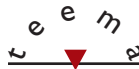


Jari Hynynen, Risto Ojansuu ja Kalle Eerikäinen

Metsänkäsittelyvaihtoehdot – mihin nykyiset kasvu- ja tuotosmallit riittävät?



Uusia vaihtoehtoja metsien käsittelyyn

Uuden metsälain tullessa aikanaan voimaan on todennäköistä, että metsien käsittely tulee ainakin jossain määrin monipuolistumaan nykyisestä. Sen myötä ennestään harvinaisemmat, tai peräti aidosti uudet käsittelymenetelmät yleistyvät.

Uuden metsälain mahdollistamia uudenlaisia metsänkasvatusmuotoja ovat muun muassa energia-puun intensiivinen lyhytkiertokasvatus metsämaalla. Laista ollaan myös poistamassa tai ainakin väljentämässä kasvatettavan puuston käsittelyrajoitteita, mikä mahdollistaa entistä voimakkaammat harvennukset, ylä- ja määrämittahakkuun tyyppiset harvennukset, ja myös paljon keskustelua aikaan saaneen eri-ikäisen metsän kasvatukseen. Edellä mainittujen muuttuvien käsittelytapojen lisäksi metsien käsittelyssä on jatkuvasti yleistymässä, metsälaista tai sen muutoksista riippumatta, passiivisen metsänhoidon malli, jossa metsien hoitotoimet ja hakkuut joko viivästyvät tai jäävät tyystin toteuttamatta. Metsien kasvun ja tuotoksen ennustamisen kannalta myös se on haastavuudessaan uusien käsittelymenetelmien veroinen.

Metsien käsittelypäätösten teon tueksi tarvitaan luotettavaa tietoa siitä millaisia vaikutuksia erilaisilla käsittelyvaihtoehdoilla on metsiin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Koska useimmilla metsänomistajilla on vaihtoehtoisia tavoitteita metsien käsittelylle, tulisi päätöksentekijän tukena ja saatavilla olla monipuolista informaatiota. Uusissa käsittelyvaihtoehdoissa kiinnostavatkin niiden puuntuotannollisten ja taloudellisten vaikutusten

ohella vaikutukset monimuotoisuuteen, maisemaan, hiilensidontaan, virkistyskäyttöön, jne. Päätöksentekijästä riippuen kiinnostavat vaikutukset voivat olla paikallisia, alueellisia tai valtakunnallisia, ja vaikutusten aikajänne voi vaihdella vuodesta vuosikymmeniin. Ennustemallien erotuskyvyltä vaaditaan paljon, jotta niitä voidaan hyödyntää käytännön päätöksentekotilanteissa. Useimmissa mallien käyttötilanteissa ei riitä se, että mallilla saadaan suuntaantava ennuste. Esimerkiksi metsänkasvatuksen kannattavuusvertailut edellyttävät erotuskyvyltään riittäviä ja keskenään vertailukelpoisia ennusteita vertailtavien kasvatustoimenpiteiden tai kasvatusketjujen vaikutuksista hakkuukertymien määriin ja rakenteeseen sekä käsittelyjen ajoitukseen.

Tämän artikkelin tavoitteena on tarkastella sitä, miten hyvin nykyiset kasvu- ja tuotosmallit tuovat tutkimukseen perustuvaa tukea uusista metsänkäsittelytavoista ja missä määrin niitä voidaan tai ei voida soveltaa käytännön päätöksenteossa. Tarkastelemme myös niitä ominaisuuksia, joiden kuvaamisessa mallien kehittämistä tarvitaan eniten.

Mallit ja ennusteet päätöksenteon tukena

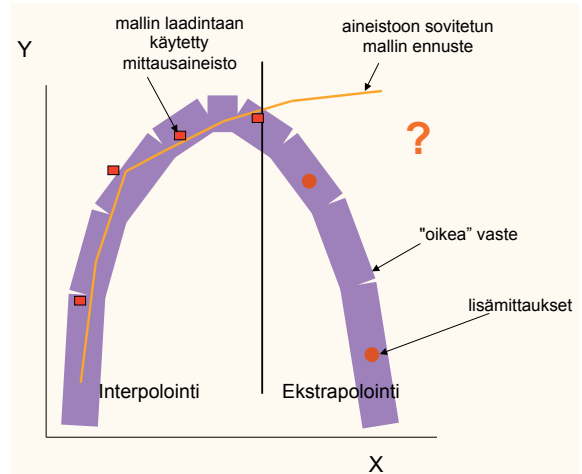
Malleihin perustuvat laskelmat ovat vallitseva tapa hyödyntää tutkimustietoa päätöksenteon tukena. Niitä sovelletaan laajasti mm. arvioitaessa metsien rakennetta tai ominaisuuksia (mm. puuston tilavuus, biomassa, hiilensidonta) sekä suunniteltaessa metsänhoito- ja käsittelytoimia (esim. harvennusmallit) tai metsien pitemmän aikavälin hyödyntämistä (metsäsuunnittelujärjestelmät).

Malleja sovellettaessa on muistettava, että ne ovat aina yksinkertaistuksia ilmiöstä, jota ne kuvaavat tai jonka kehitystä ne ennustavat. Puiden ja metsien rakenteeseen ja kehitykseen vaikuttavat monet tekijät, jotka aikaansaavat vaihtelua, jota kaikilta osin ei malleilla pystytä selittämään. Sen vuoksi malleilla tuotettuihin ennusteisiin liittyy aina epävarmuutta ja ”selittämätöntä” vaihtelua.

Mallien laadinnassa käytetään aina mitattua tietoa mallinnettavasta ilmiöstä. Se, missä vaiheessa ja miten mittaus tietoa mallinnuksessa sovelletaan, vaihtelee paljon mallityypin ja mallien laadintatavan mukaan. Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin sanoa, että mittausaineistoista täysin riippumatonta mallia ei ole olemassa. Sen vuoksi useimmilla malleilla on tietty ”mukavuusalue”, jolla sen tuottamien ennusteiden osumatarkkuus on parhaimmillaan. Mallin yleistettävyyttä ”mukavuusalueen” ulkopuolelle (ekstrapolointi) on vaikea arvioida ja siihen vaikuttavat monet tekijät (kuva 1). Mallin pohjalla oleva teoria on ekstrapoloinnin edellytys: on arvioitava, kuinka hyvin aineisto ja sen avulla tuotettu malli tukevat teoriaa ja kuinka pitkälle ekstrapolointialueelle mallin voidaan olettaa antavan riittävän luotettavia ennusteita.

Heikoimmillaan ekstrapolointikyky on sellaisten mallien kohdalla, jotka tukeutuvat pelkästään mitattujen havaintojen tilastolliseen sovittamiseen. Useimmissa kasvu- ja tuotosmalleissa on kuitenkin rakenne, joka perustuu teoriaan ja aiempaan tietoon siitä, mitkä mitattavissa olevat tekijät ilmiöön vaikuttavat ja minkä suuruisia ja muotoisia vaikutukset ovat. Mitä vahvempi teoriapohja mallin taustalla on, sitä paremmat edellytykset mallilla on toimia luotettavasti, tai vähintäänkin loogisesti ekstrapolointitilanteessa.

Uusien ja ennestään harvinaisten metsänkäsittelytapojen vaikutusten ennustamisessa onkin kyse mallien soveltamisesta niiden ”mukavuusalueen” ulkopuolella. Mallien käyttökelpoisuuden kannalta ratkaiseva kysymys on se, miten paljon mallin soveltaja voi luottaa mallien toimivuuteen tällä uudella sovellusalueella.

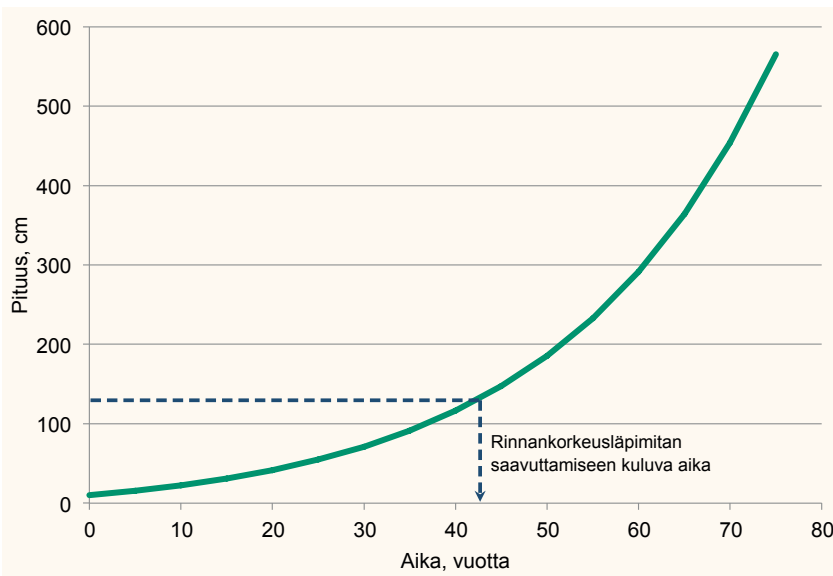


Kuva 1. Periaatekuva suppeaan aineistoon sovitetun mallin kyvystä ennustaa ilmiötä laadinta-aineiston ulkopuolella.

Eri-ikäinen metsä mallinnettavana ilmiönä

Alussa mainituista uusista metsänkäsittelytavoista mallien laatijan kannalta vaativinta on eri-ikäisen metsän kasvatuksen ja käsittelyvaikutusten mallintaminen ja ennustaminen. Tasaikäisrakenteisen metsikön kehitystä mallinnettava tavoitteena on ennustaa yhtä tai korkeintaan muutamaa puulajia ja puusukupolvea edustavien puujaksojen syntyminen ja kehitys kiertoajan puitteissa. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä joudutaan ennustamaan samanaikaisesti sekä kaikenikäisten ja -kokoisten puiden kehitystä, aina syntyvistä taimista suuriin päätehakkukypsiin puihin, että myös näiden erilaisten puiden vaikutus toistensa kehitykseen.

Jotta eri-ikäisen metsikön kehitys olisi puuntuotannollisesti ja taloudellisesti tarkasteltuna kestävä, tulee uusia taimia syntyä ja kasvaa riittävästi korvaamaan poimintahakkuissa poistettavat puut ja otamaan niiltä vapautuneet kasvuresurssit käyttöönsä. Eri-ikäisen metsän kasvatuksen onnistumisen edellytys on puuston riittävä luontainen uudistuminen. Koska metsiä käsitellään poimintahakkuin, ne säilyvät jatkuvasti peitteisinä uusien puusukupolvien syntyessä vallitsevien puujaksojen alle. Hakkuiden tavoitteena on, välittömien hakkuutulojen lisäksi, ohjata kasvuresursseja arvokkaimpien hakkuissa



Kuva 2. Pituudeltaan vähintään 10 senttimetriä 15 vuoden seurantajakson alussa olleiden taimien keskimääräinen pituuskehitys Metsäntutkimuslaitoksen eri-ikäisrakenteisten metsien kestokoeala-aineistossa.

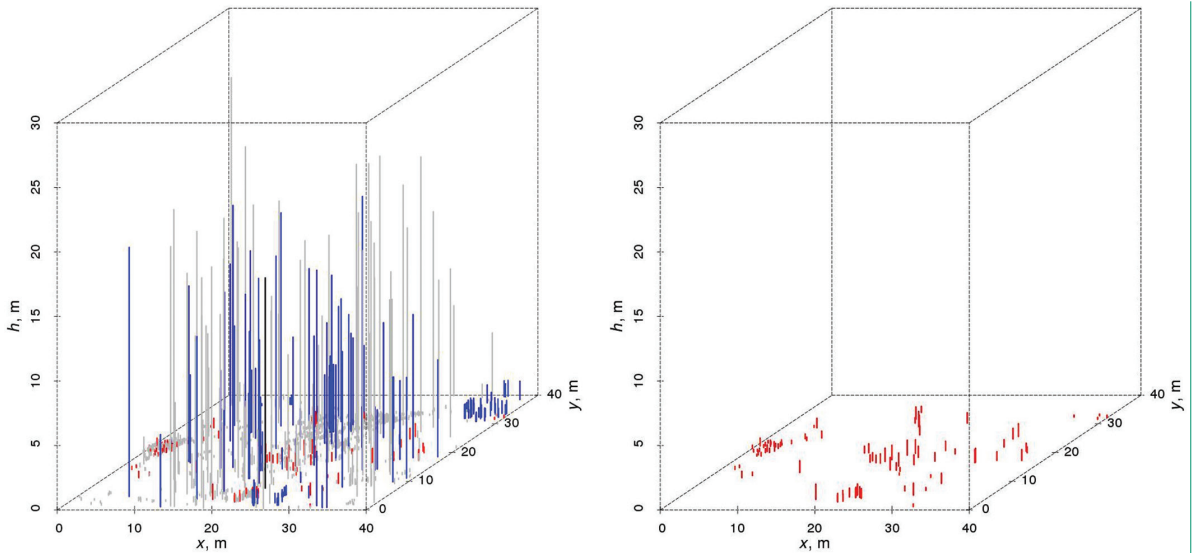
kasvamaan jätettyjen puiden käyttöön, jotta mahdollisimman moni niistä järeytyisi hakkuukypsäksi seuraavaan poimintahakkuuseen mennessä. Lisäksi kasvamaan jätettävien puiden valinnassa tulisi ottaa huomioon niiden tilajärjestys niin, että kasvuresurssija riittää myös vallituissa jaksoissa kasvavien pienten puiden käyttöön. Valikoivan hakkuutavan seurauksena puuston tilajärjestys voi vaihdella suurestikin vallitsevien ja vallittujen puiden kesken. Eri-ikäisen metsän puiden kehityksen mallintamista vaikeuttaa osaltaan se, että iältään yhtä vanhat puut voivat olla fyysiseltä kooltaan hyvin erilaisia riippuen niiden kilpailuasemasta metsässä.

Eri-ikäisrakenteista metsää mallinnettaessa puiden kehityskaari jaetaan usein kahteen peräkkäiseen vaiheeseen, jotka mallinnetaan erikseen. Ne ovat 1) taimien syntymis- ja vakiintumisvaihe ja 2) vakiintuneiden puiden kasvuvaihe. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä syntyy uusia taimia jatkuvasti, mutta suurin osa niistä kuolee jo sirkkataimivaiheessa. Taimien syntymistä säätelevät sekä siemenvuodet ja kasvukauden säätekijät että kasvupaikka- ja kilpailutekijät. Eloon jääneet taimet aloittavat usein varsin hitaan kehityksen kohti pienpuuvaihetta. Vakiintuneiden puiden kasvua ja elossapysymistä säätelevät

jo edellä mainitut kasvupaikka- ja kilpailutekijät, joista jälkimmäiseen vaikuttavat aika-ajoin toistuvat hakkuut sekä puiden luontainen kuoleminen. Puiden terveydentilaan ja elossapysymiseen vaikuttavat myös satunnaiset metsätuhot, kuten myrskyt ja tykkylumi sekä hyönteisten ja lahottajasienten aiheuttamat tuhot.

Uusien vakiintuneiden puiden riittävä syntyminen on eri-ikäismetsän kasvatuksen edellytys ja sen mallittaminen merkittävin ero verrattuna tasaikäiseen metsään. Taimien alkukehitys kestää usein vuosikymmeniä (kuva 2) ja sen aikana metsikön rakenne muuttuu puiden kasvun ja mahdollisten hakkuiden seurauksena. Jos mallilla halutaan ennustaa metsän käsittelyn vaikutus uudistumiseen ja taimien alkukehitykseen, on koko alkukehitys kuvattava vuorovaihteisesti metsikön varttuneiden puiden kehityksen ja hakkuiden kanssa.

Kuvassa 3a esitetään yhden Vesijaon Kailankulmassa sijaitsevan eri-ikäismetsän metsikkökokeen koealan (1600 m²) kaikkien yli 10 cm pitkien puiden sijainnit ja pituudet mittaajakson alussa. Puita oli 9968 kpl hehtaarilla, joista kuusia 9156. Rinnan korkeuden ylittäneitä puita oli 1006 kpl hehtaarilla, joista kuusia 581 kpl. Merkillepantavaa on puiden



Kuva 3. Vesijaolla sijaitsevan eri-ikäisen kuusikkokokeen koealan puuston pituusjakauma ja puiden sijainti mittausjakson alussa (a) ja 15 vuoden mittausjakson aikana 1,3 metrin pituuden saavuttaneiden puiden tilajärjestys (b). Värein selitys: harmaa = kuusi, sininen = koivu, musta = mänty, punainen = kuusentaimet, jotka saavuttivat 1,3 metrin pituuden 15 vuoden mittausjakson aikana (kynnyskasvu).

pituusvaihtelu ja erityisesti vallittuihin jaksoihin lukeutuvien puiden ryhmittäinen sijoittuminen koealalla. Erityisen selvää on 15 vuoden seurantajaksonla rinnankorkeuden saavuttaneiden kuusen taimien (600 kpl/ha) ryhmittäisyys (kuva 3b). Ainakin osin ryhmittäisyys selittyy harvennusten paikallisesti vapauttamilla kasvuresursseilla.

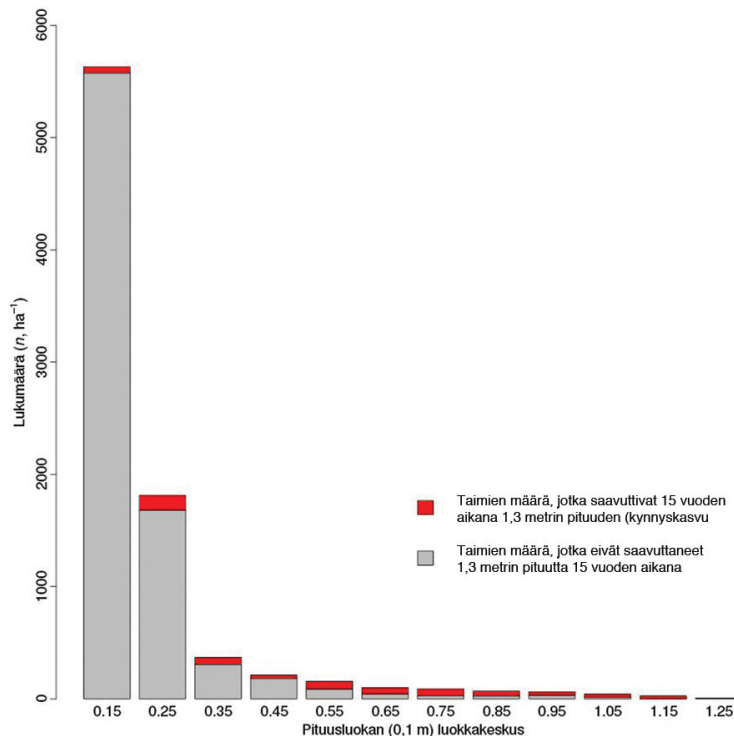
Pienten taimien kasvunopeus vaihtelee kuitenkin huomattavasti. Tämä näkyy selvästi kuvasta 4, jossa esitetään taimien pituusjakauma 15 vuoden seurantajakson alussa ja seurantajakson aikana rinnankorkeuden saavuttaneiden taimien osuudet kussakin pituusluokassa. Kuvan perusteella voidaan yksiselitteisesti havaita, että myös pienimpien pituusluokkien taimia kasvaa rinnankorkeudelle ja etteivät suinkaan kaikki suurimpien pituusluokkien taimet ylitä rinnankorkeuden rajaa seurantajaksonla. Taimen koko ei siis yksin riitä selittämään sen kasvunopeutta, johon vaikuttavat myös mm. taimien ja vakiintuneiden puiden välinen kilpailu sekä kilpailutekijöissä puuston käsittelyjen johdosta tapahtuvat muutokset.

Vaihtelevat siemenvuodet, taimien alkukehityksen hitaus ja tilajärjestyksestä johtuva kasvunopeuden ja elossapysymisen vaihtelu merkitsevät suuria ja

runsaasti mittaustyötä vaativia koealoja, joita on mittaava riittävän usein ja seurattava riittävän pitkä ajanjakso. Mittausten kalleudesta johtuen seurantojen toteutus joudutaan perustamaan subjektiiviseen valintaan, jossa tutkimuksen koejäsenet valitaan ilmiön selvittämisen kannalta katsottuna tarkoituksenmukaisesti. Kun analyysit perustuvat myös lukumäärällisesti hyvin rajalliseen joukkoon koemetsiköitä, ei varmasti tiedetä, mitä osaa metsistämme ne edustavat. Edustavuusongelma on erityisesti huomattava silloin, kun verrataan eri- ja tasaikäistä metsänkasvatusta. Kuitenkin rajatut ja harvalukuisiksi katsottavat kestokoeala-aineistot antavat mahdollisuuden selvittää eri-ikäisen metsän kasvatuksen taustalla vaikuttavia syy-seuraussuhteita.

Nykyisten mallien käyttö ja soveltuvuus uusien käsittelymenetelmien vaikutusten arviointiin

Nykyisiin malleihin perustuvat tutkimukset eri-ikäisen metsän optimaalisesta käsittelystä ovat hyvä osoitus siitä, kuinka voimakkaasti nykyisestä poikkeavia metsän käsittelytapoja kasvu- ja tuo-



Kuva 4. Vesijaolla sijaitsevan eri-ikäisen kuusikkokokeen koelan taimien (alle 1,3 m) kokojakauma mittaussjakson alussa ja 15 vuoden mittaussjakson aikana 1,3 metrin pituuden saavuttaneiden taimien lukumäärät.

tosmallien pitää pystyä kuvaamaan luotettavasti. Vertailtaessa malliperusteisesti eri metsänkäsitteilytapoja keskenään ja nykysuositusten kanssa, on voitava luottaa siihen, että käytetyt mallit antavat realistisen kuvan kaikista vertailtavista käsittelytavoista ja niiden eroista. Optimointitilanteessa on kysymys yksittäisten menetelmien välisten erojen lisäksi siitä, että kaikki selkeästi asetetut reunaehdot täyttävät metsän käsittelytavat pystytään ennustamaan vertailukelpoisesti.

Malleille asetettavia vaatimuksia tarkastellaan tässä käyttäen esimerkkinä Tahvosen vuonna 2011 julkaisemaa tutkimusta. Siinä käsitellään eri-ikäisen kuusikon optimaalista rakennetta ja kehitystä ja esitetään eri-ikäisen metsän käsittelyn taloudellinen optimiratkaisu. Eteläsuomalaisen kuusikon taloudellisessa optimiratkaisussa ainoaksi toimenpiteeksi on saatu 20–25 vuoden välein toistuva määrämittahakkuu, jossa poistetaan kaikki rinnankorkeudeltaan yli 15–25 cm:n puut riippuen käytetystä korkokannasta. Poistetun puuston pohjapinta-ala on silloin 60–80 %

hakuuta edeltäneestä.

Optimi perustuu suurelta osin tutkimuksessa käytetyn Pukkalan ym. vuonna 2009 julkaiseman kasvumallin kolmeen rakenteelliseen ominaisuuteen. Ensiksi oletetaan epäsuorasti, että kaikki uudet puut syntyvät sellaiselle paikalle, jossa niillä on riittävästi kasvutilaa siihen asti, kun ne korjataan määrämittahakkuussa. Toiseksi puun kasvu ei riipu sen sijainnista muihin puihin nähden. Kolmanneksi puun kasvu riippuu vain sen läpimitasta, metsikön sen hetkisestä tiheydestä ja puun asemasta runkoluokusarjassa, ja hakkuun jälkeen sen kasvua ei rajoita millään tavalla sopeutuminen uuteen kilpailutilanteeseen.

Tässä esimerkissä käytetty malli ei siis ota huomioon puiden ryhmittäisyyttä eikä voimakkaan hakkuun jälkeistä sopeutumista uuteen kilpailutilanteeseen. Lisäksi erittäin voimakkaiden määrämittahakkuuden vaikutusta erilaisten tuhojen riskeihin ei oteta huomioon.

Suomessa on julkaistu lukuisia muitakin tutki-

muksia, joissa mallien avulla on verrattu tasa-ikäisen ja eri-ikäisen metsän kasvattamisen kannattavuutta. Käytettyjen kasvu- ja tuotomallien riittävyttä tällaisten vertailujen tekoon voidaan tarkastella monella eri tavalla. Seuraavassa on listattu lyhyesti ne käytettyjen mallien rakenteelliset puutteet, jotka vaikeuttavat eri-ikäisen metsän kehityksen luotettavaa ennustamista.

1. Uudistumis- ja taimivaiheen mallit kuvaavat kynnyskasvua. Puut ilmestyvät metsikköön rinnankorkeutta pidempinä, tietyn läpimitan saavuttaneina. Kynnyskasvumalleista puuttuu taimettumiskyvyn ajallinen ja paikallinen vaihtelu, taimien ja puiden tilajärjestyksen vaikutus ja taimeen kohdistuvan kilpailun vaikutus sen kasvunopeuteen.
2. Vakiintuneiden puiden sopeutuminen hakkuiden jälkeiseen kilpailumuutokseen puuttuu.
3. Tuhoriskiä ei ole ennustettu. Suurimman riskin todennäköisesti aiheuttavat tuulituhot ja tyvilaho.

Merkittävää on, että kaikkien yllä esitettyjen rakenteellisten puutteiden vaikutus on samansuuntainen ja johtaa eri-ikäismetsän tuotoskyvyn yliarviointiin. Näiden puutteiden korjaaminen on edellytys sille, että malleja voidaan soveltaa käytännön päätöksenteon tukena vertailtaessa erilaisten metsänkäsittelytapojentuotos- ja tuottovaikutuksia.

Päätelmät

Tällä hetkellä käytettävissä olevat kasvu- ja tuotomallit soveltuvat parhaiten käsittelyvaikutusten vertailuun tasaikäisissä metsissä, joiden dynamiikan mallinnus hallitaan kohtuullisen hyvin. Eri-ikäisen metsän dynamiikan mallinnus onkin jo paljon vaativampi tehtävä, ja tältä osin mallintamisessa ollaan vielä alkuvaiheessa. Eri-ikäisten metsien suurten puiden käsittelyvaikutukset hallitaan vain siinä määrin, että niitä koskevia mallipohjaisia ennusteita voidaan pitää lähinnä suuntaa-antavina. Käytännön päätöksentekoa varten vielä ei myöskään ole saatavilla luotettavia malleja ennustamaan luontaista uudistumista eri-ikäisessä metsässä.

Tähän saakka tehdyissä eri-ikäisten metsien mallinnus- ja optimointitutkimuksissa on ansiokkaasti kehitetty menetelmiä, joilla hakkuukäsittelyjä voi-

daan tarkastella ja vertailla. Lisäksi jo tehty tutkimus on osoittanut ne alueet, joihin tutkimusta jatkossa tulee suunnata. Sen sijaan nykyisillä malleilla tuotettuihin laskelmiin eri-ikäisen metsän kasvatuksen kannattavuudesta ja sen vertailusta tasa-ikäiseen metsän kasvatukseen tulisi suhtautua varauksella.

Myös tasa-ikäisten metsien kasvu- ja tuotomalleihin liittyy vielä suurta epävarmuutta, kun niitä sovelletaan hyvin voimakkaasti käsiteltyihin tai pitkään käsittelemättöminä kasvaneisiin metsiin. Niin ikään erilaisten metsätuhojen riskiä lisäävien tekijöiden huomioon ottamisessa on vielä paljon tehtävää. Mallinnuksen kannalta katsottuna tilanetta vaikeuttaa vähäinen tutkimustieto eri-ikäisten metsien kasvatukseen liittyvistä biotottisista ja abiotottisista tuhonaiheuttajista. Tuhoennustimien kehitystyön tulisikin olla yksi mallinnustutkimuksen painopistealue tulevaisuudessa, sillä on oletettavaa, että metsätuhoriskien merkitys tulee kasvamaan sikäli, kun nykyistä äärevämmät metsänkäsittelytavat, kuten voimakkaat harvennukset, kiertoaikojen pidentyminen ja käsittelemättömyys, yleistyvät.

Kirjallisuutta

- Eerikäinen, K., Miina, J. & Valkonen, S. 2007. Models for the regeneration establishment and the development of established seedlings in uneven-aged, Norway spruce dominated forest stands of southern Finland. *Forest Ecology and Management* 242(2–3): 444–461.
- Kolström, T. 1992. Dynamics of uneven-aged stands of Norway spruce: a model approach. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 411. 21 s.
- Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. 2009. Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. *Forest Ecology and Management* 258: 207–216.
- Saksa, T. & Valkonen, S. 2011. Dynamics of seedling establishment and survival in uneven-aged boreal forests. *Forest Ecology and Management* 261(8): 1409–1414.
- Tahvonen, O. 2011. Optimal structure and development of uneven-aged Norway spruce forests. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 2389–2402.

■ Jari Hynynen, Risto Ojansuu ja Kalle Eerikäinen
Metla, Vantaa ja Joensuu
Sähköposti etunimi.sukunimi@metla.fi