



Liisa Kulmala

## Metsäluonnon monimuotoisuus muuttuvassa ilmastossa

---

**Kulmala L.** (2024). Metsäluonnon monimuotoisuus muuttuvassa ilmastossa. Metsätieteen aikakauskirja 2024-23015. Tieteen tori. 6 s. <https://doi.org/10.14214/ma.23015>

**Yhteystiedot** Ilmatieteen laitos, Helsinki

**Sähköposti** [liisa.kulmala@fmi.fi](mailto:liisa.kulmala@fmi.fi)

**Hyväksytty** 31.12.2023

---

### Luonnon monimuotoisuus

Elämä kaikissa muodoissaan perustuu luonnon monimuotoisuudelle ja toimiville ekosysteemeille. Luonnon monimuotoisuus ei tarkoita vain lajimäärää vaan kattaa myös luontotyyppien ja yksilöiden geneettisen monimuotoisuuden. Monimuotoisuus ei heikkene vain sukupuuton hetkellä, vaan jo yksilömäärän vähentyessä lajin geneettinen perimä kaventuu, mikä heikentää lajin kykyä sopeutua muuttuviin ympäristöolosuhteisiin. Monimuotoisuus lisääkin lajien elinvoimaisuutta ja mahdollistaa niiden sopeutumisen erilaisiin ympäristöolosuhteisiin ja sitä kautta kyvyn ylläpitää ekosysteemipalveluja myös muuttuvassa ilmastossa. Luonnon monimuotoisuus on perustavanlaatuisen tekijä turvaamaan myös metsäluonnon olennaiset ekosysteemipalvelut. Näihin palveluihin kuuluvat muun muassa puuntuotanto, ilmaston säätely, virkistys ja hyvinvointi. Monimuotoinen metsä on myös vastustuskykyisempi taudinaiheuttajille ja tuholaisille mm. siksi, että yksittäisen tuholaisen aiheuttama uhka kohdistuu usein vain tiettyyn lajiin, ja eri lajit ja yksilöt voivat reagoida eri tavoin.

Luontokato kuvaa ihmisen toiminnan aiheuttamaa luonnonvaraisen elämän vähenemistä ja ekosysteemien heikentymistä maapallolla eli monimuotoisuuden vähenemisestä lajien kadotessa tai niiden populaatioiden pienentyessä. Hallitustenvälinen Luontopaneeli IPBES on todennut, että luontokato nyt nopeampaa kuin kertaakaan ihmiskunnan historiassa. Tämä johtuu erityisesti luonnonvarojen ylikulutuksesta sekä siitä, että ihmiskunta on ottanut käyttöön, muokannut voimakkaasti, pilannut tai saastuttanut muiden lajien tarvitsemia elinympäristöjä, aiheuttanut liian nopean ilmastomuutoksen sekä siirtänyt lajeja alueille, joille ne eivät luonnostaan kuulu. Luontokadossa ei ole kysymys vain ympäristöstä. Koska ihmiskunta on täysin riippuvainen luonnosta ja sen tarjoamista ekosysteemipalveluista, kyse on myös ihmisten hyvinvoinnista ja terveydestä, taloudesta, oikeudenmukaisuudesta ja lopulta kansainvälisestä turvallisuudestakin.

Yksi tapa lähestyä monimuotoisuutta on tarkastella uhanalaisia eli häviämisen riskissä olevia lajeja ja luontotyyppisiä. Uhanalaisia metsäluontotyyppisiä sekä pääosin metsissä eläviä

lajeja on paljon. Syitä tähän kehitykseen arvioidaan olevan mm. pellon raivaus ja metsien käsittely, kuten uudistamistoimet ja ojitus, puulajisuhteiden muutokset sekä lahopuun, vanhojen metsien ja kuloalueiden väheneminen. Metsänhoitotoimenpiteet ovatkin historian saatossa uhanalaistaneet erityisesti soiden ja vanhojen metsien lajistoa. Uhanalaisia metsälajeja elää erityisesti lehdoissa, joiden suojelun onkin jo hyvin tunnustettu, mutta on huomionarvoista, että kangasmetsissä uhanalaisia lajeja on lähes yhtä paljon.

## Ilmastonmuutos Suomessa

Ilmastonmuutos on jo vaikuttanut Suomen ilmastoon ja tulee tekemään niin jatkossakin: Lämpötilat nousevat ja lumipeite vähenee, kun taas sateet tulevat ajoittumaan nykyistä enemmän kasvukauden ulkopuolelle. Ääri-ilmiöiden kuten rankkasateiden, myrskyjen ja kuivuuksien odotetaan lisääntyvän. Näiden muutosten voimakkuus riippuu siitä, miten päästöjä ja ilmastonmuutosta kyetään hillitsemään, minkä vuoksi ilmastonmuutoksen vaikutusta lajien menestykseen, levinneisyysalueisiin ja yhteisöjen koostumukseen on vaikea ennustaa. Muuttuneen ilmaston oletetaan kuitenkin lisäävän puiden kasvua ja muuttavan puulajisuhteita, mutta myös tuhojen, kuten kuivuuden, tautien, tuohyönteisten, tuulituhojen ja metsäpalojen odotetaan lisääntyvän. Tuhot ja häiriöt tulevat heikentämään monien lajien menestystä, mutta toisaalta lajeilla on vaihtelevasti sopeutumiskykyä, ja tulokaslajit voivat parhaimmillaan myönteisestikin osallistua keskeisiin ekosysteemien toimintoihin, vaikka maailmanlaajuisesti tulokas- ja vieraslajit ovat usein mm. laajojen metsätuhojen taustalla. Haitalliset vieraslajit lisäävätkin yhteisöjen samankaltaistumista eli ovat uhka monimuotoisuudelle. Jatkuvasti lämpenevä ilmasto tekee olosuhteet otollisiksi, vaikka toistaiseksi metsät Suomessa ovat kuitenkin säästyneet vieraslajien aiheuttamilta laajoilta tuhoilta.

Yhteisöjen rakenne on luonteenomaisesti dynaaminen, sillä lajit levittyvät uusille alueille muuttuvien ympäristö- ja ilmastonolosuhteiden mukaisesti. Ilmastonmuutoksen nopeus on kuitenkin nyt poikkeuksellinen, ja metsän eri eliöillä on hyvin vaihteleva kyky muuttaa ihmisen muokkaamien tai luonnollisten ympäristöjen, kuten vesistöjen yli. Monet tällä hetkellä uhanalaiset lajit elävät suojelualueilla, joiden pirstoutuneisuus ja heikko kytkeytyneisyys hankaloittaa entisestään lajiston siirtymistä pohjoisemmaksi.

## Suojelualueiden merkitys

Suojelualueiden maantieteellinen jakauma eroaa Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä. Erityisesti pohjoisessa on suuria ja laajoja suojelualueita, kun taas etelässä suojelualueet ovat usein pienempiä ja hajanaisempia väestötiheyden ja maankäytön paineiden takia. Tämä heikko kytkeytyneisyys vaikeuttaa lajien siirtymistä ja siten suojellun luonnon säilyttämistä. On tutkittu, että erityisesti Lounais-Suomen kesiä nykyisin luonnehtivat lämpösummat tulevat siirtymään nopeasti pohjoisemmaksi, jonne nykyisissä lämpösummissa menestyvän lajiston olisi siis kyettävä nopeasti siirtymään. Suojelualueiden pienialaisuuden ja kytkeytymättömyyden lisäksi Lounais-Suomen alueella on paljon hakkuita, mikä entisestään heikentää lajien ja yksilöiden mahdollisuuksia siirtyä uusille alueille.

Lintujen esiintymistä tutkien on havaittu, että mitä vähemmän sadan kilometrin säteellä oli suojelualueita, sitä enemmän lajistoa oli muuttunut lämpimiä lajeja suosivaksi Keski- ja Pohjois-Suomessa. Toisin sanoen mitä enemmän suojelualueita on lähialueilla, sitä suurempi on yhteisön sopeutumiskyky kohonnutta lämpötilaa kohtaan. Etelä-Suomessa yhteyttä ei havaittu, ja sen arveltiin johtuvan siitä, että suojelualueiden määrä on niin alhainen, ettei se pysty tukemaan lajistoa.

Suojelualueiden merkitys ulottuu paitsi luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen myös ilmastovaikutuksiin. Tuoreen globaalin tutkimuksen mukaan suojelualueiden rooli ilmaston säätelyssä on huomattava, erityisesti niiden vaikutukset lämpötiloihin ja vuorokauden sisäiseen vaihteluun. Suojelualueet osoittautuivat tehokkaiksi viilentäjiksi, kun verrattiin niiden ilmastovaikutuksia ei-suojeltuihin alueisiin. Erityisesti pohjoisten metsien suojelualueet erottuivat tutkimuksessa merkittävänä hidastajina ilmaston lämpenemiselle. Tämän alueen suojelualueilla havaittiin peräti 20 prosenttia hitaampi lämpeneminen verrattuna vastaaviin ei-suojeltuihin alueisiin. Tämä viittaa siihen, että suojelualueiden ylläpitämä ekosysteemien tasapaino ja lajiston monimuotoisuus voivat suojata osittain ilmastomuutoksen vaikutuksia vastaan.

Tutkimustulokset korostavat suojelualueiden roolia ilmastomuutoksen hillinnässä ja osoittavat konkreettisia vaikutuksia lämpötilojen säätelyssä. Suojelualueiden tukeminen ja laajentaminen on siten myös mahdollisuus ilmastomuutoksen haasteisiin vastaamisessa tarjoten samalla suojaajajajiston säilyttämiseksi ja ekosysteemien toimivuuden varmistamiseksi.

## Metsien käsittelyn ja suojelun vaikutus

Ilmastomuutoksen lisäksi metsien käsittelyllä eli metsänhoidolla tulee olemaan suuri vaikutus suomalaisiin metsiin, niiden monimuotoisuuteen ja ekosysteemipalveluihin, kuten hiilensidontaan. Erityisesti viime vuosina on ollut laajaa tutkimustoimintaa, jossa metsien käsittelyn vaikutusta on arvioitu samanaikaisesti hakkuukertymään, hiilensidontaan ja monimuotoisuuteen. Tätä tutkimustoimintaa on vauhdittanut aiheen yhteiskunnallisen merkitys: Suomi ja EU tavoittelevat hiilineutraaliutta samaan aikaan, kun EU:n biodiversiteettistrategia velvoittaa meitä pysäyttämään luontokadon ja kääntämään monimuotoisuuden kehityksen luontoposiitiviseksi.

Tutkimuksista nousee esiin, että hakkuiden lisääminen yleensä heikentää monimuotoisuusindikaattoreita sekä hiilinielua, mutta tuoreen tutkimuksen mukaan myös nykyisellä hakkuuintensiteetillä sopivalla suojelualueiden sijoittelulla ja laajentamisella voidaan lisätä monimuotoisuushyötyjä verrattuna nykyiseen käytäntöön. EU:n biodiversiteettistrategian 10 %:n tiukan suojelutavoitteen mukaiset uudet tai laajennetut suojelualueet tarjoaisivat kuitenkin merkittävän hiilivaraston ja hiilinielupotentiaalın erityisesti vuoteen 2050 mennessä eli aikajänteellä, jolloin ilmastomuutoksen hillitsemistyö on merkityksellisin. Julkisuudessa usein toistuu runkopuun tilavuuskasvuun perustuva väite, että metsien hiilinielu merkittävästi vähenee tai jopa poistuu puuston ikääntymisen myötä, vaikka tutkimusten mukaan se kuitenkin jatkaa satoja vuosia. Ilmastomuutos tulee myös lisäämään kasvua, mutta merkittävämmiin hiilinielun kehitykseen vaikuttaa hakkuutaso.

Jollei tuhoja huomioida, niin uusien tutkimusten mukaan ilmastomuutoksen vaikutus ekosysteemipalveluihin tulee olemaan pääsääntöisesti myönteinen. Puutavaran määrä, hiilivarasto, koettu kauneus ja avainlajien elinympäristöt lisääntyvät, kun taas ainoastaan marjoille muutokset saattavat olla kielteisiä. Metsätalouden ratkaisulla on kuitenkin erilaisten ekosysteemipalvelujen tarjontaan tutkitusti keskimäärin 11 kertaa suurempi vaikutus kuin ilmastomuutoksella. Sen vaikutus metsien ekosysteemipalveluihin on tutkittu olevan tulevaisuudessa 1,6 kertaa suurempi Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa, kun taas metsänhoidon vaikutusten arvioidaan olevan päinvastainen eli kolme kertaa suurempi etelässä verrattuna pohjoiseen. Tämän vuoksi tutkijat päätyivät suosittelemaan ilmastomuutoksen sekä metsänhoidon vaikutusten alueellisen vaihtelun huomioimista uusissa ohjeissa metsien sopeutumiseksi muutokseen.

Koska tulevaisuutta ei voi vielä mitata, arviot on tehtävä simulointimalleilla. Näihin kohdistuu joskus arvostelua, mutta ne ovat vuosien tai vuosikymmenten kehittelyn tulos. Mallit ovat toki aina yksinkertaistuksia, mutta se ei tarkoita sitä, etteivätkö ne sisältäisi keskeisiä prosesseja sekä vasteita ja olisi siten hyödyllisiä. Niillä voidaan arvioida paitsi hakkuutasojen vaikutusta myös

erilaisia metsänkäsittelytapoja kuten kiertoajan pidennyksen ja lyhennyksen vaikutusta, harvennuksien intensiteetin vaihtelua, sekä esimerkiksi säästöpuiden ja jatkuvapeitteisen metsänkäsittelyvaikutuksia. Pitkät tutkimusaineistot ovat kallisarvoisia, mutta sellaisia ei ole kaikista metsänkäsittelymahdollisuuksista eikä ainakaan tulevaisuuden ilmastosta. Tuhoilla, kuten metsäpaloilla ja tuulituhoilla, on valtava vaikutus moniin ekosysteemipalveluihin. Niiden riskiä ja sen kasvamista ilmastomuutoksen myötä osataan jo mallittaa, mutta riskin realisoitumiseen ja sen intensiteettiin sekä alueelliseen kattavuuteen ja vaikutusten kvantifiointiin sisältyy luonnollisesti suurta epävarmuutta.

Tutkimukset tehdään usein simuloimalla korkeintaan kymmeniä indikaattorilajeja, kun taas lajeja Suomessa arvioidaan olevan lähes 50 000. Usein monimuotoisuuden kehitystä arvioidaankin yksittäisten lajien sijaan mittaamalla tai simuloimalla keskeisiä rakennepiirteitä, joiden väheneminen metsissä on aikaansaanut lajien runsasta uhanalaistumista. Tällaisia on esimerkiksi järeiden puiden määrä, lahopuu ja lehtipuiden määrä. Erilaiset lajit tarvitsevat kuitenkin erilaisia resursseja menestyäkseen. Tutkimusten mukaan voidaan arvioida, että metsätalouden piirissä olevissa metsissä on sitä enemmän eri lajien elinympäristöjä mitä enemmän on erilaisia käsittelyjä erityisesti siinä tapauksessa, jos alueella ei ole talouskäytön ulkopuolella olevia metsiä lainkaan tai vain vähän.

On hyvä huomata, että metsien käsittely ei vaikuta pelkästään metsään vaan myös alapuolisten vesistöjen monimuotoisuuteen ja laatuun. Tämän vuoksi metsien käsittelyssä olisi jatkossa kiinnitettävä erityistä huomiota riittäviin suojavyöhykkeisiin sekä pyrittävä välttämään ojituksia, jotta luonnon monimuotoisuus turvataan myös sisävesissä ja Itämeressä.

## Sopimukset ja suositukset

Luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen ei ole uusi asia: Biodiversiteetikriisi tunnistettiin jo 80-luvulla ja vuonna 1992 tehtiin YK:n biologisen monimuotoisuuden yleissopimus. Nyt tema on noussut aktiiviseen keskusteluun ja se nousee myös pääministeri Petteri Orpon hallitusohjelmassa vahvasti. Hallitusohjelman mukaan luonnon monimuotoisuutta vahvistetaan, luontokatoa torjutaan, luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen pysäytetään yhteistyöllä sekä yhteiskunnan toiminta käännetään luontoposiitiiviseksi. Näiden lisäksi hallituksen tavoite on tehdä Suomelle vientituote luonnon positiivisista vaikutuksista.

Metsäluonnon suojelusta kirjataan EU:n biodiversiteettistrategiassa. Strategian tavoitteena on saada luontokato pysähtymään ja luonnon monimuotoisuus elpymään vuoteen 2030 mennessä. Käytännössä 30 % suojellaan oikeudellisesti, mikä tarkoittaa kevyttä suojelua, ja 10 % kaikesta alasta on tiukkaa suojelua. Tähän sisältyy myös mm. kaikki vanhat metsät. Luonnontilaisia vanhoja metsiä on vähän, mutta talouskäytön heikentämissä vanhoissa metsissä on myös suuri potentiaali monimuotoisuuden vahvistamiselle, vaikeivat ne olisi täysin luonnontilaisia. Monimuotoisuuden turvaamiseksi metsien suojelua kannattaa suunnata näihin metsiin, jotka ovat lisäksi hiilinielua ja erinomaisia hiilen varastoja.

Mitä etäämmällä toisistaan paikat ovat, sitä erilaisempaa niiden luonto on. Tämän vuoksi luontoa ei voi suojella vain yhdessä luontotyyppissä ja yhdellä maantieteellisellä alueella, kuten suojelemalla kitumaita Pohjois-Suomessa. Koska erilaiset luontotyypit tarjoavat elinympäristöjä kaikille lajeille, Luontopaneeli on suositellut suojelun kohdentamista maakuntatasolla kaikkiin luontotyyppeihin siten, että 10 %:n tiukan ja 30 %:n kevyemmän suojelun pinta-alatavoitteet täyttyvät. Maakuntataso on yksinkertainen hallinnollinen kokonaisuus, jolla suojelua voidaan toteuttaa, ja toisaalta se varmistaa ekosysteemipalveluiden reilun ja oikeudenmukaisen saavutettavuuden.

Nykyisessä taloustilanteessa toimenpiteiden hinnat mietittyvät, mutta tämän keskustelun rinnalle on noussut myös toimimattomuuden hinta, mikä saattaa pitkällä aikavälillä olla huomattava.

tavasti suurempi kuin toimiminen nyt. Luontopaneeli on kannattanut ja tukenut aiheuttaja maksaa-periaatteen yleisempää hyödyntämistä. Esimerkiksi maankäytönmuutosmaksulla, luontohaittamaksulla tai velvoittavalla ekologisella kompensatiolla voitaisiin hillitä luontohaittojen syntymistä ja siirtää kustannuksia niille toimijoille, jotka luonnon tilaa heikentämällä saavuttavat omaa etua.

## Johtopäätökset

Metsäluonnon monimuotoisuuteen tulevat tulevaisuudessa vaikuttamaan paitsi ilmastonmuutos myös suojelun määrä ja sen kohdentaminen, talousmetsien käsittely sekä vieras- ja tulokaslajit. Ilmastonmuutoksen voimakkuuteen vaikuttaa onnistuminen sen hillinnässä, mutta joka tapauksessa odotetaan, että lajit siirtyvät pohjoisemmaksi, jos pystyvät. Tuhoja aiheuttavat taudit, hyönteisiintymät sekä myrskyt lisääntyvät, nykyisten luontotyyppien ja lajien uhanalaisuus kasvaa, lauhkean vyöhykkeen lajit voimistuvat ja Suomeen saapuu uusia, eteläisiä lajeja. Tämän seurauksena sekä puiden kasvu että niiden tuhot tulevat todennäköisesti lisääntymään. Tulevaisuuden ilmastossa keskeiset toiminnallisuudet säilyvät sitä todennäköisemmin, mitä monimuotoisempi metsäluonto on eli mitä suurempi on vaihtelu yksilöiden, lajien ja luontotyyppien välillä. Toisaalta ilmastonmuutoksen hillitseminen on hyvää monimuotoisuuden suojelua.

Metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen edellyttää sekä riittäviä suojelualueita ja niiden kytkeytymistä että ekosysteemipalveluiden tunnistamista ja huomioimista talousmetsiä käsiteltäessä. Niissä monimuotoisuuden kannalta hyödyllisiä tekijöitä ovat lahopuujatkumo, järeät säästöpuut sekä sekapuustoisuus. Metsänkäsittelyjen moninaisuus lisää eri lajien elinympäristöjen määrää aluetasolla.

Kansainvälisten sopimusten kuten EU:n biodiversiteettistrategian uskotaan voivan onnistuessaan muuttaa luontokadon suunnan, mutta vielä tarvitaan konkreettisia, strategian mukaisia toimenpiteitä ja erityisesti niihin johtavia päätöksiä. Keskeisessä osassa on parhaillaan luonosteltava Kansallinen luonnon monimuotoisuusstrategia. Tämän lisäksi kaikessa päätöksenteossa kannattaa huomioida sekä luonto- että ilmastovaikutukset, jotta löydetään yhteiset ratkaisut molempiin ongelmiin, sillä molempien ongelmien ratkaisu erillään on kustannustehotonta. Tarvitaan myös koko toimintaketjun täydennyskoulutusta ja tiedon lisäämistä luonnon monimuotoisuuden ymmärtämiseksi ja tukemiseksi.

## Lähteitä

- Anderegg WRL, Wu C, Acil N, Carvalhais N, Pugh TAM, Sadler JP, Seidl R (2022) A climate risk analysis of Earth's forests in the 21st century. *Science* 377: 1099–1103. <https://doi.org/10.1126/science.abp9723>.
- Forsius M, Holmberg M, Junttila V, Kujala H, Schulz T, Paunu V-V, Savolahti M, Minunno F, Akujärvi A, Bäck J, Grönroos J, Heikkinen RK, Karvosenoja N, Mäkelä A, Mikkonen N, Pekkonen M, Rankinen K, Virkkala R (2023) Modelling the regional potential for reaching carbon neutrality in Finland: sustainable forestry, energy use and biodiversity protection. *Ambio* 52: 1757–1776. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01860-1>.
- Framsta E, de Wit H, Mäkipää R, Larjavaara M, Vesterdal L, Kalrltun E (2013) Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests. Nordic Council of Ministers. <https://doi.org/10.6027/tn2013-507>.
- Gauthier S, Bernier P, Kuuluvainen T, Shvidenko AZ, Schepaschenko DG (2015) Boreal forest health and global change. *Science* 349: 819–822. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9092>.

- Hyvärinen E, Juslén A, Kemppainen E, Uddström A, Liukko U-M (toim) (2019) Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/299501>.
- IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S, Settele J, Brondizio ES, Ngo HT, Guèze M, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman KA, Butchart SHM, Chan KMA, Garibaldi LA, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgley GF, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razaque J, Reyers B, Roy Chowdhury R, Shin YJ, Visseren-Hamakers IJ, Willis KJ, Zayas CN (eds) IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.
- Kontula T, Raunio A (toim) (2018) Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018: Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4816-3>.
- Kotiaho JS, Ahlvik L, Bäck J, Hohti J, Jokimäki J, Kallio KP, Ketola T, Kulmala L, Lakka H-K, Lehtikoinen A, Oksanen E, Pappila M, Sääksjärvi I, Peura M (2021) Metsäluonnon turvaava suojelun kohdentaminen. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 4/2021. <https://doi.org/10.17011/jyx/SLJ/2021/4>.
- Lehtikoinen P, Tiusanen M, Santangeli A, Jaatinen K, Rajasärkkä A, Valkama J, Virkkala R, Lehtikoinen A (2021) Increasing protected area coverage mitigates climate change driven community changes. *Biol Conserv* 253, article id 108892. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108892>.
- Lehtiniemi M, Nummi P, Leppäkoski E (2016) Jättiputkesta citykaniin. Vieraslajit Suomessa. Docendo. ISBN 978-952-291-238-1.
- Määttänen A-M, Virkkala R, Leikola N, Aalto J, Heikkinen RK (2023) Combined threats of climate change and land use to boreal protected areas with red-listed forest species in Finland. *Glob Ecol Conserv* 41, article id e02348. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02348>.
- Mäkelä A, Minunno F, Kujala H, Kosenius A-K, Heikkinen RK, Junttila V, Peltoniemi M, Forsius M (2023) Effect of forest management choices on carbon sequestration and biodiversity at national scale. *Ambio* 52: 1737–1756. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01899-0>.
- Ruosteenoja K, Jylhä K (2021) Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. *Geophysica* 56: 39–69. [https://www.geophysica.fi/pdf/geophysica\\_2021\\_56\\_1\\_039\\_ruosteenoja.pdf](https://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2021_56_1_039_ruosteenoja.pdf).
- Triviño M, Morán-Ordoñez A, Eyvindson K, Blattert C, Burgas D, Repo A, Pohjanmies T, Brotons L, Snäll T, Mönkkönen M (2022) Future supply of boreal forest ecosystem services is driven by management rather than by climate change. *Glob Chang Biol* 29: 1484–1500. <https://doi.org/10.1111/gcb.16566>.
- Xu X, Huang A, Belle E, De Frenne P, Jia G (2022) Protected areas provide thermal buffer against climate change. *Sci Adv* 8, article id eabo0119. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo0119>.