



Tapani Repo

Boreaalinen metsä ei pärjää pelkällä sitkeydellä, vaan tarkalla ajoituksella

Repo T. (2026). Boreaalinen metsä ei pärjää pelkällä sitkeydellä, vaan tarkalla ajoituksella. Metsätieteen aikakauskirja 2026-26006. Tieteen tori. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.26006>

Sähköposti tapani.v.repo@gmail.com

Hyväksytty 3.7.2026

Kahden kellon metsä

Boreaalisen vyöhykkeen ilmastossa sää- ja ympäristöolot vaihtelevat voimakkaasti vuodenaikojen mukaan. Lämpötila voi vaihdella kesäajan yli 30 asteen lämpötiloista talven alle -40 asteen pakkaslämpötiloihin. Vuodenaikojen myötä valaistus muuttuu vielä radikaalimmin kuin lämpötila. Kesäajan lähes yötön yö vaihtuu talvella päivävästaiseksi. Syksyllä säteilyn määrä laskee ja kasvien toiminnan kannalta tärkeä tekijä, yön pituus, kasvaa nopeasti. Toisaalta keväällä säteilyn määrä ja päivän pituus lisääntyvät nopealla aikataululla. Sadannan olomuoto vaihtelee vuodenaikojen mukaan, millä on merkittävä vaikutus maan lämpö- ja kosteusoloihin. Pitkäikäisten kasvien, kuten puiden, on sopeuduttava näihin vaihteluihin, sekä niissä tapahtuviin muutoksiin ilmaston muuttuessa ja sään ääri-ilmiöiden mahdollisesti lisääntyessä. Hyvä sopeutuminen takaa hyvän kasvun ja hiilensidonnan.

Hiiltä sitoutuu myös maan alle

Puiden hiilen sidonta tapahtuu lehdissä ja neulasissa yhteyttämisen tuloksena. Yhteytyksessä syntyvät yhdisteet ja niiden johdannaiset käytetään maanpäällisten ja maanalaisten kasvinosien rakennusaineina ja korkeaenergisinä yhdisteinä solurakenteiden muodostamiseen ja solujen elintoimintojen ylläpitoon. Yhteytyksen myötä syntyvä biomassa jakaantuu eri kasvinosiin. Näistä osuuksista ja niiden vaihteluista eri puulajien ja kasvupaikkojen välillä eri maantieteellisillä alueilla tiedetään tällä hetkellä kuitenkin aika vähän. Joissakin tutkimuksissa boreaalisten puiden maanalaisen biomassan osuuden puun kokonaisbiomassasta on arvioitu vaihtelevan puiden iän mukaan 15 % ja 30 % välillä. Sen sijaan vuotuisen yhteytyksen tuloksena syntyvästä biomassatuotoksesta maanalaisen osan (sis. ohut- ja paksujuuret) osuus olisi huomattavasti suurempi, vaihdellen puun iän mukaan 40 % ja 70 % välillä. Sienijuurten on havaittu olevan pitkäikäisempiä pohjoisilla kuin eteläisillä leveysasteilla, minkä on oletettu lisäävän juuribiomassaosuutta pohjoisilla leveysasteilla. Sienijuurten pidemmän elinajan todennäköisenä selityksenä on pohjoisten alueiden eteläisiä oloja

viileämmät kasvuolot, jolloin elintoiminnot ovat pohjoisessa hitaampia kuin etelässä. Pohjoisten alueiden pitkä talvi lienee myös yksi merkittävä hienojuurten elinaika-arvioihin vaikuttava tekijä.

Puiden kasvuun ja hiilen sidontaan vaikuttaa oleellisesti se, kuinka puut ovat sopeutuneet kasvupaikalla vallitseviin ilmasto-oloihin ja niiden vuodenaikaisvaihteluihin. Boreaalilla vyöhykkeellä kasvaville puille tämä on erityisen tärkeää, koska olosuhteiden vaihtelut ovat voimakkaita. Lisäksi kasvun kannalta epäsuotuisan ajan osuus vuodesta (sisältäen lepokauden) vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan 7–9 kuukauden välillä. Tämä ei tarkoita sitä, etteikö puissa olisi elintoimintoja myös lepokauden aikana talvella. Lepokausi on itse asiassa hyvin tärkeä puiden tulevan kasvun kannalta. Sen aikana solujen on kestävä jossakin alhaisissa pakkaslämpötiloissa, jotta kasvu on seuraavan kasvukauden aikana ylipäänsä mahdollista. Toisaalta talven kylmien lämpötilojen vaikutuksesta puiden kasvukyky palautuu, ja uusi kasvu käynnistyy, kun olosuhteet muuttuvat kasvun kannalta suotuisiksi.

Puiden eri osien kasvu riippuu sekä ulkoisista tekijöistä että sisäisistä tekijöistä. Kasvutapa vaikuttaa siihen, kuinka ne reagoivat yön pitempiin ja lämpötilan muutoksiin, ja sen myötä myös kasvuresurssien jakaantumiseen eri kasvinosien välillä. Vapaan kasvutavan puulajeilla yön pitempiin lisääntyminen ja/tai yön pitempiin ja lämpötilan yhdysvaikutus saa aikaan pituuskasvun päättymisen. Sen sijaan puulajit, joilla on ennalta määräytynyt kasvutapa, lopettavat pituuskasvunsa, kun riittävä määrä lämpösummaa on kertynyt. Sen sijaan esimerkiksi neulasten kasvu, rungon paksuuskasvu ja juurten kasvu jatkuvat pituuskasvua pitempään. Niiden kasvun päättymisen on kiinni ilman ja maan lämpötilasta, sekä käytettävissä olevista kasvuresursseista ja niiden jakaumisesta eri kasvinosien kesken. Kasvuresurssien jakaantumisen yhteydessä puhutaan puiden kasvun ja toiminnan sisäisistä ajureista.

Ääri-ilmiöt osuvat ensin juuriin

Sekä kuivuuden että tulvan/liikakosteuden vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti juuriin ja välillisesti viiveellä puiden maanpäällisiin osiin. Tulvatilanne aiheuttaa puiden juurille hapen puutteen, joka on juurten toiminnan kannalta haitallista. Sen voimakkuuteen vaikuttaa ajankohta ja hapen puutteen kesto. Lepokaudella ja aivan kasvukauden alussa tulvan vaikutukset ovat juurten elintoimintojen hitauden takia vähäisempiä kuin vastaavanlaiset tilanteet kasvukaudella. Puut reagoivat kuivuuteen sulkemalla ilmarakonsa. Lisäksi juurissa on vedenottomekanismeja, jotka aktivoituvat, mikäli veden saatavuus heikkenee. Myös sienijuurten merkitys lisääntyy kuivuustilanteessa. On myös havaittu, että puut, joilla on sekä syvälle tunkeutuvia juuria että pintajuuria, pystyvät maan pintaosien kuivuessa siirtämään vettä syvälle tunkeutuvien juurien avulla maan pintakerrokseen. Pitkä kuivuusjakso on kuitenkin hienojuurten kannalta aina haitallinen, erityisesti pintajuurisille puille. Pitkittynyt kuivuus aiheuttaa rungon vedenkuljetusmekanismeissa muutoksia, kuten kapillaareissa olevien vesipatsaiden katkeamisia (ns. onkaloituminen). Ne ovat palautumattomia ja voivat johtaa puun kunnon heikkenemiseen ja jopa kuolemiseen. Tämä taas altistaa puut erilaisille bioottisille tuholaisille, kuten kirjanpajalle.

Lumi ei ole lisävaruste – se on boreaalisen metsän henkivakuutus

Lumipeite on tärkeä osa boreaalisen metsäekosysteemin toimintaa. Lumipeitteen muodostuminen ja sulaminen, ja lumikerroksen paksuus vaihtelevat vuosittain ja alueittain merkittävästi. Eristävyytensä ansiosta lumi suojaa puiden juuria talvipakkasilla. Juuret, ja erityisesti veden ja ravinteiden oton kannalta tärkeät hienojuuret, ovat pakkaskestävyyden suhteen puiden herkimvät kasvinosat.

Koska juuret ovat suojassa maassa, lyhytaikaiset lievät pakkasjaksot eivät niitä vioita. Sen sijaan pitkäkestoisten pakkasjaksojen aikana, jolloin ilman lämpötila voi laskea hyvinkin alas, lumipeite suojaa juuria. Lumipeitteen puuttuminen johtaa maan routaantumiseen ja erityisesti maan pintaosien lämpötilan alenemiseen niin alas, että juuristovauriot ovat mahdollisia. Juuristovauriot näkyvät maanpäällisten osien kasvussa yleensä viiveellä, rungon paksuuskasvussa jopa useiden kasvukausien ajan. Maan jäätyminen vaikuttaa myös maan mikrobitoimintaan, jolla on välilliset vaikutukset juurten toimintaan ja puiden kasvuun. Lisäksi lumen toistuvan jäätyksen ja sulamisen seurauksena voi maanpintaan muodostua jääkerros, jolloin maanpäälliset osat voivat kärsiä hapenpuutteesta.

Yksi mahdollinen ääri-ilmiöiden ilmentymä on talviaikaisten lämpimien jaksojen lisääntyminen ja lämpötilojen nousun aikaistuminen keväällä. Tällöin pakkasvaurioriski voi lisääntyä, mikäli keväisten pakkaslämpötilojen esiintymistodennäköisyys ei lämpötilan nousun myötä vähene. Lämpötilan kohoaminen aiheuttaa eri kasvinosissa pakkaskestävyyden heikkenemistä, jonka nopeuteen ja määrään vaikuttaa se, kuinka paljon lämpötila nousee ja kuinka pitkä on lämpöjakson pituus. Eri kasvinosat reagoivat muutoksiin eri nopeuksilla.

Talviaikainen lämpötilan nousu lisää soluhengitystä, mikä kuluttaa solujen energiavarastoja ja heikentää niiden pakkaskestävyyttä. Kasvisolujen aineenvaihdunta nopeutuu 5 °C korkeammassa lämpötiloissa, jolloin karaistuneisuus purkaantuu, solujakaantuminen käynnistyy ja kasvukausi alkaa. Aikainen kasvun käynnistyminen lisää pakkasvaurioriskiä, mikäli lämmintä jaksoa seuraa kylmä jakso. Vaurioriskiinkin vaikuttaa se, millä nopeudella (aikavakiolla) ja kuinka paljon karaistuneisuus purkaantuu lämpimän jakson aikana. Karaistuneisuuden purkaantuminen on vain osittain palautuva prosessi. Lisäksi palautumiskyky (nopeus ja määrä) heikkenee karaistuneisuuden purkaantuessa. Nopea karaistuneisuuden purkaantuminen ja hidas uudelleen karaistuminen lisäävät pakkasvaurioriskiä. Lisäksi keväällä nopeat lämpötilavaihtelut ja tuuli lisäävät havupuiden kuivumisriskiä erityisesti taimilla. Eri puulajit ja alkuperät reagoivat talven ja kevään lämpöjaksoihin eri tavoin. Suotuisissa oloissa keväinen lämpeneminen pidentää kasvukautta ja lisää puiden kasvua.

Boreaalisen metsän tulevaisuus ratkaistaan usein maan alla

Eri ympäristötekijöillä on sekä erikseen että yhdessä jo nykyilmastossa merkittävä vaikutus metsä-ekosysteemin toimintaan. Jos olosuhteet ilmastonmuutoksen seurauksena äärevöityvät, kuten on ennustettu, ne vaikuttavat boreaalisten puiden toimintaan, metsien hiilen sidontaan ja kasvuun. Kun mitataan hiilen jakautumista, juurten elinajan vaihtelua, sekä sadannan ja lumipeitteen suojaavaa vaikutusta, saadaan työkaluja metsien kasvun ja hiilen sidonnan ennustamiseen ilmasto-olojen vaihdellessa. Huomionarvoista on kuitenkin, että ilmastonmuutos ei vaikuta yhteen keskeiseen puiden vuotuisen kehitykseen vaikuttavaa tekijään, fotoperiodiin.