

Jouni Siipilehto, Saija Huuskonen, Soili Haikarainen ja Jari Hynynen

Yhteispohjoismaiset metsikkötason kuolleisuusmallit

Siipilehto J., Huuskonen S., Haikarainen S., Hynynen J. (2020). Yhteispohjoismaiset metsikkötason kuolleisuusmallit. Metsätieteen aikakauskirja 2020-10504. Tutkimuseloste. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10504>

Yhteystiedot Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Helsinki

Sähköposti jouni.siipilehto@luke.fi

Hyväksytty 16.12.2020

Seloste julkaisusta Siipilehto J., Allen M., Nilsson U., Brunner A., Huuskonen S., Haikarainen S., Subramanian N., Antón-Fernández C., Holmström E., Andreassen K., Hynynen J. (2020). Stand-level mortality models for Nordic boreal forests. *Silva Fennica* vol. 54 no. 5 article id 10414. <https://doi.org/10.14214/sf.10414>

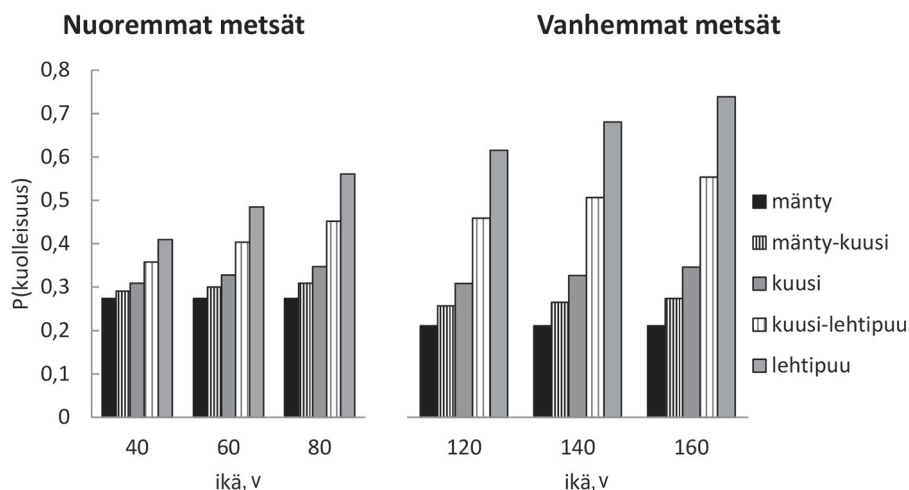
Suomen, Ruotsin ja Norjan yhteisessä tutkimuksessa kehitettiin metsikkötason mallit puuston kuolleisuudelle tarkoituksena parantaa erityisesti vanhojen metsien ennusteiden luotettavuutta. Vanhojen metsien ennusteilla on tärkeä merkitys pitkän aikavälin kasvu- ja tuotosennusteissa ja niistä laskettavissa metsien hiilivaraston kehitysennusteissa. Mallit laadittiin Ruotsin ja Norjan valtakunnan metsien inventoinnin aineistoista ja niitä testattiin suomalaisella luonnonmetsien aineistolla.

Mallit laadittiin kaksivaiheisesti. Erillisillä malleilla ennustettiin puuston kuoleamisen sijaan eloonjäämistä, mutta mallien tarkastelussa ne yhdistettiin kuolleisuutta ennustavaksi kokonaisuudeksi. Malli 1 ennusti todennäköisyyttä eloonjäämiselle tulevilla viiden vuoden kasvujaksolla. Se laadittiin aineistosta, jossa koealahavainnot oli 16459 Ruotsista ja 11767 Norjasta. Malli 2 ennusti eloonjääneen puuston määrää tulevilla kasvujaksolla. Malli 2 laadittiin niiden koealojen avulla, joissa kuolleisuutta tavattiin (4218 havaintoa Ruotsista ja 3107 Norjasta). Testiaineisto sisälsi kuusivaltaisia, 80–290-vuotiaita luonnonmetsiä 57 koealalta.

Mallit laadittiin logistisella regressiolla. Eloonjäämismallin etu on, että siihen voidaan liittää painokertoimia vaihtelevien kasvujaksojen ja erikokoisten koealojen (314,16 m² Ruotsissa ja 250 m² Norjassa) vaikutusten huomioimiseksi. Eloonjäämismallin yleinen muoto oli:

$$P = (1 + \exp(-X'b))^{-rp}, \quad (1)$$

jossa P on vastemuuttuja, $X'b$ lineaarinen malli selittävästä muuttujista X ja niille estimoiduista parametreista b . Eksponentin rp avulla korjattiin erimittaisten kasvujaksojen ja erikokoisten koealojen vaikutusta. Mallissa 1 $rp1 = (\text{kasvujakson pituus}/5) \times (\text{koealan koko}/314,16)$ ja Mallissa 2 $rp2 = 314,16/\text{koealan koko}$. Koealakoon kasvaessa eloonjäämisen todennäköisyys pienenee, kun taas pienemmällä koealalla kuolleisuus edustaa suurempaa osuutta kokonaispohjapinta-alasta.



Kuva 1. Ennustettu kuolleisuuden todennäköisyys tulevalla viiden vuoden kasvujaksolla nuoremmassa (alle 100 v) ja vanhemmissa metsissä erilaisilla puulajirakenteilla (puhdas vs. 50 %:n sekapuusto). Kuvan tuloksissa malleihin on sijoitettu Ruotsin aineiston keskimääräiset puustotunnukset: pohjapinta-ala $23 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, runkoluku 970 ha^{-1} nuoremmassa ja 700 ha^{-1} vanhemmissa metsiköissä sekä vastaavat neliökeskiarvot $17,4 \text{ cm}$ ja $20,4 \text{ cm}$.

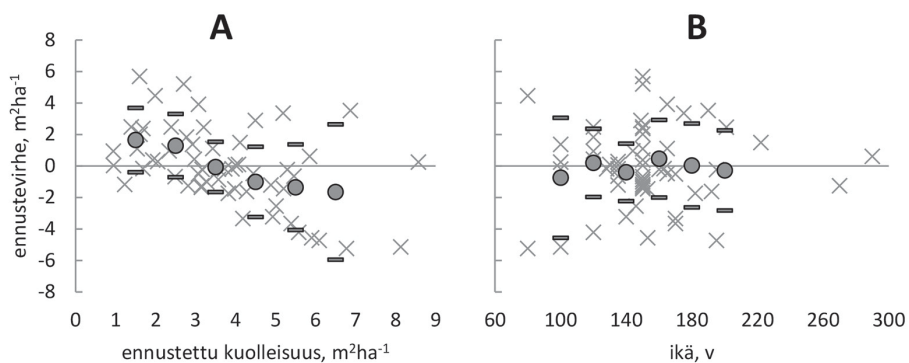
Keskimääräisen kuolleisuuden ennustamiseksi yhdistetään molemmat eloonjäämismallit ja metsikön pohjapinta-ala muotoon:

$$\text{Kuolleisuus} = (1 - P(\text{Malli 1})) \times (1 - P(\text{Malli 2})) \times \text{pohjapinta-ala}. \quad (2)$$

Metsikön kehitysvaihetta kuvasivat puuston ikä ja läpimitan neliökeskiarvo DQ. Metsikön kilpailuasemaa kuvasivat puuston kokonaispohjapinta-ala ja runkoluku. Kasvupaikkojen eroja kuvattiin tuoreen ja kuivan kasvupaikan sekä turvemaan osoitinmuuttujilla ja metsikön maantieteellisiä ominaisuuksia lämpösumman, leveysasteen, korkeuden ja kaltevuuden avulla.

Eloonjäämisen todennäköisyyttä (Malli 1) selitti metsikön ikä, DQ, pohjapinta-ala, maaston kaltevuus ja metsikön sijainti turvemaalla sekä puuston harvennus menneellä viisivuotiskaudella. Metsikön ikä oli mallissa sellaisenaan sekä yhdistettynä männyn (*Pinus sylvestris* L.) ja lehtipuuston pohjapinta-alaosuuksiin, koska puulajit vanhenevat eri tavoin – mänty on pitkäikäisin ja lehtipuusto lyhytikäisin. Tämä ominaisuus näkyi Mallin 1 käyttäytymisessä siten, että metsikön vanhentuessa männikön ja lehtipuuston kuolleisuuden todennäköisyyksien erot kasvoivat erittäin suuriksi (Kuva 1). Molemmassa malleissa oli samoja selittäviä tekijöitä. Eloonjääneen puuston määrää ennustettaessa (Malli 2) selittäjäksi tuli Mallin 1 selittäjien lisäksi runkoluku, mutta metsikön sijainti turvemaalla jäi pois. Malliin 2 lisättiin maakohtainen Norja-osoitinmuuttuja, sillä maiden välistä eroa ei pystytty selittämään kasvupaikkaa, puustoa ja käsittelyä kuvaavilla tunnuksilla, vaikka metsämaan keskikaltevuudessa (Ruotsissa 5 % ja Norjassa 29 %) ja harvennusten esiintymisessä viimeisen viiden vuoden aikana (Ruotsissa 17 % ja Norjassa 4 %) erot olivat huomattavia.

Laadittuja malleja tarkasteltiin havaitun ja ennustetun kuolleisuuden suhteen luokiteltujen puustotunnusten avulla. Tarkastelu osoitti, että malleihin oli saatu kuvattua erilaiset trendit kuolleisuuden ja runkoluvun, pohjapinta-alan, keskiläpimitan ja puulajiosuuksien välillä. Valmiit mallit liitettiin Motti-ohjelmistoon, jonka avulla ennustettiin suomalaisten luonnontilaisten metsien kehitystä mitatun 7–15 vuoden ajalle. Motissa metsikön kehitys kuvattiin viiden vuoden tai tarvittaessa lyhyempinä kasvujaksoina ja kuolleisuus saatiin kasvujaksojen kuolleisuuksien summana. Mallit osoittautuivat harhattomiksi metsikön iän suhteen, mutta suurimmat kuolleisuuden ennusteet olivat yliarvioita ja pienimmät ennusteet aliarvioita (Kuva 2).



Kuva 2. Virheet (× = havaittu – ennustettu) kuolleen puuston määrässä ennusteen (A) ja iän (B) suhteen luonnontilaisten metsien testiaineistossa. Ympyrät edustavat luokkakeskiarvoja ja viivat ennusteen keskihajontaa luokkakeskiarvon molemmin puolin.

Mallit laadittiin pohjoismaisena yhteistyönä Nordic Forest Research (SNS) rahoittamassa projektissa. Yhteistyö mahdollisti paitsi laajan mallitusaineiston myös laajemman tutkijajoukon asiantuntemuksen hyödyntämisen. Maiden välisen yhteistyön tuloksena syntyneillä malleilla parannetaan vanhojen metsien kuolleisuusennusteiden luotettavuutta käytettäessä malleja kunkin maan päätöksenteon tukityökaluissa.