

Taimikon kehityksen ennustaminen



Taimikko on metsän kehitysvaiheista keskeisin, sillä sen kehityksessä määräytyvät kasvatettavan puuston rakenne ja puulajisuhteet. Uudistamisessa aikaansaatu taimikko voidaan varhaishoidolla sekä perkauksin ja harvennuksin kasvattaa tavoitteiden mukaiseksi puustoksi tai jättää luontaisen kehityksensä varaan. Käsittelyvaihtoehtoja on paljon ja siksi eri toimenpiteiden vaikutuksia puuston kehitykseen ja metsänkasvatuksen talouteen pitäisikin voida luotettavasti ennustaa ja vertailla.

Taimikkosimulaattori on tietokoneohjelma, jolla tarkastellaan taimikoiden kasvua, kehitystä ja käsittelyjä. Se on tarkoitettu käytännön metsänhoidon kehittämisen apuvälineeksi: käsittelyvaihtoehtojen vertailuun, taimikonhoito-ohjeiden laatimiseen, koulutuksen tueksi sekä edelleen kehitettynä liitettäväksi metsätalouden suunnittelu- ja seurantajärjestelmiin. Simulaattorille on myös tutkimus- ja kehitystyötä tukevaa käyttöä kasvumallien laadinnassa, taimikoiden kasvatusmallien vertailuissa sekä taimikonhoidon työmenetelmien kehittämisessä.

Tärkeimmät suomalaiset taimikoiden kasvua ja kehitystä kuvaavat mallit koottiin taimikkosimulaattoriin yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Puuston kasvun mallinnusta on tehty jo pitkään, mutta vasta nyt erilaisten mallien kattavuus on saatu tasolle, jolla niitä voidaan käyttää yhdessä mielekkäästi. Taimien syntymistä, kuolemista ja varhaiskehitystä on vaikea ennustaa, koska vaikuttavia tekijöitä on paljon ja niiden keskinäiset yhteydet ovat epäselviä. Vakiintuneen taimikon kasvu ja kehitys on ollut helpommin mallinnettavissa, mikä on myös simulaattorin lähtökohta kehityksen ennustamisessa.

Kasvumalleja ei ole vielä kaikenikäisille taimikoille ja alueille. Rakenteeltaan kasvumallit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: empiirisiin eli tilastollisiin malleihin ja puun kasvuprosesseja kuvaaviin ekofysiologisiin malleihin. Tilastolliset mallit ovat luotettavia periaatteessa vain laadinta-aineistonsa mukaisilla taimikoilla ja alueilla. Taimikkosimulaattorissa on mallit kaikille pääpuulajeillemme, mutta sen rajoitteena on mm. sekapuustoihin ja Pohjois-Suomen taimikoihin soveltuvien mallien puute tai testaamattomuus. Kasvuprosessimallit ovat lähtökohdiltaan yleispäteviä, mutta niiden ongelmana on, että ne pitää sovittaa erilaisiin kasvuolosuhteisiin. Sopivia aineistoja tähän mallien testaukseen ja sovitukseen on kuitenkin niukasti tarjolla. Taimikkosimulaattorissa on käytössä männyn ja koivun Acrobas-prosessimallit, jotka on sovitettu toistaiseksi vain keskimääräisiin Etelä-Suomen kasvuolosuhteisiin.

Kaikkiaan taimikkosimulaattorissa käytetään seitsemää erilaista malliperhettä, jotka ovat keskenään erirakenteisia. Mallit koostuvat mm. taimikon luontiin tarvittavista kokojakamamalleista sekä puukohtaisista pituuden ja paksuuskasvun malleista. Käytettävä malli valitaan taimikkotyypin mukaan ja joillakin taimikoilla voidaan käyttää erilaisiakin malleja.

KUVA 1.

Taimikkosimulaattorissa luodaan halutunkokoinen taimikko-alue ja sen laskentapuusto käyttäjän antamista taimikotyyppikohtaisista lähtötiedoista (yleensä taimikon tiheys, keskipituus ja ikä). Kaikki käytettävät kasvumallit ovat puukohtaisia, joten jokaiselle puulle muodostetaan simuloinnin lähtöarvot.

PICTURE 1.

The size and shape of the young stand area to be simulated is defined in the simulator on the basis of basic stand data (e.g. stand density, mean height, age of each tree species and stand location) input by the user. All growth models used are tree-specific, so start values for the simulation are provided for each tree.

KUVA 2.

Puiden tilajärjestys muodostetaan menetelmällä, joka perustuu taimikoiden kokojakaumamalleihin ja puiden keskinäisen kilpailun laskentaan. Perustana on teoria siitä, että puut kilpailevat kasvutilasta ja sijoittuvat toisiinsa nähdessä, että niiden välinen kilpailu on mahdollisimman pientä. Puiden välille lasketaan niiden koosta ja välimatkasta riippuva kilpailupotentiaali. Taimien sijaintia toistamiseen muuttamalla haetaan tilanne, jossa tasapainossa ovat luonnonvalinnan taipumus kohti minimikilpailua ja toisaalta kasvupaikan ja maanmuokkaustavan aiheuttama ryhmittynisyys sekä uudistamisesta johtuva taimien satunnaisuus.

PICTURE 2.

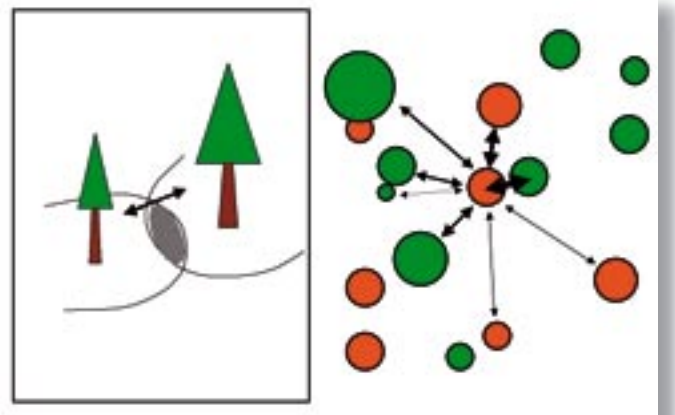
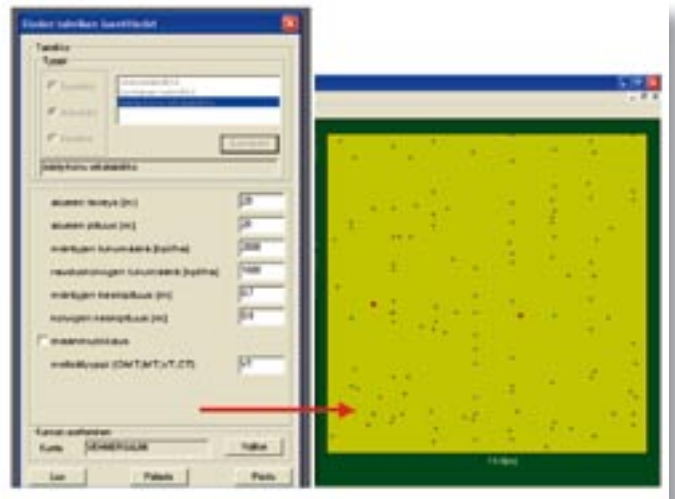
The spatial structure of the stand is created with an algorithm developed specially for the young stand simulator. The algorithm is based on the Gibbs marked point process theory in which trees are considered to compete for available growing space by rejecting each other. The required starting data includes tree density and size distribution. The trees induce size-dependant tree-to-tree interactions and the iterative calculation process organizes the spatial configuration of the stand by minimizing the level of the potential. Regular stand structures (planted stands) have lower potentials than more randomly structured stands (naturally regenerated). The randomness of the structure is influenced by data on e.g. regeneration and soil preparation methods and other spatial variations in the terrain.

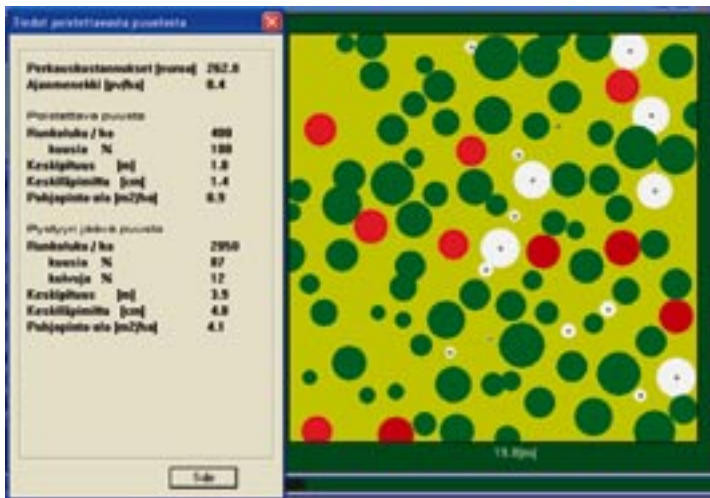
KUVA 3.

Taimikon kehitystä voidaan simuloida eripituisina kasvujaksoina, jotka ovat mallista riippuen 1–5 vuotta. Taimikoiden tilaa voidaan tarkastella graafien ja kehitysraportin avulla sekä vertailla eri tavoin kasvatettujen ja käsiteltyjen taimikoiden puustotunnuksia keskenään. Tarkasteltavia tunnuksia ovat mm. puuston tiheys, keski- ja valtapituus, rinnankorkeuslöpimitta, pohjapinta-ala ja tilavuus. Myös yksittäisen puun tietoja voidaan tarkastella.

PICTURE 3.

Young stand development can be simulated in growth periods 1–5 years in length, depending on the chosen growth model. The status of the stands can be studied using various graphs. One can also perform comparative studies on the descriptive variables of stands that are grown and treated differently. The most commonly required variables include seedling density, mean and dominant height, breast height diameter, basal area and volume. The characteristics of a single tree can also be studied.





KUVA 4.

Taimikolle voidaan simuloida erilaisia perkauksia, harvennuksia ja yksittäisten puiden poistoja. Valittavana on organisaatioiden metsänhoito-ohjeiden mukaisia ja käytäntöä jäljitteleviä perkaus- ja harvennustapoja mm:

- reikäperkaus
- perkaus tai harvennus haluttuun puulajikohtaiseen tiheystavoitteeseen
- perkaus tai harvennus puulajikohtaisesti annettaviin pituusrajoihin
- perkaus tai harvennus tavoitepuulajisuhteisiin.

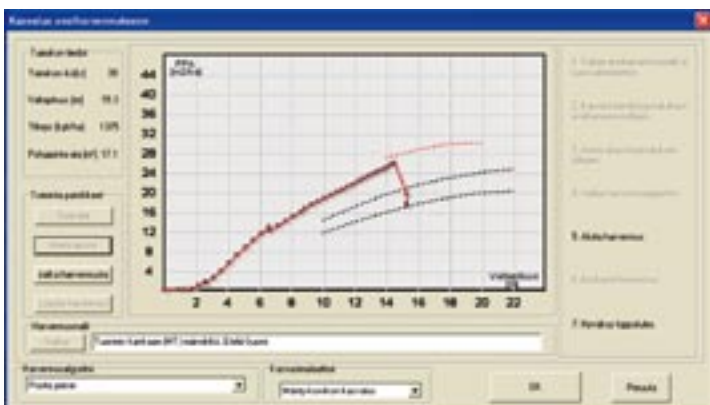
Perkausvaihtoehtoja voidaan haluttaessa yhdistellä tekemällä erilaisia valintoja ennen puiden varsinaista poistamista tai käsittelemällä taimikko eri tavoin peräkkäin. Omien perkaussääntöjen tallennus on mahdollista. Toimenpiteistä lasketaan ajankäyttö ja kustannukset, mutta toistaiseksi kustannuslaskentamallit ovat varsin yksinkertaiset.

PICTURE 4.

Simulated young stand treatments include cleaning, thinning and felling of single trees. The user can choose one or several of the cleaning or thinning methods that are defined according to the common silvicultural regimen or those of forest owning organizations, including:

- partial cleaning
(competing trees felled within e.g. a 1 meter radius of the seedlings to be grown)
- cleaning or thinning with seedling density targets of different tree species
- cleaning or thinning with height restrictions of different tree species
- cleaning or thinning with proportion targets of different tree species

Different cleaning options can either be applied in combination prior to actual tree removal, or the stand can be treated using different methods in succession. The user can also define and save his/her own schemes for cleaning and thinning. Work time consumption and total costs of the treatment operations are also calculated, although the cost calculation models used are relatively simple.



KUVA 5.

Joillakin kasvumalleilla kehitystä voidaan simuloida ensiharvennukseen asti. Ensiharvennus voidaan tehdä käyttäen apuna yleisiä tai käyttäjän omia harvennussalleja. Harvennuksen tuotot ja kustannukset lasketaan. Myöhemmin simulaattorin toimintoihin on tarkoitus lisätä energiapuukertymän laskenta ja monipuolisemmat korjuukustannusten laskentamallit, joissa otetaan huomioon mm. energiapuun korjuun tuet. Tällöin voidaan paremmin tarkastella myöhäisen taimikonhoidon ja ensiharvennuksen vaihtoehtoja.

PICTURE 5.

Stand growth can be simulated up to the first commercial thinning phase with some models. Thinning is performed either according to common models or the user's own thinning models. The revenue and costs of the operation are calculated. In future, calculation of fuelwood drain and more diversified cost calculation models for logging which also account for fuelwood harvesting subsidies will be added to the simulator. This will provide improved tools for analysis of the alternatives for late young stand tending operations together with the first commercial thinning.



METSÄTEHO OY
ERIKOISTUTKIJAA
MMM
TAPIO RÄSÄNEN
TAPIO.RASANEN@
METSATEHO.FI

Katsaus perustuu projektissa "Monipuolisen metsänkäsittelyn vaikutus metsänuudistamiseen" tehtyyn eri organisaatioiden ja henkilöiden tiiviiseen yhteistyöhön. Katsaus on projektin kooste. Työhön ovat osallistuneet seuraavat henkilöt: erikoistutkija, MML Simo Kaila, Metsäteho Oy; tutkija, DI Tero Kokkila, Helsingin yliopisto; tutkija, DI Mika Lehtonen, Metsäntutkimuslaitos; dosentti, yliopistonlehtori, Tkl, MMT Annikki Mäkelä, Helsingin yliopisto; dosentti, MMT Eero Nikinmaa, Helsingin yliopisto; kehityspäällikkö, MMM Juha Ruuska, Suomen 4H-liitto ry (Metsäntutkimuslaitos); vanhempi tutkija, MMT Sauli Valkonen, Metsäntutkimuslaitos.

Projekti sai osan rahoituksesta Maa- ja metsätalousministeriöstä sekä Metsäteollisuus ry:stä FIBRE-tutkimusohjelman kautta. Pääosan työstä ovat rahoittaneet hankkeessa mukana olleet Metsätehon osakkaat.

Taimikoiden kehityksen ennustamisessa riittää tutkittavaa

Tietämystä siitä, kuinka taimikot kehittyvät luonnostaan ja kuinka eri toimenpiteet vaikuttavat, tarvitaan metsänhoidon ohjeistuksen ja koulutuksen sekä käytännön päätöksenteon tueksi. Puuston kehitystä pitäisi voida ennustaa toimenpidevaihtoehtojen vertailemiseksi. Ennustamiselle asettavat haasteita etenkin monipuolistuneet metsänuudistamiskäytännöt ja niiden aiheuttama sekapuulajisten ja eri-ikäisrakenteisten taimikoiden lisääntyminen. Taimikoiden käsittelyt vaikuttavat ensiharvennuksen ajoitukseen, hakkuukertymiin ja kannattavuuteen sekä energiapuun hankintamahdollisuuksiin nuorista metsistä. Käsittelypäätökset koskevat useimmiten perkauksen ja harvennuksen ajoitusta ja poistettavien puiden valintaa. Taimikonhoidossa painottuvat lähivuosina kustannustehokkuuden tavoittelu, työmenetelmien kehittäminen ja puuston laatukehityksen huomiointi samalla kun käytettävissä olevat työvoimaresurssit vähenevät. Töiden kohdentaminen hoidon kannalta tärkeimpiin taimikoihin tai taimikon osiin, perkaustyön minimointi ja optimaalinen ajoitus ovat päätöksenteon haasteellisia kysymyksiä.

Kasvumallien luotettavuus perustana

Taimikkosimulaattorin nyt kehitetty versio on prototyyppi, jota voidaan testata toimintojensa ja kehityssennusteidensa osalta, mutta valmis käytännön työkalu se ei vielä ole. Sovelluksen kehittämistä jatketaan ja sen suunnitelmista varten hankitaan käyttäjien palau-

etta. Hyödyntämisen kannalta tärkeintä on kasvumallien jatkuva perustutkimus sekä niiden testaus ja sovittaminen eri alueille ja kasvuolosuhteisiin. Mallit eivät voi täysin luotettavasti ennustaa kasvua kaikissa tapauksissa, mutta taimikoninventointitulosten ja käyttäjäläpäläytteen avulla niiden realistisuudesta ja rajoitteista voidaan saada tuntumaa, joka auttaa mallien kehittämisessä.

Valmistumassa on malleja, jotka voidaan lähitulevaisuudessa viedä ohjelmaan, mutta tarvetta on myös uusien mallien kehittämiseen. Erityisesti uudistamisen ja perkauksen jälkeisen vesottumisen ja vesakon kehityksen mallit ovat puutteellisia. Kuusen Acrobas-prosessimallin valmistuminen täydentää vastaisuudessa kuusitaimikoiden simuloinnin vaihtoehtoja. Puulajikohtaiset prosessimallit olisi saatava toimimaan realistisesti yhdessä myös sekataimikoissa.

Vastauksia myös metsänkasvatukseen talouteen

Simulaattoriin tarvitaan monipuolisia toimintoja taimikon käsittelyohjelmien tuloksellisuuden arviointia ja vertailuja varten. Keskeistä tässä on kehittää taimikonhoidon ja energiapuun korjuun kustannuslaskennan sekä puuston käyttöarvon määrittämisen välineitä. Pidemmän ajan kehitystavoitteena voi olla, että taimikkosimulaattori tai sen toiminnot yhdistetään johonkin yleiseen metsiköiden kehitystä ennustavaan sovellukseen tai osaksi metsätalouden suunnittelun ja seurannan tietojärjestelmiä.

Simulation of young stand development

New forest management recommendations favour more versatile regeneration methods and increasingly heterogeneous stand structures. Predicting the growth of young stands together with the influences of cleaning and thinning operations provides a major challenge regarding practical decision-making.

Growth models that estimate the early development of stands up to the first thinning phase, using both physiologically-

based and empirical approaches have been combined in a young stand simulator: a system based on utilisation of growth models and interactive software. The simulator is designed to generate projections of stand development subject to different treatments. The models cover all main tree species and regeneration methods. User-specific treatment alternatives and cost calculation of operations are also key features of the young stand simulator.