä pitkältä ajalta, voidaankin todeta että tästä aiheesta on kertynyt varsin runsaasti tietoa.

Puista ja metsistä tarvitaan kuitenkin jatkuvasti ajan tasalla olevaa tietoa. Sen vuoksi puiden kasvua pidetään edelleen relevanttina tutkimuksen kohteena. Kasvu- ja tuotostutkimus on soveltavaa tutkimusta, jonka tuloksilla on välitöntä käytännön merkitystä. Kasvu- ja tuotostutkimus onkin tuottanut työkaluja metsien kehityksen ennustamiseksi, joita käytetään metsätaloudessa tehtävän päätöksenteon tukena. Tutkimustiedon ilmaisumuoto vain on ajan kuluessa muuttunut. Aluksi riittivät tutkijan sanalliset arviot miten erilaiset toimenpiteet vaikuttavat metsän kehitykseen. Tätä kehittyneempänä vaiheena tutkimustiedon välittämisessä voidaan nähdä kasvu- ja tuotostaulukot, esimerkkinä Ilvesalon 1920-luvulla esittämät tutkimustulokset metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä. 1960- ja 1970-luvuilla modernin tietojenkäsittelyn kehityksen alkuvaiheessa kasvu- ja tuotostutkimuksen piirissä alettiin hyödyntää kehittyneempiä tutkimusmenetelmiä. Laadittiin ensimmäiset kasvun simu-

lointimallit, jotka tosin käytännön tarpeita varten tarjoiltiin edelleen tuotostaulukoiden muodossa.

Tänään harvennusmallien ja kasvatusohjeiden esittäminen siinä muodossa kuin viime vuosikymmeninä niitä on totuttu käyttämään on nähdäkseni tutkimustulosten vajaakäyttöä. Tämän päivän tiedon soveltajalla on käytettävissään välineet, joita käyttäen hän voi perustaa päätöksentekonsa paljon entistä monipuolisempaan, joustavampaan ja kokonaisvaltaisempaan tiedon käsittelyyn ja hyödyntämiseen. Tilanteessa, jossa metsätalouden suunnittelijalla on käytössään tehokas mikrotietokone taulukkolaskentaohjelmistolla varustettuna, ei hän tarvitse välttämättä tuotostaulukoita, tai harvennusmalleja ja pituusboniteettikäyriä paperilla esitettynä. Sen sijaan hyödyllisiksi osoittautuisivat joustavat kasvumalleja sisältävät ohjelmistot, joiden avulla voidaan laatia yksittäisen metsikön vaihtoehtoisia kehityssennusteita. Niitä tarkastelemalla voidaan arvioida erilaisten metsänkäsittely- ja hoitotoimenpiteiden vaikutusta metsän kehitykseen, ja valita kulloisiinkin tavoitteisiin parhaiten sopiva kasvatusohjelma.

Kasvumalleja käytetään apuna metsätalouden harjoittamiseen liittyvässä päätöksenteossa myös laajemmassa mittakaavassa kuin yksittäisen metsikön kehitystä ennustamisessa. Kasvumallien avulla tuotetaan myös alueellisia ja valtakunnallisia metsävaraennusteita taustainformaatioksi metsäpolitiikan suunnitteluun. Päätöksentekijästä ja päätöksentekotasosta riippumatta kasvumallien käyttö on tehokkaimmillaan silloin kun mallit on sisällytetty osaksi laajempaa analyysiohjelmaa, joissa on huomioitu myös metsätalouden päätöksentekoon keskeisesti vaikuttavat muut taustatekijät, kuten ajanta-

Jari Hynynen toimii tutkijana Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskuksessa. Kirjoitus perustuu hänen väitöskirjaan. Väitöskirja *Modelling tree growth for managed stands* on julkaistu Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja sarjassa numerolla 576. ISBN 951-40-1480-4.



Kuva 1. Kylvetyn ja istutetun männikön puun-
tuotosta selvittävä koe Punkaharjulla. Koe
perustettu 1948, kuvassa istutettua männikköä
vuonna 1993. Metla/Erkki Oksanen.

sainen tieto metsävaroista, metsätaloudelle asetettavat tavoitteet, toiminnan rajoitteet sekä tietoinnan taloudellisista tuotoista ja sen kustannuksista. Kehittyneimmissä analyysiohjelmistoissa käytetään apuna optimointia etsittäessä ratkaisua, joka parhaiten toteuttaa asetetut tavoitteet.

Mallitiedonjäsentäjiä

Kasvumallien laadinnassa keskitytään pitkälti siihen, miten ilmiöstä hankkimamme tietämys kuvataan. Kasvumallien laadinnan keskeisenä tavoitteena on järjestellä kasvuun vaikuttavia tekijöitä koskeva, usein sirpalemainen tieto kompaktimpaan muotoon, jotta eri tekijöiden vaikutukset olisivat helpommin hahmotettavissa. Malleja laadittaessa kasvuun vaikuttavat tekijät kvantifioidaan, minkä jälkeen niitä analysoidaan tarkastelemalla eri tekijöiden vaikutustapaa kasvuun sekä selvitetään eri kasvutekijöiden keskinäisiä riippuvuussuhteita.

Kasvumallitus ei ole oma tieteenala, vaan se on tutkimusmenetelmä, jota voidaan sovelletaan monella metsäntutkimuksen alalla tutkimuksissa, joiden kysymyksenasettelut saattavat suurestikin poiketa toisistaan. Tutkimus onkin tuottanut suuren joukon eri tarkoituksiin laadittuja ja hyvin erilaisia puiden ja metsän kehitystä ennustavia malleja. Malleja laaditaan niin perustutkimuksen kuin sovelletun tutkimuksen tarpeisiin.

Perustutkimuksen piirissä kasvumalleilla pyritään kuvaamaan puiden kehitykseen liittyviä kausaalisia syy- ja seuraussuhteita. Tällaiset mallit kuvaavat fysiologisia prosesseja, jonka seurauksena puu kasvaa, usein hyvinkin yksityiskohtaisesti. Parhaimmillaan tällaisen tutkimuksen tuloksena syntyneet ennustemallit auttavat tutkijaa hahmottamaan ilmiöiden välisiä riippuvuussuhteita entistä selvemmin. Nämä mallit voivat sitä kautta laajentaa ja syventää käsitystä tutkittavasta ilmiöstä ja mahdollisesti suunnata tutkimusta alueille, joista tietämyksemme on puutteellista.

Kasvu- ja tuotostutkimuksessa kasvun ennustamisen tutkimusongelmaa lähestytään soveltavan tieteen näkökulmasta. Tällaisia kasvumalleja kutsutaan usein empiirisiksi tai tilastollisiksi kasvumalleiksi. Empiirisen kasvumallituksen keskeisenä tavoitteena on tuottaa puiden kasvusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä kerätty tieto sellaisessa muodossa, että se olisi mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettävissä edellä kuvatuissa sovellutustilanteissa eli käytännön metsätalouden päätöksenteossa.

Empiiriset kasvumallit

Empiirisissä kasvumalleissa ei pyritä kuvaamaan kaikkia kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Sen sijaan pääpaino on sen selvittämisessä, miten paljon puut kasvavat erilaisissa olosuhteissa. Puun kasvuun vaikuttavat olosuhteet kuvataan kasvupaikkaa sekä metsän ja puun senhetkistä tilaa kuvaavien tunnus-ten avulla usein täydennettynä tiedoilla metsikön aiemmasta käsittelyhistoriasta. Empiirisissä malleissa kasvuun vaikuttavat tekijät pyritään kuvaamaan helposti mitattavissa olevien taksatoristen tunnus-ten avulla, minkä ansiosta voidaan hyödyntää laajoja ja tilastollisesti edustavia aineistoja sekä soveltaa biometrian menetelmiä tutkimusaineiston analyysissa. Menetelmien osalta tutkimus pohjaa metsänarvioimistieteen traditioon sisältäen vahvan tilastotieteellisen painotuksen.

Tutkimusta, joissa kasvua kuvataan empiiristen mallien avulla, on usein syytetty siitä, että siltä puuttuu tyystin teorianmuodostus. Vaikka esimerkkejä tällaisistakin tutkimuksista toki on, en näe teorianmuodostuksen puutetta yleisenä, tällaiseen mallitusotteeseen väistämättä kuuluvana piirteenä. Kuten tutkimuksessa yleensä, tutkimushypoteesien laadinnassa käytetään hyväksi aiempaa tietämystä siitä, miten kasvutekijöiden vaikutus ilmenee puun kasvussa ja millaisia riippuvuuksia eri kasvutekijöiden välillä on. Teorianmuodostuksen perustana on metsien kasvu- ja tuotosoppi ja metsänhoitotiede, toisin sanoen metsään ja puihin sovellettu kasvien tuotosekologia ja biologia. Empiria tunnustetaan siinä vaiheessa kun valitaan ne tunnuks-ten avulla kasvuun vaikuttavia tekijöitä kuvataan. Empiirisissä malleissa kasvua selittävät tekijät ovatkin harvoin ns. primaarisia kasvutekijöitä, joiden

mittaaminen laajassa mittakaavassa on vaikeaa, ellei peräti mahdotonta. Sen sijaan kasvun selittäjinä käytetään kvantitatiivisia tunnuksia, joissa realisoituu primaaristen kasvutekijöiden vaikutus. Esimerkkinä pituusboniteetti, joka ilmentää sitä miten tietty kasvupaikan ravinne-, kosteus- ja ilmasto-olosuhteiden kombinaatio heijastuu puiden kasvussa.

Koska empiirisessä mallitusotteessa kasvuun vaikuttavat tekijät kuvataan helposti mitattavilla tunnuksilla, tutkimushypoteesien testaus reaali-maahan empiirisen aineiston avulla on usein mahdollista toteuttaa siinä laajuudessa, että tulosten yleis-tettävyyttä voidaan arvioida tilastotieteellisin pe-rustein. Tuloksena on malli, joka sisältää sekä kas-vun ennusteen että arvion tuloksen yleistettävyydes-tä eli mallin luotettavuudesta. Se on mallin sovelta-jalle usein varsin tärkeä tieto siinä kuin itse ennus-tekin.

Erilaiset ihmisen tekemät toimenpiteet metsässä saavat usein aikaan nopean muutoksen puiden kasvu-ympäristössä. Esimerkkejä tällaisista toimenpi-teistä ovat mm. harvennus, puiden pystykarsinta ja metsänlannoitus. Tällaisten muutosten vaikutuksia ennustettaessa korostuu tutkimustyössä entisestään tarve huolelliseen hypoteesien muodostukseen. Tut-kijan tulisi ymmärtää, miten tehty toimenpide muut-taa puun kasvua. Sen jälkeen valitaan ne mitatta-vissa olevat tunnuks-ten avulla toimenpiteen vaikutus kasvuun heijastuu. Vasta sitten seuraa vai-he, jossa kerätään tai käytetään jo kerättyä mittaus-aineistoa jonka avulla voidaan tutkimushypoteese-ja testata. Käytännössä tällainen tieto saadaan jär-jestettyjen metsikkökokeiden avulla, joiden koe-järjestelyssä on pyritty minimoimaan muu kuin tut-kittavan kasvutekijän aikaansaama kasvunvaihte-lu.

Empiria yksinriittämätön

Vaikka kestokoetointa onkin hyvin laajaa ja vaika kokeiden suunnittelussa tilastotieteellisiin näkö-kohtiin onkin kiinnitetty runsaasti huomiota, eivät järjestetyt kokeet voi koskaan täyttää vaatimusta, että ne olisivat tilastotieteellisesti edustava otos maamme metsistä. Toisaalta tuntuu tällä hetkellä epärealistiselta olettaa, että tutkijoilla koskaan oli-

sikaan käytettävissään sellainen tilastollisesti edustava ja laaja inventointiaineisto, joka sisältäisi kaikki kiinnostavat toimenpiteet tilastollisesti riittävässä laajuudessaan edustettuina ja samalla sisältäisi kaikki tunnukset, joita tarvitaan selittämään metsässä tehtävien toimenpiteiden vaikutuksia.

Jos puiden kasvuun vaikuttavasta ilmiöstä halutaan laatia loogisesti toimiva ennustemalli, ei tällaista tutkimusta ole mahdollista läpiviedä menestyksellisesti nojautuen ainoastaan empiirisen aineistoon ja tilastotieteellisiin menetelmiin. Kun tämä tunnustetaan tutkimustoiminnassa, kehitettävistä malleista saadaan puhtaasti tilastotieteellisin kriteerein arvioiden kenties hieman heikompia, mutta loogisuudeltaan ja biologiselta perustaltaan vankemmalla pohjalla olevia malleja. Vain tällaisilla ennustemalleilla on käyttöarvoa myös laadittaessa ennusteita lähtien siitä oletuksesta, että tulevaisuudessa kaikki kasvun edellytykset eivät olekaan samanlaisia kuin tänään.

Metsäntutkija säätieteilijää onnekkaampi

Kaikista edellä kuvaamistani puutteista ja ongelmista huolimatta metsäntutkijan osa tulevaisuuden ennustajana on suhteellisen siedettävä verrattuna esimerkiksi kollegoihin meteorologian alalla. Kiitos puittemme varsin verkkaisen kehitystempon, jonka ansiosta ennustejaksojen pituus lasketaan vuosissa, ei päivissä. Miesmuisti ulottuu varsin harvoin niin kauas, että monikaan muistaisi pieleen menneitä kehitysennusteita. Voimme siis laatia ennusteitamme melko luottavaisin mielin. Puiden kasvun ennustamisen parissa ahertavan tutkijan ja miksei myös kasvumallien soveltajan on kuitenkin kai-

ken varalta hyvä pitää mielessään mietelmä, jonka sinisten ajatusten mies Konsta Pylkkänen esittää Veikko Huovisen kirjassa Havukka-ahon ajattelija. Se käsittelee sitä viisauden lajia, joka pyrkii valottamaan tulevaisuutta. Konstan mukaan ”kaukovii-
saus on yksi viisausopin lajeista, joka on sitä, että asiat harkitaan etukäteen ja kuvitellaan tapaus sikkseenkin elävästi, että kun se kerran tapahtuu, on reitit selvät. Tässä lajissa on kaksi pahaa vikaa; asia jää huvikseen toteutumatta tai se sattuu eri tavalla. Joka arvaa ottaa nämäkin huomioon, sille on maalimanranta kevyt kiertää”.