



Jouni Siipilehto, Jaakko Repola¹ ja Kari T. Korhonen²

Ennustavatko kivennäismaiden Motti-kasvumallit Pohjois-Pohjanmaan männylle viljeltyjen turvemaiden kehitystä paremmin kuin turvemaiden mallit?

Siipilehto J., Repola J., Korhonen K.T. (2025). Ennustavatko kivennäismaiden Motti-kasvumallit Pohjois-Pohjanmaan männylle viljeltyjen turvemaiden kehitystä paremmin kuin turvemaiden mallit? Metsätieteen aikakauskirja 2025-25005. Tieteen tori. 6 s. <https://doi.org/10.14214/ma.25005>
Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Rovaniemi; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Joensuu
Sähköposti jaakko.repola@luke.fi
Hyväksytty 19.9.2025

Viljeltyjen turvemaiden puusto on erilainen kuin luontaisesti syntynyt

Turvemaiden kasvumallit on laadittu ensimmäisen ojituksen jälkeisen puusukupolven aineistoista. Luontaisesti uudistuneiden suopuustojen rakenne eroaa huomattavasti kivennäismaiden ja erityisesti viljellen uudistettujen kivennäismaiden puustojen rakenteesta. Ojitus edesauttaa taimettumista ja siten muuttaa puustoa entistä enemmän eri-ikäisrakenteiseksi. Nuoremmat puut elpyvät nopeammin kuin vanhemmat. Kun turvemaat uudistetaan viljellen, niin niiden puuston rakenne on samankaltainen kuin vastaavilla kivennäismailla. Viljellen uudistettuja varttuneita turvemaiden puustoja on kuitenkin toistaiseksi aika vähän, eikä ole varmuutta, ennustavatko turvemaiden vai kivennäismaiden kasvumallit paremmin niiden kehitystä.

Tutkimuksen aineistona olivat Pohjois-Pohjanmaan männylle viljeltyjen turvemaiden valtakunnan metsien 13. inventoinnin (VMI13) kuviotiedot. Näille uudistusaloille tehtiin Motti-ennusteet lähtien uudistamisesta ja simuloimalla kuviotiedon ikään saakka käyttäen vaihtoehtoisesti turvemaiden ja kivennäismaiden kasvumalleja. Tarkoituksena oli selvittää, kummat mallit ennustivat paremmin viljeltyjen turvemaiden kehitystä. Koska nykyään metsät uudistetaan usein jalostetuilla taimilla, tarkasteltiin samalla Motti-ohjelman vaihtoehtoa, joka ottaa tämän huomioon. Saadaanko puuston kehitys ennustettua tarkemmin olettamalla, että taimet on jalostettu ja ottamalla tutkimusten osoittama jalostushyöty käyttöön Motti-simuloinnissa?

Aineistot ja menetelmät turvemaiden kasvumallien vertailuun

Pinta-alaltaan suuri Pohjois-Pohjanmaa valittiin tarkastelun kohteeksi, koska siellä turvemaiden osuus on yli puolet maakunnan pinta-alasta. Turvemaiden uudistaminen on ollut Pohjois-Pohjanmaalla melko yksipuolisesti männyn istutusta. Näitä kohteita oli aineistossa 21 kpl, kun taas kylvettyjä männiköitä oli 7 kpl. Männiköiden keski-ikä oli 34 vuotta ja vaihteli välillä 11–58 vuotta. Kasvupaikat vaihtelivat viljavimmasta lehtoturvekankaasta (Lhtkg 3 kpl) jäkäläturvekankaaseen (Jätkg 1 kpl). Mustikkaturvekankaita (Mtkg) ja puolukkaturvekankaita (Ptkg) oli aineistossa runsaimmin (Mtkg 14 kpl, Ptkg 11 kpl). Yhdeksällä kohteella ojat oli kuviotiedon mukaan perattu tai kunnostettu viljelyn yhteydessä. Kuusta on viljelty turvemaille vasta 1990-luvulta lähtien ja siksi varttuneita kuusikoita oli aineistossa vain 5 kpl. Näiden avulla ei olisi saatu luotettavaa kuvaa kasvumallien välisistä eroista kuusen osalta.

Testiaineiston tuottaminen Motti-simulaattorilla

Tarkastelussa perustettiin taimikot aineiston mukaisen sijainnin (kunta), kasvupaikan, pääpuulajin ja viljelymenetelmän (istutus/kylvö) mukaan ja simuloitiin tuleva kehitys. Koska metsiköiden käsittelyhistoriaa ei tarkasti tunneta, Mottilla simuloitiin Tapion hyvän metsänhoidon mukaiset kehitysnusteet tarkastelun pohjaksi. Toinen simulointi tehtiin tätä jäljitellen ja lopetettiin aineiston mukaiseen metsikön ikään. Jos viljellyn puulajin suhteellinen osuus oli pieni suhteessa kokonaispohjapinta-alaan, niin varhaisperkausta ei tehty, vaan myöhemmässä taimikonharvennuksessa säästettiin viljeltyä mäntyä 1500 ha^{-1} , kuusta 500 ha^{-1} ja koivua 1000 ha^{-1} . Näin saatiin luontaisesta puustosta sopiva kilpailu viljellylle ositteelle. Tällaisia kohteita oli viisi ja ne oli kuvattu VMI13-aineistossa epäonnistuneina viljelyinä. Harvennusvoimakkuutta ja sen ajoitusta voitiin hieman muuttaa suosituksista, jotta päädyttiin mahdollisimman lähelle havaittua pohjapinta-alaa.

Ensimmäinen simulointi tehtiin turvemaiden ojituksenjälkeisen puusukupolven kasvumalleilla ja toinen simulointi olettaen kasvupaikaksi vastaava kivennäismaa ja kasvattamalla puustoa kivennäismaiden puutason kasvumalleilla. Metsien käsittelyt (taimikonhoidot, alaharvennusten ajoitukset ja voimakkuudet) olivat lähes samanlaiset sekä turvemaan että kivennäismaan kasvatuksessa. Kivennäismaiden kasvumalleilla läpimitan kehitys oli hieman nopeampaa ja siksi ensiharvennus ajoittui turvemaan puuston harvennusta hieman aikaisemmaksi. Pidemmässä simuloinneissa tehtiin seitsemässä tapauksessa yksi harvennus enemmän kivennäismaan kasvatuksessa kuin turvemaan kasvatuksessa. Lähtökohtaisesti turvemaita uudistettaessa ojien kunto oli hyvä, mutta sen merkitys kasvuun hävisi pitkissä simuloinneissa, kun ojituksesta kului yli 20 v. Kunnostusajituksia ei tehty. Motti-ohjelmassa voitiin valita jalostushyöty uudistamisen yhteydessä. Tarkastelut tehtiin sekä ilman jalostushyötyä, että ensimmäisen sukupolven (1-sp) jalostushyödyn mukaan, joka oli 6,3 % läpimitan ja 7,7 % pituuden kasvussa.

Ennusteiden luotettavuutta tarkasteltiin pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan (DG) ja keskipituuden (HG) osalta koko aineistossa sekä erikseen kasvupaikkatyypeillä Mtkg/MT ja Ptkg/VT. Pohjapinta-ala jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska se on täysin riippuvainen metsikön käsittelystä. Pohjapinta-alan virhe oli joka tapauksessa niin pieni, että sen vaikutus keskitunnusten virheisiin oli marginaalinen. Ennustevirhe laskettiin VMI13 aineiston mukaisen tunnuksen ja Motti-simuloinnissa saadun ennustetun tunnuksen erotuksena, eli aliarvioista tulee positiivisia ja yliarvioista negatiivisia virheitä. Nuorissa, 11–18-vuotiaissa taimikoissa kehitysnuste oli yhteinen turve- ja kivennäismaille perustuen kivennäismailta laadittuihin puustotunnusmalleihin. Näitä oli vain kaksi. Simuloinnit tehtiin Motin VMI12-kalibrointimalleja käyttäen.

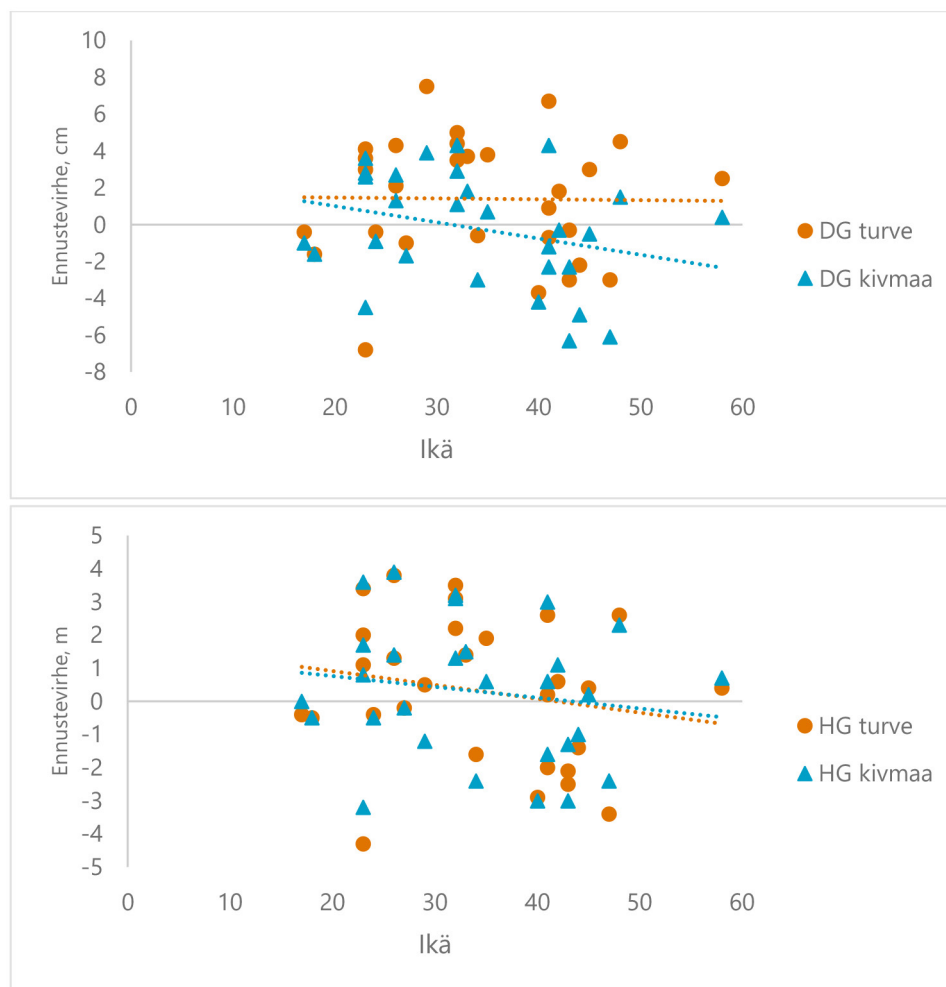
Tulokset puuston kehityksestä vaihtoehtoisilla kasvumalleilla

Simuloinnin tuloksena keskitunnukset olivat kauttaaltaan aliarvioita jalostamattomalla materiaalilla (Taulukko 1). Männiköissä DG:n 9,4–13,4 %:n aliarvio turvemaiden kasvumalleilla muuttui 1,6 %:n yliarvioksi ja 3,9 %:n aliarvioksi kivennäismaiden kasvumalleilla. Vastaavasti HG:n aliarviot muuttuivat vain vähän, 7,8 %:n aliarvio kasvoi 8,9 %:n aliarvioksi ilman jalostushyötyä kasvumalleja vaihdettaessa ja jalostushyödyn kanssa muutosta ei tapahtunut (Taulukko 1). Oletettaessa jalostettu viljelymateriaali tulokset olivat varsin hyviä molemmilla kasvumalleilla, vaikkakin keskimäärin hieman parempia kivennäismaiden kasvumalleilla. Selkein ero oli DG:n 9,4 %:n aliarvion muuttuminen 1,6 %:n yliarvioksi.

Tarkasteltaessa jalostetulla viljelymateriaalilla simuloitujen uudistusalojen tuloksia suhteessa metsikön ikään huomataan, että nuorempien turvemaan uudistusalojen aliarviot keskitunnuksissa DG ja HG pienenevät vanhemmissa metsiköissä (Kuva 1). Keskipituudessa virheen trendit olivat lähes samanlaiset kasvumalleista riippumatta. Sen sijaan turvemaan kasvumalli aliarvioi keskiläpimittaa tasaisesti iästä riippumatta, kun taas kivennäismaiden kasvumalleilla nuorten uudistusalojen aliarvio kääntyy yliarvion puolelle vanhemmilla uudistusalueilla. Kuvassa 1 kaikki kohteet oletettiin jalostetulla materiaalilla uudistetuksi. Käytännössä osalla vanhimmista kohteista voi hyvinkin kasvaa jalostamatonta puustoa, jolloin yliarviot olisivat pienempiä näissä kohteissa.

Taulukko 1. Keskiläpimitan (DG, cm) ja keskipituuden (HG, m) ennustevirheiden keskivirhe (harha), suhteellinen harha ja virheen keskihajonta Motti-simuloinnissa turvemaiden männyn uudistusaloilla Pohjois-Pohjanmaalla jalostamatonta ja ensimmäisen sukupolven (1-sp) jalostettua materiaalia käytettäessä. Turvemaan ja kivennäismaan kasvumallien vaihtoehtoista tarkempi on lihavoitu.

Jalostushyöty	Turvemaan mallit		Kivennäismaan mallit	
	DG	HG	DG	HG
Jalostamaton				
Harha	2,0	1,0	0,6	1,2
Harha, %	13,4	7,8	3,9	8,9
Hajonta	3,2	2,2	3,1	2,1
1-sp jalostus				
Harha	1,4	0,3	-0,2	0,3
Harha, %	9,4	2,3	-1,6	2,3
Hajonta	3,4	2,2	3,1	2,1



Kuva 1. Keskitunnusten ennustevirheet turvemaiden ja kivennäismaiden kasvumalleilla VMI13-aineiston männynviljelyaloille Pohjois-Pohjanmaan turvemaiden männiköissä käytettäessä VMI12-kalibrointia Motti-simulaattorissa ja olettamalla uudistaminen jalostetulla materiaalilla.

Kasvupaikoittain vertailuja tehtiin vain Mtkg ja Ptkg kasvupaikoilla männyn uudistusaloilla, koska muilta kasvupaikoilta havaintoja oli hyvin vähän. Mtkg kasvupaikalla DG aliarvioitui 3,3 cm turvemaiden malleilla ja 1,3 cm kivennäismaiden malleilla jalostamattoman viljelymateriaalin kanssa (Taulukko 2). Vastaavasti HG:n aliarviot olivat 2,0 m ja 1,8 m. Ptkg kasvupaikoilla vastaavat ennustevirheet jalostamattomana olivat keskiläpimitassa 0,4 cm:n aliarvio ja 0,4 cm:n yliarvio ja keskipituudessa 0,4 m:n ja 0,9 m:n aliarviot turve- ja kivennäismaiden kasvumalleilla. Lähes kaikki tunnuksat tarkentuivat, kun oletettiin viljelymateriaalin olevan jalostettua. Poikkeuksena Ptkg kasvupaikalla DG:n 0,4 cm yliarvio kasvoi jalostetun materiaalin yhteydessä 1,0 cm:n yliarvioksi kivennäismaiden kasvumalleilla.

VMI13:n kuviotietoihin verrattuna tehtyjä hakkuita (ensiharvennus tai kasvatushakkuu) oli simuloinneissa vähän enemmän kuin aineistossa oli kuvattu. Kivennäismaiden malleilla oli yksi harvennus enemmän neljällä kohteella, jotka oli tulkittu onnistuneiksi ja epäonnistuneilla kohteilla tapauksia oli myös neljä. Yhdellä kohteella aineiston mukainen ensiharvennus tuli ajankohtaiseksi kivennäismaiden kasvumalleilla, mutta ei turvemaiden kasvumalleilla.

Taulukko 2. Keskimääräiset Motin ennustevirheet keskiläpimitassa (DG, cm) ja keskipituudessa (HG, m) ennustettaessa kehitystä turvemaiden ja kivennäismaiden kasvumalleilla Pohjois-Pohjanmaan mustikkaturvekankaille (Mtkg) ja puolukkaturvekankaille (Ptkg) käytettäessä jalostamatonta tai 1-sukupolven jalostettua männyn viljelymateriaalia. Vaihtoehtoista tarkempi on lihavoitu.

	Turvemaan mallit		Kivennäismaan mallit	
	DG	HG	DG	HG
Jalostamaton				
Mtkg	3,3	1,9	1,3	1,8
Ptkg	0,4	0,4	-0,4	0,9
Jalostettu				
Mtkg	2,3	1,0	0,2	0,8
Ptkg	0,3	-0,2	-1,0	0,2

Päätelmiä

Uudistettujen turvemaiden kehityksen vertailu käyttäen vaihtoehtoisesti turvemaiden tai kivennäismaiden kasvumalleja Motti-simulaattorissa oli perusteltua, koska luontaisesti syntyneiden ojitettujen turvemaiden puuston eri-ikäinen rakenne poikkeaa selvästi tasaikärakenteisesta uudistusalueen puustosta. Männyn uudistusaloilla kivennäismaiden kasvumallit tuottivat 7–10 %-yksikköä tarkemman keskiläpimitan kuin turvemaiden kasvumallit. Sen sijaan pituuskehityksessä erot mallien välillä olivat merkityksettömän pienet. Olettamalla viljelymateriaalille ensimmäisen sukupolven jalostushyöty, saatiin keskitunnukset varsin tarkasti ennustettua. Nuorehkojen uudistusalojen kohdalla oletus jalostetusta taimimateriaalista oli perusteltu. Siksi oli hyvä, että jalostushyötyä käytettäessä Motin tulokset olivat keskimäärin tarkempia kuin olettamalla jalostamaton viljelymateriaali. VMI-kalibrointi tehdään toistaiseksi olettamalla jalostamaton viljelymateriaali varttuneilla uudistusaloilla ja mahdollinen jalostushyöty lisätään tähän kalibroituun ennusteeseen. Ainakaan toistaiseksi se ei johtanut selvään kasvun yliarvioon. Jalostusasteen tulisi perustua tilastoihin käytetystä jalostetusta viljelymateriaalista puulajeittain eri ajankohtina, kun VMI-aineistoa käytetään mallien kalibrointiin. Tutkimusaineisto oli rajattu Pohjois-Pohjanmaan alueelle, joten tulosten luotettavuus ja yleistettävyyys koko maahan on epävarmaa. Tätä varten tarvitaan jatkossa maantieteellisesti kattavampi aineisto, jotta tulokset olisivat yleistämiskelpoisia koko maahan.

Kivennäismaan kasvumallien käyttö uudistettujen turvemaiden kohdalla on varteenotettava vaihtoehto Pohjois-Pohjanmaan VMI13:n kuviotietoaineiston perusteella. Heikkoutena on se, ettei kivennäismaiden kasvumalleissa ole vastetta ojien huonolle kunnolle tai kunnostusojituksille. Ainoa mahdollisuus olisi käyttää VMI-kalibroinnin soistuneisuutta kuvaamaan ojien huonoa kuntoa. Ilman tätä soistuneisuutta harvennukset ajoittuivat hieman liian aikaisiksi kivennäismaiden kasvumalleilla. Uudistetuista turvemaan kuusikoista tulisi löytää riittävän suuri aineisto kuusen kasvumallien vastaavaa evaluointia varten.

Lähteitä

- Haapanen M, Hynynen J, Ruotsalainen S, Siipilehto J, Kilpeläinen M-L (2016) Realised and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. *Eur J For Res* 135: 997–1009. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0989-0>.
 Hynynen J, Salminen H, Ahtikoski A, Huuskonen S, Ojansuu R, Siipilehto J, Lehtonen M, Rum-

- mukainen A, Kojola S, Erikäinen K (2014) Scenario analysis for the biomass supply potential and the future development of Finnish forest resources. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 302. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2487-0>.
- Repola J (2018) Models for diameter and height growth of Scots pine, Norway spruce and pubescent birch in drained peatland sites in Finland. *Silva Fenn* 52, article id 10055. <https://doi.org/10.14214/sf.10055>.
- Sarkkola S, Hökkä H, Laiho R, Päivänen J, Penttilä T (2005) Stand structural dynamics on drained peatlands dominated by Scots pine. *For Ecol Manag* 206: 135–152. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.064>.
- Siipilehto J (2011) Local prediction of stand structure using linear prediction theory in Scots pine-dominated stands in Finland. *Silva Fenn* 45: 669–692. <https://doi.org/10.14214/sf.99>.
- Siipilehto J, Saarinen M, Hökkä H (2014) Taimikoiden pituuskehityksen luotettavuus sovellettaessa MOTTI-ohjelmiston kangasmaiden ennustemalleja turvekankaille. Metlan työraportteja 294. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2473-3>.