KIRJANPAINAJA TALOUSMETSISSÄ -

Tuhoriskeistä ja torjuntakeinoista

© MARKUS MELIN / LUONNONVARAKESKUS

together possible™

Asiakasraportti

Markus Melin, Tiina Ylioja, Werna Wahlman
Luonnonvarakeskus
Metsien terveys ja biodiversiteetti -ryhmä

Sisällysluettelo

1 Kirjanpainaja ja sen esiintyminen Suomessa....2
1.1 Kirjanpainaja Suomessa: pähkinänkuori....2
1.2 Kirjanpainajan tuhodynamiikan perusteet ja tuhoille altistavat tekijät....4
2 Kirjanpainajan aiheuttamat puustotuhot Suomessa....8
2.1 Kirjanpainajatuhot Valtakunnan metsien inventoinnissa....8
2.2 Kirjanpainajan takia tehdyt tuhohakkuut....10
3 Kirjanpainajan tulevaisuus Suomessa....11
3.1 Muuttuva ilmasto ja kirjanpainaja....11
3.2 Tulevaisuuden metsät ja kirjanpainaja....13
4 Mitä riskeille voi tehdä: toimenpiteet riskien minimoimiseksi....14
4.1 Kirjanpainajatuhojen ennaltaehkäisy, tuhojen torjunta ja toimenpiteet....14
4.2 Ennakointi ja tulevien riskien minimointi: metsän uudistaminen ja rakenne....21
5 Yhteenveto....26
6 Kirjallisuus....28

Taustaksi

Tämä raportti on WWF:lle laadittu asiakastyö, jonka tarkoituksena oli tutkimusten pohjalta kertoa ymmärrettävässä muodossa aiheesta kirjanpainajatuhot ja niihin varautuminen talousmetsässä, nyt ja tulevaisuudessa. Aiheesta ei ole liikaa kotimaista tutkimustietoa, joten tietyiltä osin jouduttiin nojaamaan ulkomaisiin lähteisiin (esim. torjuntahakkuut), mutta suurilta osin kirjanpainajan ekologia ja käyttäytyminen on silti verrattavissa Suomeen. Raportissa on kerrottu osa-alueet, joiden osalta tutkimustiedossa on selkeitä puutteita, jolloin myöskään suoria suosituksia on vaikea antaa. Ensin käydään lyhyesti läpi kirjanpainajan elinkierto ja tuhodynamiikan perusteet, valokuvin ja infografiikoin täydennettynä. Seuraavaksi esitellään kirjanpainajan aiheuttamien tuhojen pinta-aloista Suomessa, jonka jälkeen esitetään arvioita kirjanpainajan tulevaisuudelle Suomessa perustuen sekä muuttuvaan ilmastoon että metsien rakenteeseen. Lopuksi käydään läpi toimet mitä metsänomistaja voi itse tehdä tuhoriskien suhteen, niin hyvässä kuin pahassa. Kaikki käytetty kirjallisuus on listattu raportin loppuun toimivine hyperlinkkeineen.

1 Kirjanpainaja ja sen esiintyminen Suomessa

1.1 Kirjanpainaja Suomessa: pähkinänkuori

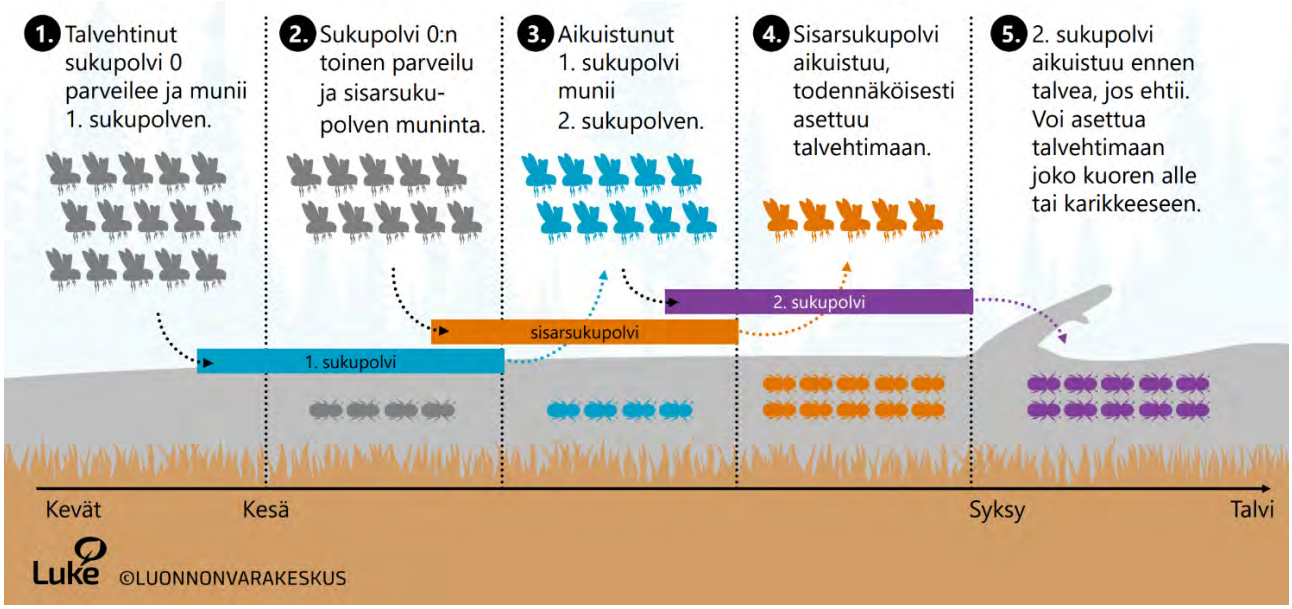
Kirjanpainaja (*Ips typographus*) on kovakuoriaisiin kuuluva yleinen, noin 2,5 – 3,5 mm pitkä kaarnakuoriaislaji (**kuva 1**), joka lisääntyy varttuneiden kuusien paksun kaarnan alla ja käyttää ravintonaan puun nilaa. Runsain määrin esiintyessään kirjanpainaja aiheuttaa merkittäviä puustotuhoja, ja sitä pidetäänkin yhtenä kuusen merkittävimmistä tuholaisista. Kirjanpainaja on yleinen koko Suomessa, aina siellä missä kuusta kasvaa. Eniten sen aiheuttamia puustotuhoja esiintyy kuitenkin Etelä- ja Kaakkois-Suomessa, Pohjois-Suomeen mentäessä kirjanpainajaa esiintyy harvalukuisena. Laji ei siis itsessään ole laajentanut elinaluettaan ilmastonmuutoksen myötä, sillä sitä on aina tavattu siellä, missä kuusi kasvaa valtapuuksi asti. Kuitenkin alue, jolla se kykenee aiheuttamaan paikallisia puustotuhoja, on laajentunut sitä mukaa, kun kasvukaudet ovat maassamme pidentyneet ja lämmenneet.

Kuva 1. *Kuvia aikuisista (tumman ruskeat) ja nuoresta (vaalean ruskeista) kirjanpainajista kuusen rungoilla. Kuva: Markus Melin, Luonnonvarakeskus.*

Kirjanpainajat parveilevat Suomen olosuhteissa keväällä touko-kesäkuussa, kun ilman lämpötila on noin + 18–20 astetta. Tällöin koiraat iskeytyvät kuusen rungon alaosiin paksun kaarnan alle ja kaivavat parittelukammion, minne ne houkuttelevat naaraita feromonien avulla. Yksi koiras parittelee 2–4 naaraan kanssa, ja parittelun jälkeen kukin naaras kaivaa kaarnan alle puun pituussuunnassa oman emokäytävän munimista varten (Wermelinger 2004). Kuoriuduttuaan toukat kehittyvät suojassa kaarnan alla ja kaivertavat omia toukkakäytäviään ympäröivään nilaan. Ruokailtuaan riittävästi toukat koteloituvat (Schebeck ym. 2023). Koteloista kuoriuduttaan nuoret aikuiset ruokailevat vielä jonkin aikaa toukkakäytävien ympärillä, ennen kuin porautuvat ulkokuoren läpi (Schebeck ym. 2023). Etelä-Suomessa nämä uudet, ensimmäisen sukupolven kuoriaiset aikuistuvat yleensä heinäkuun alkupuolella, muualla maassa myöhemmin heinäkuussa. **Kuva 2** esittää kirjanpainajan tyypillisiä syömäkäytäviä.

Kuva 2. *Kirjanpainajan tekemiä syömäjälkiä kuusen kaarnassa (vasen), rungossa (oikea) sekä lähikuva runkoon tehdystä syömäjäljestä (keskellä). Kuvissa näkyy hyvin emon kaivama, rungon suuntainen emokäytävä sekä siitä vastakkaisiin suuniin erkanevat toukkakäytävät. Keskimmäisessä kuvassa toukkakäytävien päässä erottuu myös toukka- ja koteloasteella olevia nuoria aikuisia. Kuvat: Markus Melin, Luonnonvarakeskus*

Lämpötila on keskeinen tekijä, joka säätelee kirjanpainajan kehitysnopeutta ja sukupolvien määrää. Korkeammat lämpötilat nopeuttavat kirjanpainajan kehitystä ja voivat mahdollistaa useamman sukupolven syntymisen yhden vuoden aikana (Jönsson ym 2009; Öhrn ym. 2014). Toinen sukupolvi syntyy heinäkuussa syntyneen ensimmäisen sukupolven jälkeläisistä, ja Suomen olossa tämä tapahtuisi vasta syys-lokakuussa. Sen sijaan sisarsukupolvi syntyy, jos talvehtineet ja keväällä ensimmäisen kerran parveilevat kirjanpainajat parittelevat ja munivat toistamiseen saman kesän aikana, jo kesäkuun alkupuolella. Tämä on Suomessakin yleistä. Keski-Euroopassa kirjanpainajalla on yleensä kaksi, mutta toisinaan jopa kolme sukupolvea vuodessa (Schebeck ym. 2023). Suomessa viileä ilmasto rajoittaa kirjanpainajan lisääntymistä, minkä takia kirjanpainajalla on tyypillisesti vain yksi sukupolvi vuodessa sekä kuumina kesinä sisarsukupolvi. Vain poikkeuksellisen lämpiminä ja pitkinä kesinä sekä alkusyksyinä, Etelä-Suomessa voi kuitenkin esiintyä toinen sukupolvi (Pouttu & Annila 2010), joskaan sen ei tiedetä selvinneen talven yli koska on talvehtimisen alkaessa vielä liian keskenkasvuinen. **Kuva 3** esittää kaavakuvan kirjanpainajan lisääntymisestä sekä eri sukupolvien jälkeläisten syntymisestä aikajanalla.



Kuva 3. *Kirjanpainajan lisääntyminen ja eri sukupolvien syntyminen aikajanalla. Tarkka ajankohta sille milloin parveilu ja lisääntyminen alkavat vaihtelevat vuosien ja kesän etenemisen mukaan. Kuva: Luonnonvarakeskus*

1.2 Kirjanpainajan tuhodynamiikan perusteet ja tuhoille altistavat tekijät

Kirjanpainajan aiheuttamat puustotuhot johtuvat nilaan kohdistuvasta syönnistä. Sekä aikuisten kuoriaisten että toukkien kaivamat käytävät (**Kuva 2**) katkaisevat nestevirtauksen puun nilassa, mikä heikentää puun veden ja ravinteiden saantia. Mikäli syömäkuvioita on runsaasti, kuusi kuivuu hiljalleen pystyyn, sen kaarna irtoaa ja lopulta koko puu kuolee. Kirjanpainajat myös kuljettavat puihin mukanaan sinistäjäsieniä (Linnakoski ym. 2012), jotka aiheuttavat paitsi puutavaran värivikaantumista, niin myös heikentävät puun vedensaantia sienirihmaston tukkiessa johtosolukon (Krokene & Solheim 1998). Osa sinistäjäsienistä pystyy myös hajottamaan puun tuottamia puolustuskemikaaleja, kuten terpenoideja ja fenoleja, jolloin kirjanpainajien on helpompi voittaa puun puolustus ja kolonisoida puu (Netherer ym. 2021). Kun puu on kuollut ja sen nila kuivunut, se ei ole enää käyttökelpoinen kirjanpainajille, jolloin jo kuolleet kuuset eivät aiheuta tuhoriskiä: niitä kirjanpainaja ei voi hyödyntää sen enempää ravintona kuin lisääntymisalustanakaan.

Normaalioloissa kirjanpainaja on tyypillisesti toissijainen tuhonaiheuttaja: se lisääntyy ensisijaisesti tuulenkaadoissa, lumenmurroissa, heikentyneissä pystypuissa ja tuoreessa puutavarassa. Aiheuttaakseen vakavia ja laajamittaisia puustotuhoja, kirjanpainaja tarvitsee apua näiltä muilta tuhonaiheuttajilta. Tästä syystä kirjanpainajan massaesiintymät liittyvät lähes poikkeuksetta muihin häiriöihin, esimerkiksi kuivuuteen ja tuulituhoihin (Wermelinger 2004; Hlásny ym. 2019). Tällaisten tuhojen jälkeen kirjanpainajien lukumäärä voi kasvaa runsaasti, sillä metsään jääneet tuulenkaadot tai kuivuuden stressaamat puut ovat hyvää

lisääntymismateriaalia (Komonen ym. 2011, Netherer ym. 2024), ja jos sitä on maastossa runsaasti, kirjanpainajakanta voi kasvaa niin suureksi, että kuoriaiset pystyvät joukkovoimallaan hyökkäämään myös terveisiin kuusiin ja tappamaan ne. Tällöin kirjanpainajasta voidaan puhua myös pääasiallisena-, eli primäärisenä tuhonaiheuttajana ja tämä tilanne johtaa paikalliseen puustotuhoon (**kuva 4**).

Kuva 4. *Tyypillinen kirjanpainajan aiheuttama puustotuho pienen hakkuuaukon vieressä Etelä-Suomessa. Kuva: Tiina Ylioja / Luonnonvarakeskus*

Kuvassa 4 tuhon kohdanneiden kuusten rinnankorkeusläpimitta vaihtelee 20 ja 30 cm:n välillä, mikä on otollinen kirjanpainajalle, jota pidetään tyypillisesti nimenomaan varttuneiden kuusien tuholaisena (Jakuš ym. 2011; Sproull ym. 2015; Wahlman ym. 2025). Kirjanpainajan iskeytymiselle minimikuorenpaksuus on noin 2,5 mm, mutta optimaalinen paksuus on yli 5,0 mm (Grunwald 1986). Paksumpi kaarna tarjoaa suojaisan elinympäristön ja riittävästi tilaa sekä aikuisille kuoriaisille, että toukkien kehitykselle. Massaesiintymien aikaan kirjanpainajat voivat kuitenkin iskeytyä myös pienempiin ja ohuempikaarnaisiin puihin, mutta tällöin niiden jälkeläisillä on heikommat mahdollisuudet selviytyä aikuiseksi asti. Suurin osa maassamme kirjanpainajan takia tehtävistä tuhohakkuista tapahtuu kuvioilla, joissa puiden rinnankorkeusläpimitta vaihtelee 20-30 cm:n välillä Pulgarin-Diaz ym. (2024).

Kuvan 4 kaltaisten tuhojen alkaminen vaatii kuitenkin enemmän kuin yksittäisiä tuulenkaatoja. Niistä ei kuoriudu ja synny tarpeeksi kirjanpainajia, jotta terveiden puiden valtaus onnistuisi, sillä terve puu torjuu vähäiset kirjanpainajan hyökkäykset helposti pihkapuolustuksellaan. Yleisesti puhutaankin tuulenkaatoryhmistä (10-20 isoa runkoa) tekijänä joka voi nostaa tuhoriskin sille tasolle missä kirjanpainajat kykenevät uhkaamaan terveitäkin puita (Erikkson ym. 2008). Muita riskitekijöitä ovat mm. paahteisuus ja kuivuus sekä lumituhot.

Näistä jälkimmäisten tiedetään aloittaneen kirjanpainajatuhoja esim. Kolin kansallispuistossa, Jyväskylän kaupunkimetsissä sekä Nilsiän Tahkovuorella joissa lumituhoja on esiintynyt runsaasti. Kuitenkin yleisesti lumituhot maassamme tapahtuvat alueilla, mitkä eivät ole kirjanpainajan kannalta optimaalista elinaluetta: lumituhoista valtaosa tapahtuu Kainuun, Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon alueella, ja siellä korostetummin vaarametsissä, joissa lämpöolot eivät ole verrattavissa esim. paahteisen aukonreunan tarjoamiin olosuhteisiin. Näin ollen lumituhoilla ei ole yhtä merkittävää seuraustuhon roolia (Melin ym. 2025) kuin tuulella tai paahteisuudella ja kuivuudella.

Kesäaikainen kuivuus on etenkin viime vuosina ollut keskeinen tekijä kirjanpainajan aiheuttamien puustotuhojen taustalla eri puolilla Eurooppaa. Matalajuurisena puulajina kuusi on erityisen herkkä kuivuudelle. Pitkäaikaisesta veden puutteesta kärsivien kuusien puolustusyhdisteiden tuotanto heikkenee, samoin kuin kyky puolustautua kaarnakuoriaisia vastaan pihkavuodon avulla (Christiansen ym.1987). Näin kuivuus luo suotuisat olosuhteet kirjanpainajan lisääntymiselle ja leviämiselle stressaantuneiden ja alttiiden puiden määrän lisääntyessä (Jönsson et al. 2009). Pitkittynyt vedenpuute onkin havaittu merkittäväksi tekijäksi, joka lisää yksittäisten puiden riskiä joutua kirjanpainajan hampaisiin (Korolyova et al. 2022, Netherer ym. 2024).

Vaikkei kuivuutta olisikaan, kirjanpainajat suosivat korostetusti valoisilla ja lämpimillä paikoilla kasvavia kuusia, sillä niiden kaarnan alla lämpöolot ovat optimaaliset ja paremmat kehittymiseksi munasta toukaksi ja toukasta aikuiseksi (Hilszczański ym. 2006). Näin reunametsät kuten avohakkuuaukon reunat ovat erityisen alttiita kirjanpainajan hyökkäyksille (Pulgarin-Diaz ym. 2024). Lisäksi reunapuiksi jääneet puut, jotka aiemmin kasvoivat metsikön sisällä, eivät välttämättä ole sopeutuneet äkillisesti lisääntyneeseen auringonsäteilyyn, mikä voi lisätä niiden haihduntaa ja altistaa ne kuivuusstressille, heikentäen tätäkin kautta niiden vastustuskykyä kaarnakuoriaisia vastaan (Kautz ym. 2013; Schroeder & Lindelöw, 2002). Tämä ilmiö näkyy erityisesti etelään avautuvilla hakkuureunoilla (Jakuš ym. 2011). Myös tuulituhoriskit ovat suurimmillaan reunametsissä ja esimerkiksi voimakkaasti harvennetuissa metsissä, koska puut ja niiden juuristo eivät ole sopeutuneet uuteen tilajärjestykseen ja äkillisesti kasvaneeseen tuulikuormaan (Ruotsalainen ym. 2023).

Abioottisten tekijöiden lisäksi myös sienitaudit, etenkin juurikääpä, lisäävät kirjanpainajatuhojen riskejä. Ensinnäkin juurikääpä kasvattaa tuulituhoriskiä heikentämällä puun juuristoa ja vähentäen sen kykyä ankkuroitua maahan kovassa tuulessa (Giordano ym. 2012), mistä kirjanpainajat tunnetusti hyötyvät lisääntyneiden, maassa pötköttävien lisääntymiseen kelpaavien runkojen kautta. Toiseksi juurikääpä voi myös suoraan heikentää kuusien elinvoimaa tehden niistä alttiimman kirjanpainajan hyökkäyksille, sillä lahon eteneminen juuristossa heikentää puun vedenottokykyä, ja altistaa siten puut kuivumiselle (Wahlman ym. 2025). Juurikäävän merkitys kirjanpainajatuholle altistavana tekijänä korostuu erityisesti silloin, kun kirjanpainajien populaatiotiheys on alhainen (Wahlman ym. 2025).

Jos tuho yllä lueteltujen tekijöiden takia alkaa ja etenee, se tapahtuu tyypillisesti pesäkkeittäin, yhdestä puusta tai puuryhmästä seuraavaan lähinnä olevaan. Vaikka kirjanpainajat voivat lentää pitkiäkin matkoja, ne pyrkivät etsimään uuden isäntäpuun mahdollisimman läheltä syntypuutaan. Varsinkin massaesiintymien aikaan kirjanpainajat lentävät lyhyempiä matkoja, ja jäävät yleensä 100 metrin säteelle jo kolonisoiduista puista, mikäli ravintoa on riittävästi tarjolla. Kenttätutkimuksissa on havaittu, että suurin osa uusista kirjanpainajatuhoista syntyy alle 500 metrin päässä edellisistä tuhoista (Wichmann & Ravn 2001, Wermelinger ym. 2004, Kautz et al. 2011).

Populaatiokoon laskua ja sitä kautta tuhojen päättymiseen vaikuttavat sääolosuhteiden lisäksi merkittävästi myös saalistajat, loiset sekä lajinsisäinen kilpailu (Marini ym. 2013). Lajinsisäinen kilpailu korostuu suurten massaesiintymien loppupuolella, jolloin sopivan lisääntymismateriaalin puute ja kova kilpailu lisääntymispaikoista säätelee kirjanpainajapopulaatioita merkittävästi (Marini ym. 2017). Lisäksi kirjanpainajien lisääntymismenestys heikkenee huomattavasti, kun ne siirtyvät lisääntymään tuulenkaadoista eläviin pystypuihin (Komonen ym. 2011). Lajinsisäinen kilpailu isäntäpuista toimiikin yhtenä luonnollisena mekanismina, joka hillitsee kirjanpainajapopulaation kasvua ja edesauttaa metsien palautumista tuhon jälkeen (Marini ym. 2017). Kilpailun lisäksi kirjanpainajalla on runsaasti sitä saalistavia petokuoriaisia sekä siinä loisivia loispistiäisiä. Näitä lajeja ovat mm. kirjanpainajakiilukainen (*Tomicobnia seiteri*), hukkakartukas (*Nudobius lentus*), arpitylppö (*Plegaderus vulneratus*) sekä kenties kaikkein tärkeimpänä muurahaiskuoriainen (*Thanasimus formicarius*, **Kuva 5**). Näiden lisäksi joidenkin seppälajien kaikkiruokaiset toukat voivat hyvinkin syödä vastaantulevan kirjanpainajan toukan.

Kuva 5. *Kirjanpainajan ja muiden kaarnakuoriaisten yleinen ja tehokas saalistaja, muurahaiskuoriainen. Vasemmalla kaksi aikuista, oikealla lajin toukka joka voi esiintyä sekä siniharmaan että punaisen sävyissä. Kuvat: Markus Melin, Luonnonvarakeskus*

Luontaisista vihollisista useat toimivat niin, että aikuiset munivat munansa puihin, joihin ne tietävät kirjanpainajienkin iskeneen: näin niiden omilla toukilla on runsaasti kirjanpainajan toukkia saalistettavanaan. Tämän jälkeen ne kehittyvät aikuisiksi tässä samassa puussa joko samana tai seuraavana kesänä. Näin ollen esimerkiksi 1-2 vuotta sitten kuolleen puun poistamista ei kannata tehdä senkään takia, että vaikka kirjanpainajatkin ovat jo sellaisen

puun jättäneet, siellä voi lisäksi olla kuusille hyödyllisiä petokuoriaisia kehittymässä aikuisiksi. Nämä eivät kuitenkaan koskaan estä suurtuhoja sillä niiden populaatioiden kasvu tapahtuu viiveellä, reaktiona kirjanpainajapopulaation kasvuun. Kuitenkin niillä on rooli ns. taustakannan alhaisempana pitämisessä.

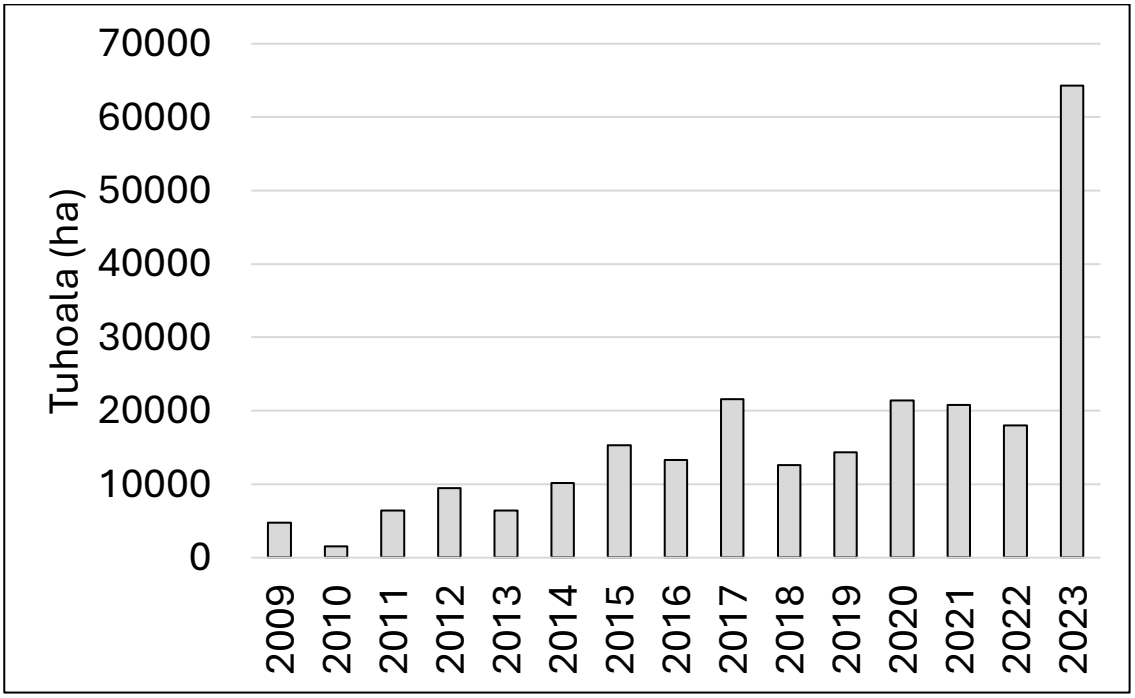
2 Kirjanpainajan aiheuttamat puustotuhot Suomessa

Arvioitaessa kirjanpainajatuhojen määrää, Suomesta on saatavilla kaksi tietolähdettä: Luonnonvarakeskuksen toteuttama Valtakunnan metsien inventointi (VMI) sekä Metsäkeskuksen ylläpitämä tietokanta metsänkäyttöilmoituksista. VMI:ssä inventoidaan muun muassa merkittävimmät puustotuhojen aiheuttajat, jolloin sen avulla saadaan tietoa siitä, kuinka monella hehtaarilla kirjanpainajatuhoja on eri vuosina havaittu. Metsäkeskukselle tehdyissä hakkuuilmoituksissa on taasen syykoodilla kerrottu, mikäli hakkuu on tehty esimerkiksi kirjanpainajan aiheuttamien puustotuhojen takia. Molemmissa datoissa on vajavaisuuksia, kun puhutaan tuhojen määrän arvioinnista, ja nämä käydään läpi seuraavissa kappaleissa.

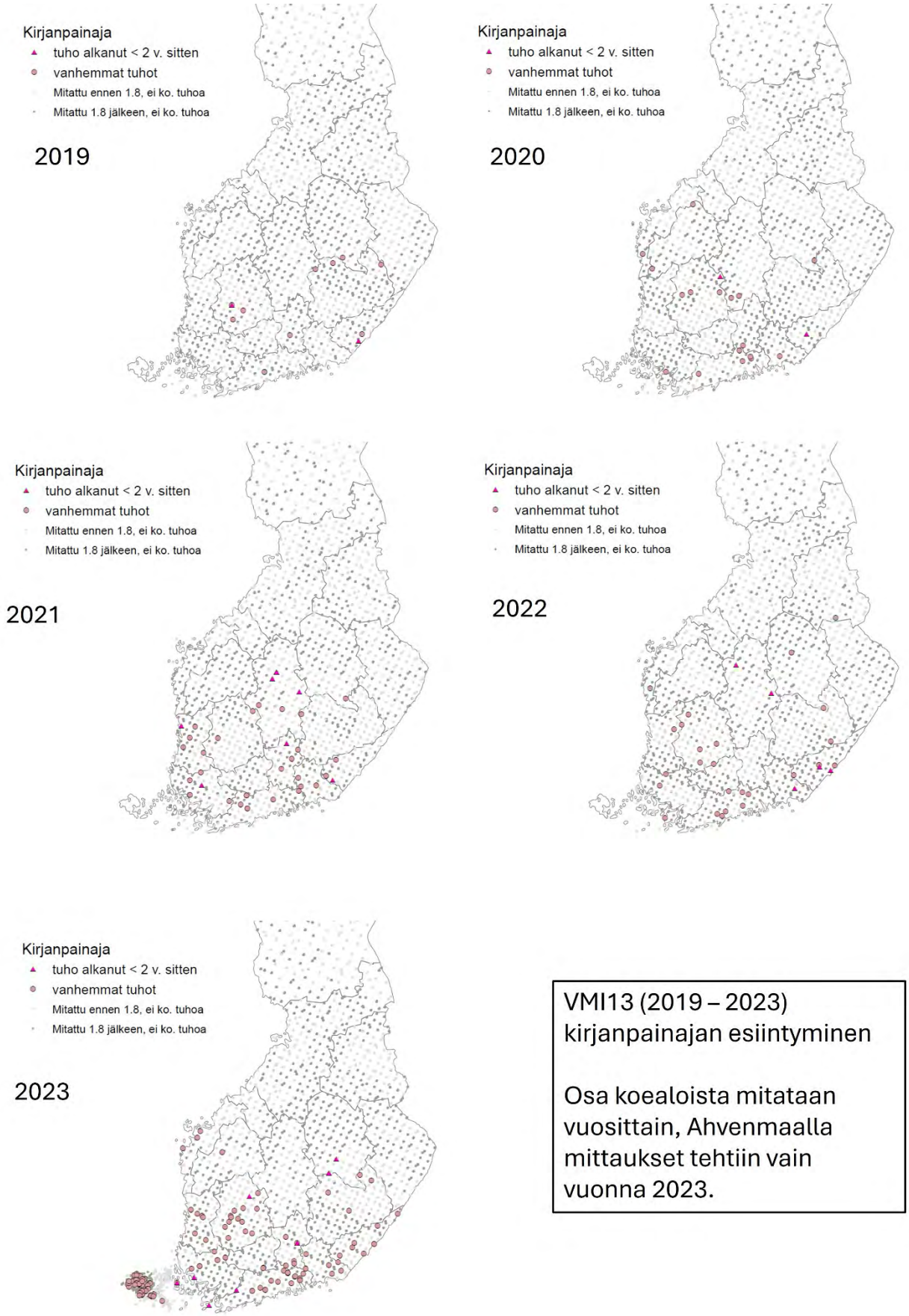
2.1 Kirjanpainajatuhot Valtakunnan metsien inventoinnissa

VMI:ssä puustotuhoja on inventoitu pitkään, mutta menetelmät yhtenäistettiin eri puolille Suomea vuodesta 2009 alkaen, jolloin käytämme tätä vuotta vertailukohtana siihen mitä kirjanpainajatuhojen suhteen on havaittu.

Vuodesta 2009 alkaen kirjanpainajatuhot ovat olleet hitaassa, mutta tasaisessa kasvussa, jota luonnehtii vuosien väliset erot. Vuonna 2023 tuhot kuitenkin nousivat uuteen mittakaavaan, jolloin niitä havaittiin jo yli 60 000 hehtaarilla (**kuva 5, kuva 6**).



Kuva 5. *Laatua-alentavien kirjanpainajatuhojen pinta-ala VMI:ssä eri vuosina.*
Lähde: Valtakunnan metsien inventointi, Luonnonvarakeskus.

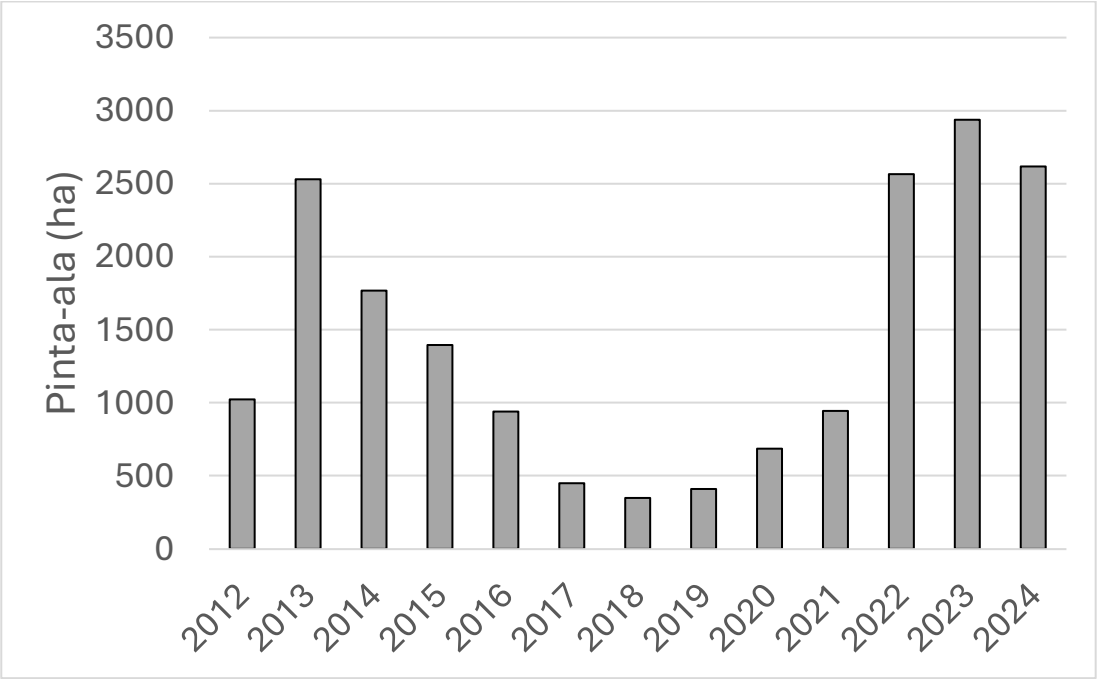


Kuva 6. *Kirjanpainajan esiintymien valtakunnan metsien 13. inventoinnin mukaan. Aineisto ja kuvaajat: Luonnonvarakeskus.*

VMI on ainoa tietolähde, joka tuottaa kirjanpainajatuhojen pinta-aloista harhattoman, valtakunnallisen arvion. Sen rajoitteet liittyvät inventointien ajoittumiseen: VMI:n inventointikierros alkaa heti lumien sulettua ja jatkuu niin pitkälle kuin syksy sallii, jolloin osa maasta voidaan inventoida aikana, jolloin tuoreita kirjanpainajatuhoja ei ole edes havaittavissa. VMI:n antamat pinta-ala-arviot kirjanpainajatuhojen määrästä ovatkin todennäköisemmin aliarvioita kuin yliarvioita (Korhonen ym. 2021). Pinta-aloja tulkittaessa on myös huomioitava, että VMIn kirjanpainajatuhohavainnot tulevat lähes yksinomaan eteläisestä Suomesta, vaikka inventointi koko maan kattaakin.

2.2 Kirjanpainajan takia tehdyt tuhohakkuut

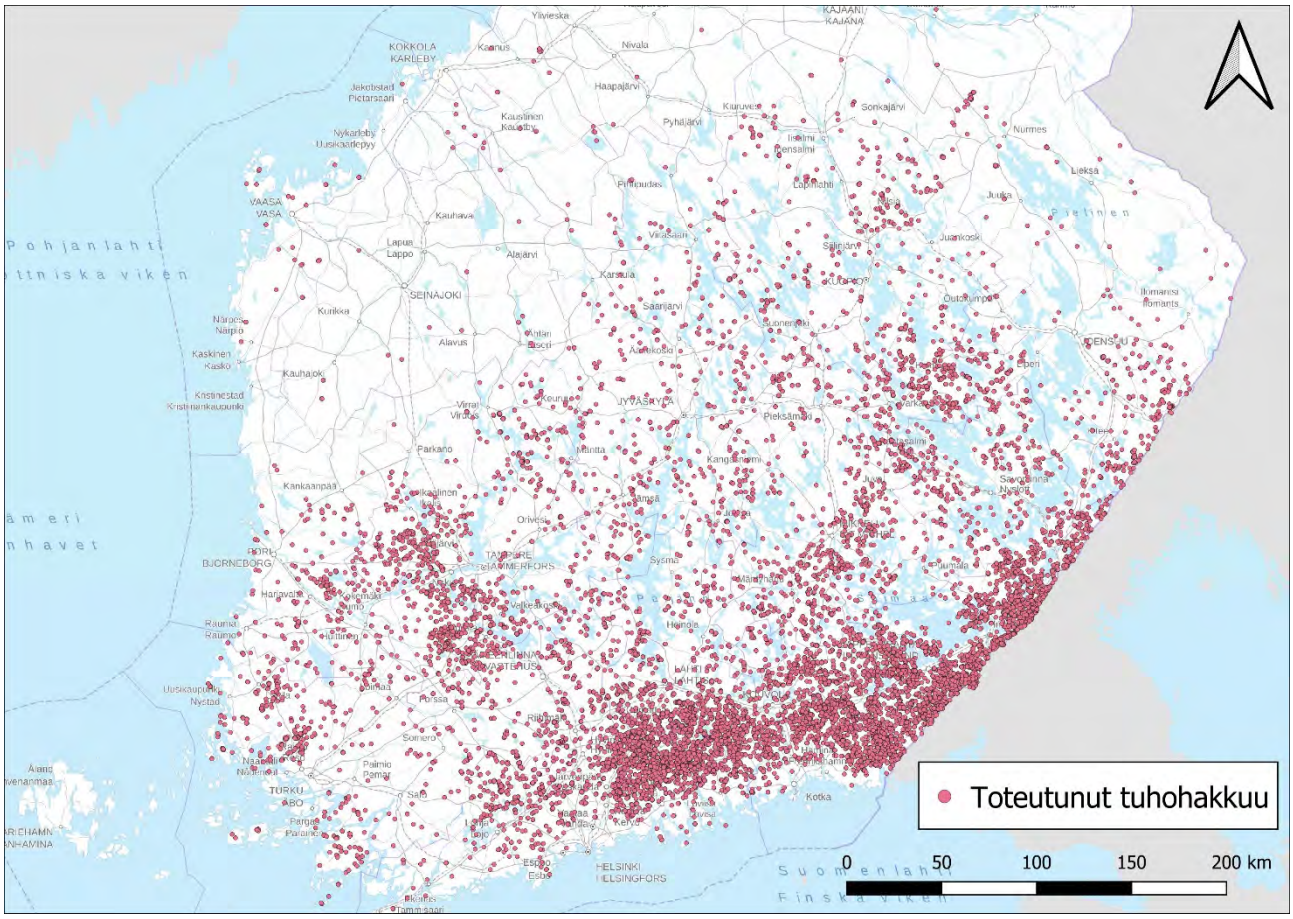
Metsäkeskuksen hakkuuilmoituksissa on kerätty tietoa mahdollisista tuhonaiheuttajista vuodesta 2012 asti. Tänä aikana ilmoitettujen, kirjanpainajatuhojen takia tehtyjen hakkuiden määrät ovat vaihdelleet voimakkaasti vajaan 500:n ja lähes 3000:n hehtaarin välillä (**kuva 6**).



Kuva 7. *Metsänkäyttöilmoitusten perusteella hakattu metsäpinta-ala, joissa kuusivaltaisen kuvion hakkuun syynä on ollut kuviolla havaittu hyönteistuho. Lähde: Metsäkeskus (2025a). (vuosien 2012-2014 osalta on käytetty vanhoja tietoja, joita ei ole enää saatavilla Internet-lähteestä)*

Metsäkeskuksen metsänkäyttöilmoitusaineisto on tietolähteenä ongelmallinen, sillä se ei kerro mitään alueista, joilla tuhoja on, mutta jolta niistä ei ole ilmoitettu. Se ei siis aineistona ole systemaattinen eikä missään määrin VMI:hin verrattava. Lisäksi se kattaa vain yksityismetsät, jolloin esimerkiksi kuntien, kaupunkien, yhtiöiden ja valtion metsissä tapahtuvat tuhot eivät päädy tietoihin. Aineistossa on tiedossa myös ongelmia ilmoitetun versus todellisen tuhon laajuuden suhteen: kahden hehtaarin kuvio voi päätyä päätehakkuuseen syykoodilla ”kirjanpainaja” vaikka kirjanpainajatuhoja olisi vain osalla sen pinta-alaa. Yhtäältä myös pienet kirjanpainajan tappamat puuryhmät, joita ei ennalta tiedetty voivat

jäädä kokonaan ilmoittamatta (Pulgarin-Diaz ym. 2024, Ylioja ym. 2024). Aineisto kuitenkin kertoo hyvin siitä missä päin maata ongelmat näyttäisivät oleman suurimmillaan (**kuva 8**).



Kuva 8. *Metsäkeskukselle ilmoitetut, kirjanpainajan takia tehdyt tuhohakkuut kartalla. Visualisoitu aineisto kattaa vuodet 2012–2024 ja kartalla oleva piste merkitsee hakatun kuvion geometristä keskipistettä. Lähde: Metsäkeskus (2025b). Taustakartta: Maanmittauslaitos. Karttakuva: Markus Melin / Luonnonvarakeskus*

VMI:n ja Metsäkeskuksen aineistojen valossa on selvää, että kirjanpainajatuhojen määrä maassamme on kasvanut ja että maantieteellisesti ongelmat ovat suurimpia Etelä- ja etenkin Kaakkois-Suomessa (kuvat **6** ja **8)**.

3 Kirjanpainajan tulevaisuus Suomessa

3.1 Muuttuva ilmasto ja kirjanpainaja

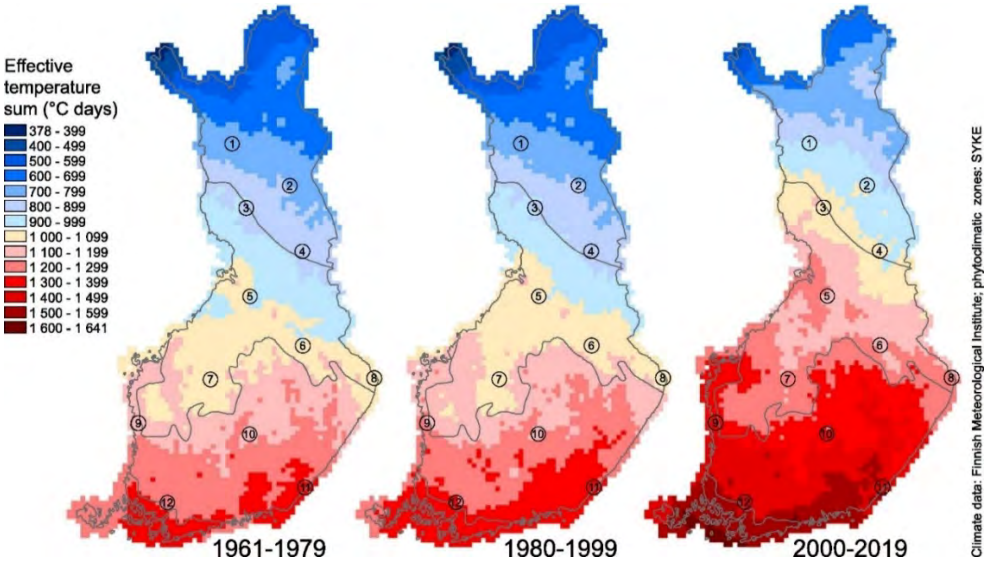
Kirjanpainaja lukeutuu ilmastonmuutoksen voittajalajeihin, jolloin sen tulevaisuuden voi ennustaa olevan hyvä Suomessakin. Kirjanpainaja hyötyy tapahtuvasta lämpenemisestä, sillä lämpötilalla on erittäin suuri merkitys hyönteisten lisääntymisdynamiikkaan sekä kehitykseen munasta toukaksi ja toukasta aikuiseksi.

Mitä aikaisemmin kasvukausi alkaa ja optimilämpötilat saavutetaan, sitä aikaisemin kirjanpainaja parveilee. Vastaavasti, mitä kauemmin lämmintä riittää loppukesällä ja alkusyksyllä,

sitä kauemmin aktiivisuus säilyy. Ilmiö on havaittu esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen feromoniseurannassa: vuoden 2024 poikkeuksellisen lämmin toukokuu sai myös kirjanpainajat liikkeelle, jolloin niiden parveilukin oli ajankohtaan nähden normaalia runsaampi. Samaan tapaan vuonna 2023 kasvukausi jatkui lämpimänä aina alkusyksyyn saakka, mikä piti kirjanpainajatkin liikkeellä.

Koska lämpötilat vaikuttavat niin voimakkaasti lajin kehittymisnopeuteen, on niillä vaikutusta myös siihen, kuinka monesti kirjanpainajat yrittävät lisääntyä kasvukauden aikana (Annila 1969, Berec ym. 2013, Tikkanen & Lehtonen 2023). Yleisesti parveilu alkaa toukokuussa, jolloin talvehtineet aikuiset lisääntyvät ensimmäisen kerran ja munivat ns. ensimmäisen sukupolven. Mikäli lämpötilat jatkuvat korkeina, nämä samat aikuiset kuitenkin lisääntyvät kesäkuussa toisen kerran ja munivat ns. sisarsukupolven. Tämä ilmiö on havaittu Luken feromoniseurannoissa jo useita kertoja kuumien kesien aikana (esim. Ylioja ym. 2022). Toukokuussa kaarnan alle munitut ensimmäisen sukupolven kuoriaiset kehittyvät ja jättävät isäntäpuunsa yleisimmin heinäkuun puolen välin tienoilla, mutta mikäli kasvukausi on ollut lämmin, ne voivat kehittyä munista aikuisiksi jopa 2-3 viikkoa nopeammin. Näin tiedetään käyneen esim. vuonna 2021 (Ylioja ym. 2022). Mikäli tällaisena vuonna kasvukausi myös jatkuisi pitkään, nämä 1. sukupolven kuoriaiset voivat yrittää lisääntyä ja tuottaa 2. sukupolven. Toinen sukupolvi on Suomessa harvinainen ja vaikka sitä on havaittukin (Pouttu & Annila 2011), ei se kylmän syksyn takia ehtine kehittyä tarpeeksi, jotta selviäisi talvesta. Tämä on kuitenkin ilmiö, jota tullaan jatkossa seuraamaan tarkemmin.

Ilmastonmuutoksella on siis suora vaikutus siihen, kuinka aikaisin ja kuinka usein kirjanpainaja voi täällä lisääntyä, ja sitä kautta siihen kuinka suureksi sen lukumäärät voivat kasvaa. Tässä suhteessa Suomen kasvukaudet ovat venyneet nopeasti (**kuva 9**).



Kuva 9. *Suomen lämpösummakertymiä eri ajanjaksoilta. Aineisto: Ilmatieteenlaitos. Kuvan alkuperä: Sallinen ym. (2023) (CC BY-SA).*

Kuvassa 9 esitetyn kehityksen ennustetaan myös jatkuvan. Kotimaisten tutkimusten mukaan terminen kesä voi venyä Suomessa jopa kuukaudella, talvi vastaavasti lyhentyä 2-3 kuukaudella ja eteläisestä Suomesta terminen talvi voi kadota kokonaan (Ruosteenoja ym. 2011). Tämä loisi Suomen olosuhteet kirjanpainajan kannalta huomattavasti nykyistä edullisemmaksi, mikä kasvattaisi myös lajin tuhoriskiä merkittävästi mm. toisen sukupolven todennäköisemmän onnistumisen ja nopeamman populaationkasvun kautta (Tikkanen & Lehtonen 2023).

Oman vaikutuksensa kuvaan tuovat myös pitkän kuivuuden kaltaiset, vaikeammin ennustettavat sään ääri-ilmiöt. Niidenkin esiintymisen todennäköisyys tulee ilmaston lämmetessä kasvamaan (Tikkanen & Lehtonen 2023). Myös tämä tulee lisäämään kirjanpainajan tuhoriskiä, sillä voimakkaan kuivuuden tiedetään altistavan kuusia korostetusti kirjanpainajalle (Netherer ym. 2024).

3.2 Tulevaisuuden metsät ja kirjanpainaja

Vaikka ilmastonmuutoksen tiedetään kasvattavan kirjanpainajatuhojen riskiä Suomessa, ei tämä kuitenkaan automaattisesti tarkoita suuria, maisematason tuhoaloja tulevaisuudessa. Niiden esiintyminen on pitkälti myös kiinni siitä, millaisen tulevaisuuden metsämaiseman me itse luomme kirjanpainajatuhojen kannalta. Tämä käy korostetusti ilmi Tshekkien kokemuksista, joita on käsitelty laajasti ja perusteellisesti teoksessa Hlasny ym. (2021). Vuoden 2017 jälkeen kirjanpainajatuhot nousivat Tshekeissä ennennäkemättömiin mittasuhteisiin, ja tuhoilla oli valtavia sosio-ekonomisia vaikutuksia yli metsäsektorinkin (Hlasny ym. 2021, kappale 4.2). Tuhojen syitä ja seurauksia analysoidessa esiin nostettiin paitsi suuret myrskyt ja kuivuudet, niin myös Tshekin metsien rakenne mikä osaltaan mahdollisti tuhojen valtavan mittakaavan: pahimmilla tuhoalueilla metsämaisemaa hallitsivat tasaikäiset ja rakenteeltaan yksipuoliset kuusikot, jotka ilmasto-olosuhteiden puolesta kasvoivat optimialueensa ulkopuolella. Näin ollen ne olivat varsin alttiita ensin kuivuusvaikutuksille ja sitä kautta myös kirjanpainajille (Hlasny ym. 2021).

Vaikka Tshekkien tuhojen mittakaava on Suomelle vielä kaukainen skenaario, ovat metsämme tietyiltä osin kehittymässä suuntaan mikä ennakoi lisää kirjanpainajatuhoja tulevaisuudessa: tuoreessa VMI-tulosartikkelissa (Korhonen ym. 2025) todetaan, että Etelä-Suomessa alle 20 vuotiaista metsistä yli 50 % on kuusivaltaisia. Kuusen osuus on kasvanut samalla kun männyn osuus on pienentynyt, ja tätä on tapahtunut myös kuivemmilla, männylle paremmin sopivilla kasvupaikoilla missä kuusen voi olettaa altistuvan helpommin kuivuusstressille. Tulevaisuuden näkymät kirjanpainajatuhojen suhteen ovat negatiiviset siten, että sekä tuhoriskien että tuhojen voidaan katsoa kasvavan. Ilmaston tiedetään lämpenevän vielä pitkään, ja jo tämä hyödyttää kirjanpainajaa, maassamme on kasvamassa enemmän kuusta kuin aiemmin ja osittain kasvupaikoilla, joilla niiden voi olettaa altistuvan esimerkiksi kuivuusstressille. Lisäksi juurikääpä on Etelä-Suomessa merkittävä ongelma (Hantula ym. 2023) ja juurikäävän tiedetään niini ikään altistavan kuusia paitsi tuulituhoille niin myös kirjanpainajalle (Wahlman ym. 2025).

4 Mitä riskeille voi tehdä: toimenpiteet riskien minimoimiseksi

4.1 Kirjanpainajatuhojen ennaltaehkäisy, tuhojen torjunta ja toimenpiteet

Ennen kuin menemme vioittuneiden puiden poistoon, on syytä käydä läpi aiheeseen liittyvää terminologiaa lyhyesti. Englanninkielisessä kirjallisuudessa kaarnakuoriaisiin liittyen käytetään termejä ”salvage logging” ja ”sanitation felling”. Termiä ”salvage logging”, ”pelastushakkuut” käytetään tilanteessa, missä päätavoitteena on ”pelastaa” metsikkökuviolla kasvaneen puutavaran arvo. Tällöin poistetaan jo vioittuneita, kenties tuulenkaatamia puita, mutta myös kaarnakuoriaisen tappamia puita ja puita, joita hyönteiset eivät ole vielä välttämättä vioittaneet. Esimerkiksi kuvio mikä hakataan kokonaan jos osa siitä on kirjanpainajan valtaama, on luonteltaan pelastushakkuuta: siinä pyritään pelastamaan se osa puustosta mistä saadaan vielä täysi hinta ennen kuin sen käyttökelpoisuus heikkenee. ”Sanitation felling” tai ”sanitation logging”, sanitaatiohakkuu, sen sijaan tähtään nimenomaan kirjanpainajan vähentämiseen metsikkökuviolta. Tässä hakkuussa poistetaan vain niitä puita, joissa kirjanpainajat ovat parhaillaan kehittymässä. Puiden kaato ja poisto kohdistuu tuolloin eläviin pystypuihin, joiden latvukset voivat olla edelleen vihreitä, mutta puiden tyvelle ja kaarnankoloihin on kertynyt kirjanpainajan ulostyöntämää ruskeaa purua. Myös, jos myrskytuhoalalta korjataan vain vioittuneet puut tarkoituksena ehkäistä kirjanpainaja esiintymän synty, kyseessä on sanitaatiohakkuu. Saniaatiohakkuu on se mitä tarkoitetaan, kun puhutaan vioittuneiden puiden poistosta.

Vioittuneiden puiden poisto

Koska kirjanpainajan aiheuttamat puustotuhot alkavat korostetusti alueilla, missä on runsaasti vioittuneita kirjanpainajan lisääntymismateriaaliksi soveltuvia puita, tuhoja pyritään torjumaan ennalta viemällä metsästä pois tällainen materiaali, jos sitä on paljon. Näitä ovat mm. tuulenkaatoryhmät, kuorelliset kuusipuutavarapinot, lumen murrot sekä elävät puut, joihin kirjanpainaja on iskeytynyt. Suomessa tällaiset toimenpiteet on kirjattu metsätuholakiin (Laki metsätuhojen torjunnasta 1087/2013) ja siihen liittyvässä Valtioneuvoston asetuksessa puutavaran poiskuljettamista koskevasta aluejaosta (1281/2021). Metsätuholaki on voimassa alueilla, joissa metsälaki on voimassa. Asetuksessa Suomi on jaettu kirjanpainajan tuhoriskin, esiintymisen sekä lämpösumman perusteella kolmeen, A-, B- ja C-alueeseen. Näitä alueita koskevat metsätuholaissa määritetyt puutavaran ja vahingoittuneen puun poiston ajankohdat. Idea on, että vioittuneet puut, joissa kirjanpainaja lisääntyy, viedään pois metsästä ennen kuin niiden kaarnan alla lisääntyvät kuoriaiset leviävät ympärysmetsiin, ja koska tämä tapahtuu esim. etelässä aiemmin kuin pohjoisessa, myös nämä lain määrittämät päivämäärät vaihtelevat kolmen alueen välillä. **Kuva 10** esittelee tällaisia, lain kohteena olevia puita.

Kuva 10. *Tuulenkaatamia kuusen runkoja hakkuuaukon reunassa ja niiden kaarnan alla lisääntyviä kirjanpainajia. Purukasat puun rungolla paljastavat, että kuoriaiset ovat menneet kaarnan alle lisääntymään. Vasemmanpuoleisessa kuvassa osa purukasoista on myös kuusentähtikirjaajan (Pityogenes chalcographus) tekemiä. Lajeja ei voi ulkoisen purukasan perusteella erottaa toisistaan, mutta tuhojen ehkäisyn kannalta dynamiikka ja suositeltavat toimet ovat samanlaisia.*

Naapurimaissamme Ruotsissa ja Norjassa lainsäädäntö on pitkälti samankaltainen kuin Suomessa. Suomessa kirjanpainajaa koskevat erityisesti lain pykälät 3–6, joista 6§ säätää vahingoittuneiden puiden poistamisesta §3:n määräaikoihin mennessä. Vahingoittuneiden puiden on oltava yli 10 cm läpimitaltaan ja niitä on oltava enemmän kuin 10 kiintokuutiometriä hehtaaria kohden, jotta poistovelvollisuus on voimassa. Poistovelvollisuus koskee vain 10 kiintokuutiometriä ylittävää osuutta. Ajatus on, että metsään jätettäisiin lahopuuksi tuo 10 kiintokuutiometriä, mutta sen jättämiseen ei ole velvoitetta.

On huomioitava, että vioittuneet puut eroavat merkittävästi toisistaan kirjanpainajatuhojen leviämisriskin suhteen riippuen siitä, milloin, miten ja kuinka kauan aikaa sitten ne ovat vioittuneet. Talvella hakattu, tienvarressa oleva tuore kuusitukkipino hyödynnetään lisääntymiseen heti kevään tultua ja sieltä myös poistutaan nopeasti. Sen sijaan suurten myrsky- tai lumituhojen jälkeen seuraustuhoissa voi olla 1–2 vuoden viive: kirjanpainajat käyttävät aluksi lisääntymismateriaalina vielä juuriyhteyksillä varustettuja tuulenkaatoja ja vasta näiden huonontuessa ja vähetessä ne siirtyvät läheisiin eläviin pystypuihin (Gregoire ym. 2014, Grodzki & Guzik 2009, Schroeder & Lindelöw 2002, Skuhravý 2002). Lumenmurrot taas voivat jäädä henkiin pitkäksikin aikaa, vaikka latva olisi katkennut. Kaikissa tapauksissa vanhat ja kuolleet, jo nilastaan kuivuneet puut eivät sovellu kirjanpainajille eikä metsätuholain poistovelvoite koske niitä. Ne tarjoavat elinympäristön lukuisille hyönteis- ja sienilajeille ja ne voidaan jättää metsään monimuotoisuuden lisäämisen nimissä (Siitonen 2001, Jonsell & Weslien 2003).

Riski sille, että kirjanpainajat lisääntyisivät heikentyneissä puissa niin runsaasti, että siirtyisivät ympäröiviin eläviin puihin, riippuu luonnollisesti vioittuneiden puiden, kuten tuulenkaatojen määrästä (Schroeder & Lindelöw 2002) Kärvemo ym. 2014). Yksittäinen tai muutama tuulenkaato ei nosta ympäröivien elävien puiden riskiä joutua kirjanpainajan valtaamaksi, mutta suuri tuulenkaatojen ryhmä voi niin tehdä. Asiaa on tutkittu Ruotsissa mm. Gudrun myrskyn jälkeen, jolloin seuraustuhojen määrää selitti eniten tuulenkaatojen määrä, tuulenkaatoalueen pinta-ala sekä alueella metsien kuusien määrä (Kärvemo ym. 2014). Suomessa Eriksson ym. (2007) seurasivat vuoden 2001 Pyry- ja Janika-myrskyjen jälkeen 61:tä metsäkohdetta, ja heidän seurantansa kohteena olivat mahdolliset seuraustuhot, joita kirjanpainaja näissä kohteissa ympärysmetsille tekisi. Vakavia tuhoja Erikssonin ym. (2007) tutkimuksessa havaittiin kohteilla, missä myrskyn kaatamia puita oli yli 50 kappaletta, kun taas kohteilla missä kaatuneita puita oli alle 20, ei seuraustuhoja havaittu. Eriksson ym. (2008) tutkivat samankaltaista dynamiikkaa kaatamalla 20 kuusen ryhmiä Etelä-Suomessa Pyry-Janika myrskyjen alueella sekä Pohjois-Karjalassa, alueilla missä myrskyjä ei ollut. Nämäkin tulokset osoittivat, että kirjanpainaja hyödyntää vioittuneet puut tehokkaasti lisääntymiseen, mutta tämä ei tarkoita tuhoja, ellei puita ole tarpeeksi: seuraustuhoja havaittiin vain kahdella koealalla kuudestatoista, ja niissäkin toisella havaittiin kaksi kirjanpainajan tappamaa kuollutta puuta, toisella yksi). Eriksson ym. (2008) tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että tutkimusvuosina 2004 ja 2005 sää ei ole ollut kirjanpainajan lisääntymiselle suotuisaa ja että lämpimämpänä kesänä puiden kuolleisuus olisi voinut olla suurempaa. Samoin, jos vakavia myrskytuhoja sattuisi useasti lähekkäisinä vuosina, voisi puiden kuolleisuus lisääntyä. Joka tapauksessa, vioittuneiden puiden poisto on yleisesti käytössä oleva keino kirjanpainajatuhojen ennaltaehkäisyssä. **Kuva 11** esittää kaavakuvan kirjanpainajan elinkierrosta suhteessa siihen, milloin vioittunut puu tulee metsästä poistaa (tässä ei oteta kantaa puutavarapinoihin, niitä säätelee oma lakinsa).

Kuva 11. *Kirjanpainajan elinkierto kasvukauden aikana. Kehällä oleva nuoli "Vahingoittuneet puut pois metsästä" kertoo elinkierron vaiheesta, jolloin kirjanpainajan valtaamien puiden poisto vähentäisi kirjanpainajien määrää paikallisesti. Kuva: Luonnonvarakeskus.*

Vioittuneiden puiden poiston toimivuudesta ja onnistuneesta toteutuksesta

Metsätuholaissa määritellään vahingoittunut puu sellaiseksi, josta tuhonaiheuttaja voi levitä. Esimerkiksi vihreät puut, joissa kirjanpainajat ovat parhaillaan lisääntymässä kesällä, ovat tällaista, vaikka näitä puita onkin vaikea huomata ennen kuin on myöhäistä. Niistäkin laki velvoittaa poistamaan vain 10 kiintokuutiota hehtaarilla ylittävän osan tiettyyn päivämäärään mennessä tavoitteena poistaa puut ennen uuden sukupolven aikuistumista. Käytännössä lain valvonta on vaikeaa, jollei jopa mahdotonta: kirjanpainajat kehittyvät munasta aikuiseksi n. kahdeksassa viikossa (kuumina kesinä nopeamminkin) ja kirjanpainajien aikuistuttua, puiden rusketuttua ja kuoren jo niistä karistaessa puut eivät enää ole metsätuholain määrittämiä "vahingoittuneita, joista tuhonaiheuttaja voisi levitä". Aikaikkuna toiminnalle on siis lyhyt.

Nk. torjuntahakkuun teho riippuukin siitä, kuinka hyvin puiden poisto kohdistuu kirjanpainajiin eikä esimerkiksi niiden vihollisiin. Metsästä tulee saada pois puu, missä kirjanpainajat vielä ovat, ei puuta mistä ne ovat lähteneet, mutta missä voi lisääntyä muita lajeja (ml. petokuoriaisia). Hakkuuajankohdalla on merkitystä sille, että poistuuko metsästä poistetun puuston mukana kirjanpainajia vai ei. Kesällä aikaikkuna vallattujen puiden poistolle on lyhyt, mutta sen lisäksi niin sanottuja torjuntahakkuita on muualla tehty myös talvella, jolloin pyritään iskemään puissa mahdollisesti talvehtiviin hyönteisiin. Tähän liittyy kuitenkin merkittäviä hankaluuksia. Kylmemmillä alueilla, pohjoisessa ja korkeammalla merenpinnasta, kirjanpainaja pääsääntöisesti talvehtii kuitenkin maassa lumihangen suojassa. Sen sijaan lämpimimmillä leveysasteilla talvehtiminen onnistuu myös puussa kuoren alla (mm. Kunca ym. 2015). Ruotsissa kirjanpainajakohteen hakkuuta kutsutaan puhdistus-, eli sanitaatiohakkuiksi vaikka usein ne tehdään käytännön syistä talven aikana, jolloin vähintäänkin osa kirjanpainajapopulaatioista ei ole edes enää puissa. Kirjanpainajan talvehtivaa kantaan vaikutetaan vain, jos puiden mukana korjataan pois merkittävä osa kirjanpainajista. Weslienin ym. (2024) perusteellisessa tutkimuksessa Etelä-Ruotsissa vuonna 2018 alkaneen epidemian aikana havaittiin, että jopa 48 % kirjanpainaja aikuisista talvehtivat puissa kuoren alla, mutta pohjoisemmassa osuus oli keskimäärin 27 %. Metsäkoneen kourassa kuori kuitenkin irtoaa ja keskimäärin 50 % puiden kuorista jää metsään, tätäkin enemmän. jos rungot ovat sulia. Metsään tippuvissa kuoren paloissa sekä kirjanpainajan että niitä saalistavien päpsiäisten eloonjääminen osoittautui hyväksi, yli 70 %:ksi. Päpsiäiset talvehtivat kuitenkin kaikki kuoren alla, kun osa kirjanpainajista talvehtii karikkeessa maassa. Niinpä keskimäärin talviaikainen sanitaatiohakkuu vähensi enemmän hyödyllisiä päpsiäisiä kuin kirjanpainajia (49 % verrattuna 29 %). Etenkin leutoina talvina, kun rungot pysyvät sulina talven aikainen sanitaatiohakkuu on teholtaan rajallinen ja kohdistuu myös luontaiseen viholliseen. Tämän vuoksi Weslien ym. (2024) toimenpiteiden ajoittaminen kesään olisi tehokkaampaa, jolloin se kohdistui suhteellisesti enemmän kirjanpainajaan. Suomessa käytäntöjä ei ole tällä tavalla vertailtu.

Kesäaikainen, perinteisempi torjuntahakkuu, missä pyritään poistamaan kirjanpainajan valtaamat puut vielä, kun kirjanpainajat ovat niissä, vaatii sekin onnistuakseen tehokkaan puiden poistamisen. Maisematason tuhotapahtumissa kokonaisuuden hallinta onkin jo vaikeampaa ja on arvioitu, että vioittuneista puista pitäisi saada talteen vähintään 80 % jotta tuhojen ehkäisy onnistuisi. Toimet ovatkin perusteltuja ja hyvä toteuttaa tapauksissa, joissa esimerkiksi myrsky on kerralla kaatanut suuren määrän puita rajatulta ja saavutettavalta alueelta. Tällöin niillä on myös todettu olevan tuhoja vähentävä vaikutus (Stadelmann ym. 2013). Mikäli puita ei voi kuljettaa pois, jo niiden kuoriminen tai edes kaarnan rikkominen esimerkiksi moottorisahalla auttaa kuivattamaan nilaa kirjanpainajien kannalta käyttökelvottomaksi (Zarges ym. 2023). Kuitenkin esimerkiksi myrskytuhojen korjuu on normaalia kalliimpaa (Kärhä ym. 2018), jolloin usein koko metsikkökuvio hakataan ja uudistetaan samalla kertaa. Tällöin -jos kirjanpainajatuhon riskiä punnitaan- metsänomistajan tulee ennen kaikkea katsoa sitä millainen metsä kasvamaan jää. Päätehakkuu kypsän metsän hakkaaminen tulevan mahdollisen tuhon pelossa ei tunnu välttämättä huonolta idealta, mutta

vielä keskenkasvuisen metsän kohdalla tilanne on toinen: sellaisen hakkaaminen kirjanpainajatuhon riskin takia voi aiheuttaa suuremman tappion kuin mahdolliset tuhot, jotka kuitenkin etenevät verrattain hitaasti. Tilanteen seuraaminen kannattaa aina.

Muita keinoja, joilla kirjanpainaja kantaa on yritetty hillitä

Feromonipyynti. Kirjanpainajien pyydystämistä joukoittain on yritetty käyttää torjuntakeinona aikanaan mm. Ruotsissa ja myös viime aikoina Itä-Euroopassa. Koska kirjanpainajat käyttävät kemiallista viestintää isäntäpuiden löytämisessä ja hyväksymisessä, kirjanpainajia voidaan ohjailla kemiallisin yhdistein. Kirjanpainajien vapauttama nk. aggregaatioferomoni kutsuu lajitoverit samoihin puihin. Yleisintä on käyttää pyydyksiä, joihin laitetaan kirjanpainajalle spesifinen feromonisyötti. Pyydykset voivat pyytää runsaasti kirjanpainajia, mutta niiden teho on rajallinen (Lindmark et al. 2022, Wichmann & Ravn 2001). Tämän vuoksi Suomessa kirjanpainajan feromonipyydyksiä kehotetaan käyttämään lähinnä yksilömäärän tarkasteluun ja oman metsän kirjanpainajariskin arviointiin. Feromonipyydyksiä ei pidä laittaa liian lähelle puita (minimietäisyys 20 m), jotta ei houkuta kirjanpainajia iskeytymään eläviin puihin. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että feromoniansoilla ei voida vähentää kirjanpainajatuhon riskiä yksittäisen metsänomistajan kannalta: feromoni toimii vaan pienellä säteellä ja metsämaisemassa on aina kirjanpainajia tätäkin kauempana. Lisäksi feromoni voi houkutella alueelle suuria määriä kirjanpainajia, joista kaikki eivät mene pyydykseen vaan iskeytyvätkin puihin. Laaja katsaus feromonipyyntiin löytyy teoksessa Kuhn ym. (2022).

Karkotteet. Kirjanpainajien suunnatessa feromonin avulla samaan puu yksilöön, lajitoverit erittävät puun täyttyessä lajitovereita karkottavaa autokemikaalia, jonka avulla ne pyrkivät vähentämään liian suurta kuoriaismäärää samassa puussa. Liiallinen kuoriaismäärä johtaa lajinsisäiseen kilpailuun nilan tarjoamasta tilasta, jolloin j jälkeläismäärä vähenee, ja siten populaation kasvu heikkenee. Näitä kaarnakuoriaisten luontaisia kemiallisia aineita voidaan valmistaa synteettisesti ja niitä on testattu karkottamiseen. Verbenoni on yleisesti kaarnakuoriaisia karkottava yhdiste. Sen avulla on pienen mittakaavan kokeissa viivästetty kirjanpainajan iskeytymistä tuulenkaatoihin, jolla voitaisiin lisäaikaa torjuntatoimien toteuttamiselle kuten näiden puiden korjuulle tai niiden katkonnalle ja kuorinnalle (Frühbrodt ym. 2024). Tämän toimivuudesta ei kuitenkaan ole tuhoriskin vähentämisen suhteen näyttöä laajemman mittakaavan kenttäolosuhteissa, eikä Suomessa tutkimusta ylipäätään.

Pyydyspuut. Yksi keino houkutella kirjanpainajia pois elävistä puista on käyttää pyydyspuita, jotka ovat tuoreita kuusirunkoja. Niitä voidaan yrittää käyttää suojelemaan tuoreen avohakkuualan luomaa kirjanpainajalle altistuvaa reunapuustoa. Kirjanpainajien vallattua pyydyspuut, ne kuljetetaan pois pyyntipaikalta ennen kuin niissä kehittyvä uusi kirjanpainajasukupolvi varttuu. Puut joko hävitetään tai ne kuoritaan. Pyydyspuihin mahtuu kuitenkin vain rajallinen kirjanpainajajoukko ja kirjanpainajamäärien ollessa suuria, pyydyspuiden riittävyys muodostuu ongelmalliseksi ja niiden käsittely on kallista. Pyydyspuiden ja feromonipyydysten erilaisia yhdistelmiä myös käytetään ja muualla Euroopassa runkoja saate-

taan käsitellä myös kasvinsuojeluainein. Näiden tutkimusten (esim. Raty ym. 1995 ja Lubojacky & Holusa 2014) päätulos on kuitenkin pikemminkin siinä mikä menetelmä pyytää kirjanpainajia saaliiksi tehokkaimmin. Menetelmistä lieneekin suorempi hyöty esim. kannanseurantaan (Tabakovic-Tosic & Milosavlljevic 2018) – suoraa yhteyttä tuhoriskin vähentämiseen näillä tuloksilla ei ole yritettykään luoda. Lisäksi näistäkään menetelmästä ei valitettavasti ole saatavilla kotimaisia tutkimuksia, joissa tuhoriskiä ja pyydyspuiden vaikutusta siihen olisi kattavasti tutkittu. Asialla on tässä suhteessa merkitystä, sillä jo eteläisessä Ruotsissa -missä valtaosa Ruotsin kirjanpainajatuhoista on tapahtunut- lämpöolosuhteet ja sitä kautta kirjanpainajakannat ovat huomattavasti Suomea korkeammat.

Luontaiset viholliset. Luontaisten vihollisten avulla ei aktiivisesti voida ehkäistä esimerkiksi suurtuhoja myrskyn jälkeen, mutta kuten todettu, luontaisilla vihollisilla on merkittävä rooli sekä tuhojen aikanaan lopettamisessa että ns. taustakannan kurissa pitämisessä. Kirjapainajan luontaisten vihollisten määriä, saati niiden vaikutuksia metsissä on työlästä mitata käytännössä. Vihollislajisto on moninainen (Wermelinger 2004) eivätkä kirjanpainajan munia, toukkia, koteloita tai aikuisia saalistavat pedot ja loiset ole välttämättä erikoistuneet käyttämään pelkästään kirjanpainajaa isäntänään tai ravintonaan, vaan hyödyntävät myös muita kuoren alla eläviä kaarnakuoriaislajeja ja niiden seuralaislajeja ravintonaan ja myös joutuvat itse muiden lajien saaliiksi. Õunap (1992) selvitti pienin testein kuinka eri lajit syövät toisiansa. Myös muilla, metsänomistajalle harmittomilla kaarnakuoriaislajeilla, on merkitystä ns. vihollislajiston ylläpitäjinä. Erilaisia kaarnakuoriaisia on enemmän vanhoissa luonnontilaisen kaltaisissa metsissä kuin hoidetuissa talousmetsissä, sillä luonnontilaisemmissa metsissä yleensä talousmetsiä enemmän kuollutta lahoavaa puuta, joissa on vielä suojaavaa kuorta ja nilaa kaarnakuoriaisten ravinnoksi (Martikainen ym. 1999). Koeolosuhteissa petojen ja loisien asettumisen estäminen paransi kirjanpainajan lisääntymismenestystä koepölleissä, luontaisten vihollisten havaittiin heikentävän lisääntymistehoa jopa 80 % (Weslien 1992). Kirjanpainajalta tunnetaan Ruotsissa ainakin 60 peto- tai loishyönteistä (Weslien 1992). Muurahaiskuoriaisia (*Thanasimus* spp) ja päpsiäisiä (*Medetera* spp.) pidetään merkittävimpinä petoina, jotka voivat hillitä kirjanpainajakannan kasvua silloin kun kirjanpainajan lisääntymismateriaalia ei ole runsain mitoin saatavilla, vähentäen kirjanpainajan jälkeläisten määrää jopa 18–60 % (Mills 1985, Weslien and Schroeder 1999, Weslien 1992, Weslien ym. 2024, katso myös Papek ym. 2025 ja Johdanto-kappale). Eri tutkimuksissa, eri paikoissa hieman eri lajit nousevat merkityksekkäiksi, esimerkkinä Kärvemön ym. 2025 tutkimuksessa tylpöt (*Plegaderus* spp) päpsiäisten (*Medetera* spp.) sijaan. Saalistajien lisäksi kirjanpainajaan vaikuttavat myös entomopatogeenit eli taudit (Wermerlinger 2004), joista eniten on tutkittu *Beauveria bassiana* sientä: siitä ei kuitenkaan ole kehitetty kaupallisesti toimivaa torjuntamenetelmää. Metsänomistajan kannalta oleellista on peilata ns. sanitaatiohakkuita suhteessa luontaisiin vihollisiin: metsistä ei tule viedä pois puita, missä luontaisia vihollisia todennäköisesti on kehittymässä. Vaikka asiasta ei perusteellista tutkimusta ole, on luontaisia vihollisia Suomessa havaittu 1–2 vuotta sitten kuolleissa puissa, joten niiden poisvieminen ei olisi järkevää (Melin ym. 2025).

4.2 Ennakointi ja tulevien riskien minimointi: metsän uudistaminen ja rakenne

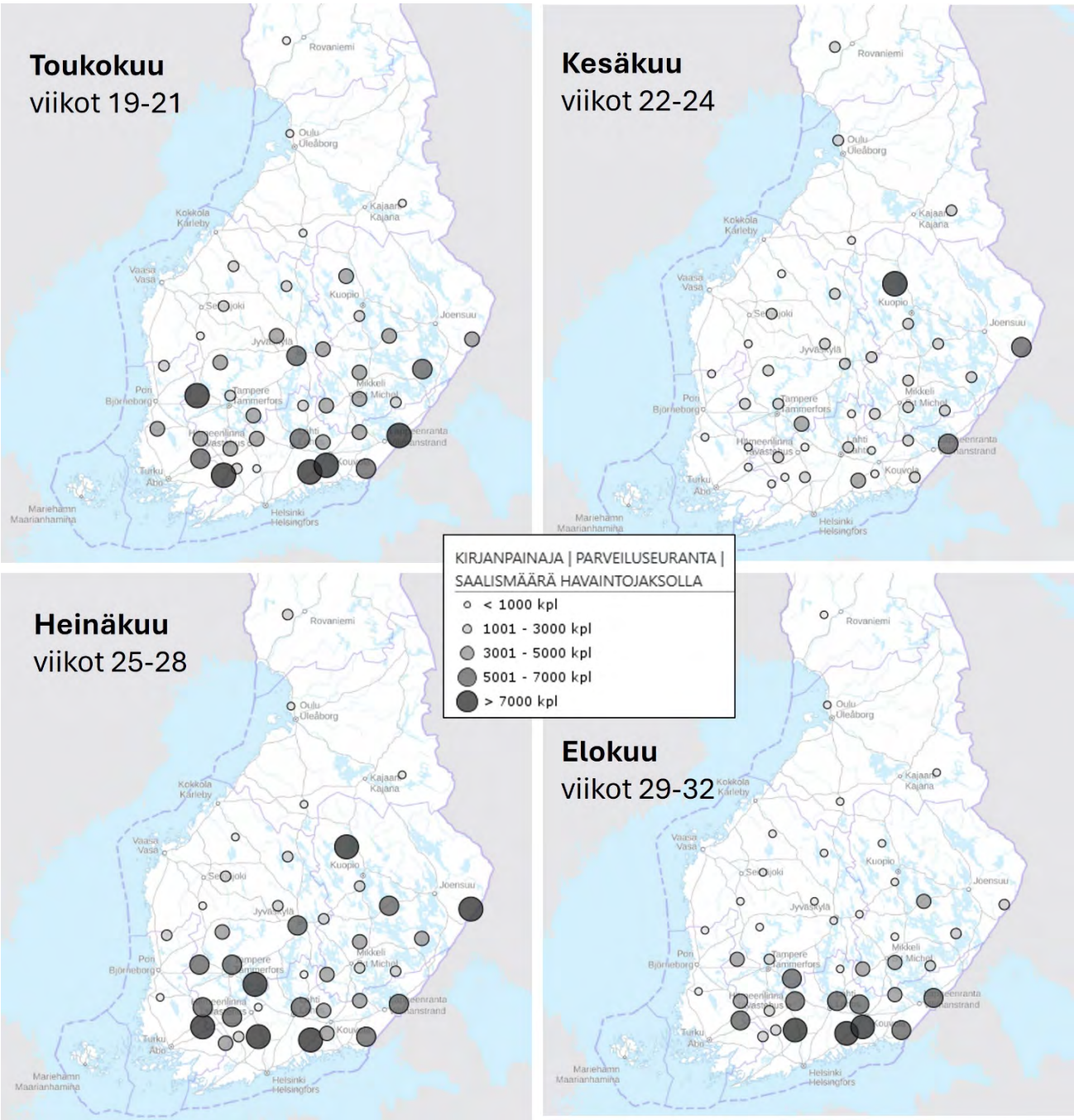
Kun metsänomistaja pohtii nykyisiä tai tulevia riskejä, kannattaa kirjanpainajan kohdalla pitää mielessä muutama avain teema: maantiede, kasvupaikka ja uudistaminen sekä tulevan metsän rakenne. Seuraavaksi käydään läpi mitä näillä tarkemmin tarkoitamme.

Maantiede

Kirjanpainajan aiheuttamia puustokuolemia oli runsaasti lämpimän ja myrskytuhovuoden 2010 jälkeen yleisesti, mutta etenkin Kaakkois-Suomessa. Alue on myös lämpösummaltaan kirjanpainajan kehitystä suosiva ja tällaisilla alueilla on aina suurempi kirjanpainajariski (Stadelman ym. 2013). Etelä- ja etenkin Kaakkois-Suomelle ongelmallista on myös, että siellä on paljon juurikäävän vaivaamia alueita sekä tuulituhoja. Kirjanpainajatuhojen todennäköisyys on jo siis näistä tekijöistä johtuen huomattavasti korkeampi eri puolilla Suomea kuin toisaalla – ja tämä on hyvä ymmärtää, kun pohtii tulevia riskejä.

Tyypillistä alueille, joilla on pidempi ja lämpimämpi kasvukausi, on kirjanpainajan aikaisempi parveilu ja nopeampi kehitys munasta aikuiseksi. Jos kesä on lämmin, näillä alueilla talvehtineet kirjanpainajat todennäköisesti parveilevat toistamiseen ja puissa kehittyy yhden sukupolven ohella sisarsukupolvi myöhemmin syksyä kohden. Jos ensimmäinen sukupolvi varttuu sukukypsäksi ajoissa saattaa sekin iskeytyä puihin talvea vasten. Luonnonvarakeskuksen kirjanpainajan feromoniseurannan perusteella voidaan arvioida, että etelässä ja kaakossa kirjanpainajat lisääntyvät useammin kuin kerran, mutta muualla on edelleen vain yksi sukupolvi lämpimänäkin kesänä (**kuva 12**). Suomessa ei ole seurantaa kirjanpainajan eri sukupolvien esiintymiselle, etelässä on siis havaittu parveilua, mutta tämä ei tarkoita että 2. sukupolven kuoriaisia syntyisi, saati selviäisi talven yli. Metsäomistajan miettiessä kirjanpainajariskiään hänen siis kannattaa ensimmäisenä huomioida sijaintinsa: pohjoisempana riski kirjanpainajan lisääntymiselle on pienempi kuin etelässä. Luonnonvarakeskuksen feromoniseuranta vuodelta 2024 (**kuva 12**) konkretisoi hyvin kirjanpainajamäärien ja -aktiivisuuden vaihtelua eri puolilla Suomea. Avainkysymys metsänomistajalle voidaan pukea tässä näin:

Missä päin maata metsäni sijaitsee? *Kirjanpainajatuhot korostuvat meillä etelässä, ja Pohjois-Suomessa niitä ylipäätään on vielä erittäin vähän ja ne ovat harvinaisia. Tulevaisuudessa Etelä-Suomi tulee olemaan entistä riskialttiimpi paikka, ja samalla riskit nousevat hiljalleen myös pohjoiseen päin. Silti Pohjois-Suomi tulee olemaan kuuselle verrattain turvallinen kasvupaikka. Tällä hetkellä tuhoja tapahtuu selvästi eniten Kymenlaaksossa, Uudellamaalla, Etelä-Karjalassa, Etelä-Savossa ja Kanta-Hämeessä. Feromoniseurannan ja tuhohakkuutilastojen perusteella voidaan karkeasti sanoa, että tuhoriski (etenkin isompien tuhojen suhteen) on jo merkittävästi pienempi Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon pohjoisosissa, Nurmes-Kokkola linjan yläpuolella.*



Kuva 12. *Esimerkki kirjanpainajan feromonipyydysseurannasta: vuoden 2024 kesän edistyessä nähdään, että parveilua havaittiin loppukesällä lähinnä eteläisessä Suomessa. Mitä suurempi symboli, sitä enemmän kirjanpainajia on pyydyspaikassa havaittu. Taustakartat: Maanmittauslaitos. Lähde: Luonnonvarakeskus, kirjanpainajaseuranta* https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=metsatuhot

Kasvupaikka ja uudistaminen – sekametsät vai puhdas kuusikko

Taimet, jotka syntyvät nyt joko viljellen tai luontaisesti, kohtaavat muuttuvan ja kirjanpainajalle aiempaa suotuisamman ilmaston erityisesti silloin kun ne ovat varttuneita ja uudistuskypsiä metsiä. Luonnollisesti kasvavan puuston ominaisuudet, jotka ovat tosin osin kasvupaikastaan johtuvia ja talousmetsissä myös metsänkäsittelyn muovaamia, vaikuttavat kirjanpainajatuhojen todennäköisyyksiin. Kirjanpainajatuhojen riskiä maisematasolla lisää

isäntäpuulajin eli kuusen runsaus (de Groot ym. 2023, Hlásny ym. 2021, Kärvemo ym. 2014b, Stadelmann ym. 2013), jolloin usein kysytty kysymys on mitä sekametsistä ja kirjanpainajatuhoista tiedetään: voidaanko sekametsillä vähentää tuhoriskiä ja jos voidaan, missä määrin.

Sekapuuston lisääminen vaikuttaa kirjanpainajaan monella tasolla. Koivun tuoksun tiedetään karkottavan kirjanpainajia eivätkä ne asetu koivulle, vaikka niihin olisi laitettu kirjanpainajan feromonihoukutin (Byers ym. 1998, Zhang & Schlyter 2004). Oletus on, että isäntäpuiden löytäminen olisi vaikeampaa koivujen seasta. Hienosäätö siitä missä määrin ja miten sekapuustoisuutta olisi järkevintä lisätä vaatii edelleen selvittämistä: ripottelemalla sekapuustoa hieman joka metsikköön tasaisesti vai ryhmittäin, vai muodostamalla laajemmalla maisematasolla mosaiikin, jossa vuorottelevat eri puulajien puhtaat metsiköt. Nyrkkisääntö on kuitenkin kuusivaltaisuuden vähentäminen ja laajojen, yhtenäisten kuusivaltaisten ja tasaikäisten metsämaisemien synnyn ehkäiseminen. Nämä ovat kenttätutkimusten valossa kaikkein altteimpia alueita ja nimenomaan suurtuhojen syntymisen kannalta (Hlasny ym. 2019, 2021), ja vaikka konkreettisten suositusten luomiseksi tarvitaan lisää kenttätutkimuksia mm. eri puulajisuhteista, viime vuosina viitteitä sekametsien yleisesti suojaavasta vaikutuksesta on saatu:

Kozhoridze ym. (2024) tutkivat sekametsäisyyden vaikutuksia kirjanpainajan iskeytymistodennäköisyyteen kansallispuistoissa Tshekeissä ja Saksassa 2000 km^2 alueella, josta 50 % oli havumetsää ja 10 % sekametsää ja 5 % lehtimetsää ja loput muuta maankäyttöä. Alueen puusto koostui pääpuulaji kuusen lisäksi, pihlajasta, saksanpihdasta, pyökistä ja vuorivaahterasta. Kuusen kuolleisuutta oli mitattu 30 m resoluutiolla (2008–2018) ja kirjanpainajaan vaikuttaneita piirteitä arvioitiin erilaisilla resoluutioilla. Alue jaettiin eri kokoisiin ruutuihin 100 x 100 m alueista 1000 x 1000 m alueisiin, joista kullekin laskettiin kirjanpainajan tappamien puiden osuus pinta-alasta. Tuloksissa iskeymien suurimpia selittäjiä olivat korkeus merenpinnasta ja lämpötila, mutta sekametsäisyyden lisääntymisellä havaittiin olevan suora negatiivinen vaikutus kirjanpainajan iskeymiin: mitä suuremmaksi sekametsäisyyden osuus kasvoi, sitä vähemmän kirjanpainajan iskeymiä. Tämä näkyi kaikilla mittatasoilla.

Nardi ym. (2023) tutkimuksessa selvitettiin kaukokartoitusaineiston perusteella sitä, millaisessa metsissä vähintään 0.1 ha laajuisia kirjanpainajatuhoja oli esiintynyt. Tutkimuksen kohteena oli yli 100 000 neliökilometrin alue Koillis-Ranskassa ja aineiston resoluutiona käytettiin yhden neliökilometrin ruutuja. Tulokset varmistivat maisematasolla useasti todetun hypoteesin missä kuusen määrä oli tärkein tuhojen määrää selittävä tekijä. Tutkimuksessa kuitenkin myös sekametsien osuus suhteessa kuusen määrään oli tekijä mikä alensi tuhojen määrää: puhtaissa kuusikoissa tuhoja oli siis enemmän kuin sekametsissä.

Müller ym. (2022) tutkivat eri ympäristötekijöiden vaikutuksia kirjanpainajatuhoihin kuivuuden aikana ja sen jälkeisinä vuosina hyödyntäen mm. metsäkoneiden tallentamaa tietoa kirjanpainajan tappamien puiden esiintymisestä. Tutkimuksessa havaittiin, että puhtaat

kuusikot ja kuusi-havupuu sekametsät joutuivat yhtä usein tuhojen kohteeksi eikä havupuu-havupuu sekoitus tarjonnut suojaa. Sen sijaan taas kuusi-lehtipuu sekametsissä tuhoja oli merkittävästi vähemmän ja sekametsän ”suoja” näytti toteutuvan.

Paul ym. (2021) tekivät taloudellisia analyysejä kuolleisuuden vaikutuksista metsän kasvatuksen kannattavuuteen käyttäen puhtaita kuusikoita sekä pyökki-kuusi sekametsiköitä, koealueenaan Saksan kaakkoisosat. Tutkimuksessa todettiin, että vaikka sekametsillä ei voida kokonaan riskejä poistaa, ne vähenevät silti merkittävästi, kun kuusi monokulttuuri korvataan sopivalla sekametsällä. Pää syy tähän oli kuusen korkeammat kuolleisuusriskit yhä muuttuvassa ilmastossa.

De Groot ym. (2023) analysoivat 20-vuotista tuhohakkuiden aikasarjaa Sloveniassa ja vertasivat sitä millaisessa metsämaisemassa sanitaatiohakkuita oli eniten (1 km x 1 km ruuduilla). Tuloksissa huomattiin, että sekametsäisillä kuvioilla kirjanpainajat runsastuivat yhtä todennäköisesti ongelmaksi kuin puhtaissa kuusikoissa (sanitaatiohakkuiden todennäköisyys oli sama), mutta kirjanpainajan vuoksi hakatun puuston tilavuus (m3/ha) oli pienempi sekametsissä kuin puhtaissa kuusikoissa. Samoin todettiin myös se, että kuusivaltaiset kuviot kuusivaltaisessa maisemassa olivat kaikkein alttiimpia. Tutkimuksessa myös todettiin, että sekametsien ”suojaava” vaikutus hävisi todennäköisesti koska lämpötila ja kuivuus olivat niin paljon suurempia muuttujia tuhoihin vaikuttamassa. Kuitenkin alueilla missä kuusta oli yleisesti vähemmän, tuhoja tapahtui vielä vähemmän sekametsissä. Kuusen osuuden kasvaessa suureksi, tuhoja oli niin paljon enemmän, että sekametsät eivät suojaavaa vaikutusta antaneet.

Kärvemon ym. (2014b) n. 120 000 ha kartoitustutkimuksessa pieni koivumäärä (<25 kiintokuutiota per ha) kuitenkin yllättäen lisäsi kirjanpainajariskiä. Tämä kertoo mahdollisesti kirjanpainajan kemiallisten viestin monimutkaisuudesta (Zhang ja Schlyter 2004) ja siitä, että sekapuuston puulajisuhteiden vaikutusmekanismit vaativat vielä selvittämistä. Lehtipuuston havaittiin Ruotsissa vähentävän kuusien rungoissa kirjapainajan kolonisaatiotiheyttä (käytännössä syömäkuvioiden tiheyttä) (Kärvemö ym. 2025). Kärvemö ym. 2025 pohtivat, että tämä selittyy yleisellä ajatuksella, että kirjanpainajat eivät löydä kuusia niin hyvin lehtipuiden joukosta - tai sitten lehtisekapuuston joukossa kasvavat kuusen ovat esim. lehtipuiden aiheuttaman kilpailutilanteen vuoksi heikommin puolustautuneita ja pienempi määrä kirjanpainajia riittää niiden pihkapuolustuksen voittamiseen (ilmiöön liittyy siis runsaasti eri muuttujia, Staab & Schuldt 2020)

Metsänomistajalle voidaan kuitenkin yllä olevien esimerkkien valossa suositella sekametsän kasvatusta *siellä missä kasvupaikka sen sallii*, ja meilläkin yleinen kuusi-koivu sekametsä kombinaatio on viime aikaisten eurooppalaisten tulosten varjossa tuhoriskin kannalta turvallisempi vaihtoehto kuin puhdas kuusikko. Tähän kuitenkin vaikuttaa myös kasvupaikka ja sen alttius erityisesti kuivuudelle (se altistaa kuuset aina). Suomessa lisäksi pieni kuviokoko tekee oman ongelmansa: pienen kuvion tuhoriskeihin vaikuttaa aina se mitä naapuri

tekee, ja tätä ei voi hallita. Silti kuusi-koivu sekametsää on 2020-luvun tutkimusten valossa lähes mahdotonta nähdä riskialttiimpana metsänä kuin puhdasta kuusikkoa – pikemminkin toisinpäin. Metsänomistajan kannalta oleellisia kysymyksiä tulevaisuuden riskejä ja uudistamista pohtiessa:

Salliiko kasvupaikka sekametsän luomisen? Viime aikoina on tullut runsaasti tietoa ja käytännön oppia sekametsän kasvatuksesta. Suomessa kuviokoot ovat pieniä, jolloin se miten esimerkiksi kirjanpainajariskit sekametsäkuvioon vaikuttavat, riippuvat myös ympäröivistä metsistä. Silti sekametsä on aitoa riskien hajautusta sillä tällöin munat -tukkitulot- eivät ole yhdessä korissa – kuusessa (Huuskonen ym. 2021). Myös kenttätutkimuksiin pohjaavia ohjeita ja suosituksia sekametsän luomiseen on nykyään saatavilla.

Millainen kasvupaikka tai maalaji uudistusalalla on? *Kuivuudelle altis kasvupaikka altistaa myös sinne istutetun kuusen. Tämä on eri tilanne kuin luontaisesti kuivilla kasvupaikoilla vuosikymmenestä toiseen sinnitelleet puut. Äkillinen kuivuus aiheuttaa ongelmia korostetusti puille, mitkä siihen eivät ole sopeutuneet: kuivuudelle alttiille kasvupaikalle istutettu kuusi on tällainen, jolloin se altistuu myös kirjanpainajatuhoille*.

Onko kuviolla juurikääpää? *Juurikääpä käytännössä estää kuusen kasvatuksen, oli kyseessä jatkuvapeitteinen tai jaksollinen kasvatustapa. Juurikääpä myös altistaa kuuset kirjanpainajatuhoille. Juurikääpäisen alueen uudistamisessa puhdas lehtipuumetsä on turvallisin vaihtoehto*.

Mutta mikäli kasvamassa jo on puhdas kuusikko, joka ei enää sekametsäksi muutu, on tärkeintä pitää yllä sen hyvä kasvukunto, eritoten että puusto ei pääse riukuuntumaan. Liian tiheässä kasvatettaessa puusto riukuuntuu ja latvukset supistuvat alaoksien kuollessa ja karsiutuessa voimakkaasti. Samalla yksittäisen puun yhteyttävä neulaspinta-ala laskee ja se sitoo aiempaa vähemmän hiiltä, jota se tarvitsee myös hiilipohjaisten sekundaariyhdisteiden tuottamiseen. Tämän vuoksi talousmetsissä metsänomistajan kannattaa harventaa kuusikkonsa ajoissa, jotta latvukset eivät supistu. Etenkin iäkkään kuusikon harvennukseen liittyy kirjanpainajan pahimmilla alueilla aina lievästi kohonnut tuhoriski välittömästi toimenpiteen jälkeen, sillä olosuhteen metsikössä muuttuvat kirjanpainajalle lämpimimmiksi ja valoisammiksi. Latvukseltaan pienemmissä puissa tämä riski korostuu: ylitiheänä kasvatettavissa kuusikoissa latvuksista karsiutuu valonpuutteessa oksia ja yhteyttävä latvusmassa supistuu. Tämä hidastaa puiden yhteyttämistä ja vaikuttaa sitä kautta pihkapuolustuksen ylläpitoon, mikä vaatii runsaasti yhteyttämisen tuotteista erityisesti hiiltä. Tässä kohtaa metsänomistajan kannattaa kysyä:

Varttunut kuusikkoni kaipaa harvennusta, onko siinä riskejä? *Liian voimakas harvennus, etenkin ylitiheässä kasvaneelle ja riukuuntuneelle metsälle, altistaa ne paitsi tuuli-, niin myös kirjanpainajatuhoille. Puut, joiden latvus on liian pieni, ovat lähtökohtaisesti huonommassa asemassa sillä niiden elinvoima ja sitä kautta puolustautuminen kirjanpainajaa vastaan on heikompaa. On myös tulevaisuuden riskien hallintaa pitää huolta, että kuusikko ei pääse siihen kuntoon missä sen tuhoalttiutta on omin teoin kasvatettu.*

Jatkuvapeitteisestä, tai eri-ikäisrakenteisesta metsänkasvatuksesta ja puustotuhoriskeistä on ylipäätään hyvin vähän hyönteisiä käsitelleitä tutkimuksia. Tältä osin suosituksia on mahdotonta antaa. Mason ym. (2022) kyselytutkimuksesta todetaankin tietopuutteena se kuinka peitteisen metsänkasvatuksen keinot vähentävät, vai vähentävätkö, tuhoaiheuttajien vaikutuksia muuttuvassa ilmastossa. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä on aina myös sellaisia puita, jotka eivät kirjanpainajalle kelpaa koska ovat liian pieniä, mutta suurten puiden kohtaloon vaikuttaa etenkin pienillä kuvioilla se mitä naapurimetsissä tehdään, jolloin niiden tuhoriskiin on vaikea ottaa kantaa ilman kenttäkokeita. Toki kirjanpainajapopulaatioiden ollessa huipussaan kirjapainaja iskeytyy myös pieniin ja nuoriin puihin (Hlásny ym. 2021) ja kirjanpainajan ohella runsastuu myös muita nuorempia tai varjostettuja alikasvoskuusia kuusia hyödyntäviä kaarnakuoriaisia, kuten kuusentähtikirjaaja *Pityogenes chalcographus* ja aitomonikirjaaja *Polygraphus poligraphus*. Eri-ikäisrakenteisiin metsiin liittyy huoli niiden luontaisesta uudistumisesta ainoastaan kuusella, kun sekapuustoisuutta halutaan lisätä. Lisäksi juurikäävän ja kirjanpainajatuhojen yhteys huolestuttaa, sillä jatkuva kasvatus sallii juurikäävän levitä metsikössä kuusesta toiseen, puusukupolvesta toiseen – juurikääpätartunta on yksi kirjanpainajaa suosiva tekijä (Wahlman ym. 2025). Tällä hetkellä jatkuvaa kasvatusta suositellaan etenkin rehevillä turvemailla, rehevissä korpimetsissä. Nämä ovat lähtökohtaisesti kasvupaikkoja, missä kuivuusriskit ovat keskimäärin pienemmät, joten näillä alueilla kuusen voi olettaa olevan paremmassa turvassa jo kasvupaikankin puolesta. Tällöin jatkuvaa kasvatusta tällaisilla kohteilla on vaikea nähdä minään erityisesti tuhoriskiä lisäävänä tekijänä, kunhan puiden elinvoima vain säilyy. Tässä kohtaa Suomessa on kuitenkin tutkimuksellinen aukko, joka olisi hyvä täyttää mahdollisimman pian ja kattavin kenttäkokein. Tämä on kuitenkin käytännössä hankalaa, sillä olemassa olevia jatkuvan kasvatuksen pitkäaikaisia koealoja ei haluta altistaa kirjanpainajille. Tämän vuoksi aiheen selvittämiseen tarvitaan simulaatiomallinnusta.

5 Yhteenveto

Metsänomistajan kannalta on oleellista tiedostaa ja muistaa seuraavat seikat:

- Ilmastonmuutos on jo kasvattanut metsiemme tuhoriskiä erityisesti kirjanpainajan kohdalla, ja tämä kehitys tulee jatkumaan. Se, miten tuhoriskit tulevaisuudessa realisoituvat on kuitenkin pitkälti kiinni myös siitä, millaista metsää kasvatamme: voimme itse luoda tuhoille erittäin alttiin tai vähemmän alttiin metsämaiseman.
- Maantieteellisesti tuhoriskit koskevat tällä hetkellä eniten Etelä-Suomea, ja sieltä maakuntia Kymeenlaakso, Etelä-Karjala, Uusimaa, Etelä-Savo, Pirkanmaa. Pohjoiseen mentäessä kirjanpainaja esiintyy harvalukuisena ja tuhotkin ovat harvinaisia.
- Kirjanpainajan tuhoriskit korostuvat tutkimustiedon valossa:
    - Suurten myrskyjen jälkeen, mikäli maastoon jää paljon kirjanpainajalle kelpaavaa lisääntymismateriaalia (kuten käytännössä aina jää)

    - Alueilla missä puut voivat altistua kuivuusstressille, johon eivät ole sopeutuneet (riskit korostuvat siellä missä kuusi on uudistettu sille liian kuivalle tai karulle kasvupaikalle)
    - Aukkojen reunassa muutaman vuoden ajan aukon synnyn jälkeen (hakkuuaukkojen reunojen tiedetään altistavan reunametsää kirjanpainajatuhoille, mutta vaikutus menee ohi)
    - Juurikäävän vaivaamilla alueilla
- Uudistamiskysymyksessä tärkein on kunnioittaa kasvupaikkaa: ei kuusta kuiville, männylle paremmille kasvupaikoille. Mikäli kasvupaikka sen sallii, sekametsien kasvatuksen voi nähdä paitsi sijoitussalkun ja sitä kautta riskien hajauttajana, niin viimevuotisten tutkimusten valossa myös tuhoriskiä vähentävänä tekijänä (tosin tässä Suomen pieni kuviokoko vaikuttaa – kaikki Euroopan tutkimustulokset eivät ole sovellettavissa)
- Suomessa on tutkimusaukkoja etenkin jatkuvapeitteisen tai eri-ikäisrakenteisen metsänkasvatuksen ja kirjanpainajatuhojen riskeistä. Kuitenkin kohteet, joissa tätä yleisimmin tehdään (rehevät korvet) ovat lähtökohtaisesti kuusen kannalta hyviä kasvupaikkoja, jolloin niiden tuhoriski on pieni jo kasvupaikan ominaisuuksienkin puolesta.
- Tutkimusta sekametsien vaikutuksista ei myöskään ole tehty Suomessa. Meillä pieni kuviokoko asettaa haasteet, sillä se mitä sekametsälle A tapahtuu, on paljon kiinni myös siitä mitä sen ympärillä tapahtuu: mitä pienempi sekametsäkuvio, sitä suurempi on naapureiden vaikutus.
- Metsien kasvukunnosta, etenkin kuusella elävän latvuksen koosta, tulee pitää huolta mikäli tuhoriskiä ei halua omin keinoin kasvattaa: riukuuntunut, pienilatvuksinen puu on aina tuuheampaa ja elinvoimaisempaa verrokkiaan alttiimpi kirjanpainajalle.

6 Kirjallisuus

Annila E .1969. Influence of temperature upon the development and voltinism of Ips typographus L. (Coleoptera, Scolytidae). Annales Zoologici Fennici 6: 161–208. https://www.jstor.org/stable/23731366

Byers J, Zhang QH, Schlyter F & Birgersson G. 1998. Volatiles from nonhost birch trees inhibit pheromone responses in spruce bark beetles. Naturwissenschaften 85: 557-561. https://doi.org/10.1007/s001140050551

Christiansen E, Waring RH, & Berryman AA. 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: Searching for general relationships. Forest Ecology and Management, 22(1–2), 89–106. https://doi.org/10.1016/0378-1127(87)90098-3

De Groot ym. 2023. When tree diversity does not work: The interacting effects of tree diversity, altitude and amount of spruce on European spruce bark beetle outbreaks. Forest Ecology and Management 537: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120952

Eriksson M, Neuvonen S & Roininen H. 2008. Ips typographus (L.) attach on patches of felled trees: "Wind-felled vs cut trees and the risk of subsequent mortality. Forest Ecology and Management 255 (3-4):1336-1341. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.043

Eriksson M, Neuvonen S & Roininen H. 2007. Retention of wind-felled trees and the risk of consequential tree mortality by the European spruce bark beetle Ips typographus in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 22(6)516-523. https://doi.org/10.1080/02827580701800466

Frühbrodt T, Löcken H, Du BG, Fettig CJ, Biedermann PHW, Kreuzwieser J, Burzlaff T & Delb H. 2024. Verbenone (SPLAT® Verb) delays Ips typographus (L.) infestation and reduces infestation risk and severity in windthrown Norway spruce in Southwest Germany- Forest Ecology and Management 561: 121856 https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121856

Giordano L, Lione G, Nicolotti G, & Gonthier P. 2012. Effect of Heterobasidion annosum s.l. Root and butt rots on the stability of Norway spruce: An uprooting test. In Capretti P, Comparini P, Garbelotto M, La Porta N & Santini A. (eds.), Proceedings of the XIII International Conference on Root and Butt Root of Forest Trees, Firenze and San Martino di Castrozza, Italy, 4–10 September 2012. University Press, Firenze, Italy. Pp. 247–250.

Grunwald M. 1986. Ecological segregation of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) of spruce. Journal of Applied Entomology, 101(1–5), 176–187. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1986.tb00846.x

Hantula, J., Ahtikoski, A., Honkaniemi, J., Huitu, O., Härkönen, M., Kaitera, J., Koivula, M., Korhonen, K.T., Lindén, A., Lintunen, J., Luoranen, J., Matala, J., Melin, M., Nikula, A., Peltoniemi, M., Piri, T., Räsänen, T., Sorsa, J.-A., Strandström, M., Uusivuori, J. & Ylioja, T. 2023. Metsätuhojen kokonaisvaltainen arviointi: METKOKA-hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 140 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-688-7

Hilszczański J, Janiszewski W, Negron J, & Munson A. 2006. Stand characteristics and *Ips typographus* (L.) (Col., Curculionidae, Scolytinae) infestation during outbreak in northeastern Poland. Folia Forestalia Polonica, 48, 53–64. https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_other/rmrs_2006_hilszczanski_j001.pdf

Hlásny T, Krokene P., Liebhold, A, Montagné-Huck C, Müller J, Qin H, Raffa K, Schelhaas M-J., Seidl R, Svobod M, Viiri H. 2019. Living with bark beetles: Impacts, outlook and management options [From Science to Policy]. European Forest Institute. https://doi.org/10.36333/fs08

Hlásny T.,Zimova S, Merganicova K, Stepanek P, Modlinger R & Turcani, M. 2021. Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. Forest Ecology and Management 490, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119075

Huuskonen S., Domisch T, Finér L, Hantula J, Hynynen J, Matala J, Miina J, Neuvonen S, Nevalainen S, Niemistö P, Nikula A, Piri T, Siitonen J, Smolander A, Tonteri T, Uotila K & Viiri H. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? Forest Ecology and Management 479, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558

Jakuš R, Edwards-Jonášová M, Cudlín P, et al. Characteristics of Norway spruce trees (Picea abies) surviving a spruce bark beetle (Ips typographus L.) outbreak. 2011 Trees 25(6):965-973. https://doi.org/10.1007/s00468-011-0571-9

Jonsell M & Weslien J. 2003. Felled or standing retained wood – it makes a difference for saproxylic beetles. Forest Ecology and Management 175(1-3):425-435. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00143-3

Jönsson A. M, Appelberg G, Harding S, & Bärring L. 2009. Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, Ips typographus. Global Change Biology, 15(2), 486–499. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01742.x

Kautz ym 2021. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. Forest Ecology and Management 262, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.023

Kautz M, Schopf R, & Ohser J. 2013. The "sun-effect": Microclimatic alterations predispose forest edges to bark beetle infestations. European Journal of Forest Research, 132(3), 453–465.

Komonen A, Schroeder L.M. & Weslien J. 2011. Ips typographus population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. Journal of Applied Entomology, 135(1–2), 132–141. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01520.x

Korhonen KT, Räty M, Haakana H, Heikkinen J, Hotanen J-P, Kuronen M & Pitkänen J. 2024. Forests of Finland 2019–2023 and their development 1921–2023. Silva Fennica 58 (5), https://doi.org/10.14214/sf.24045

Korolyova N, Buechling A, Ďuračiová R, Zabihi K, Turčáni M, Svoboda M, Bláha J, Swarts K, Poláček M, Hradecký J, Červenka J, Němčák P, Schlyter F, & Jakuš R. 2022. The Last Trees Standing: Climate modulates tree survival factors during a prolonged bark beetle outbreak in Europe. Agricultural and Forest Meteorology, 322, 109025. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109025

Kozhoridze ym. 2024. Direct and mediated impacts of mixed forests on Norway spruce infestation by European bark beetle Ips typographus. Forest Ecology and Management 569, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122184

Krokene P & Solheim H. 1998. Pathogenicity of Four Blue-Stain Fungi Associated with Aggressive and Nonaggressive Bark Beetles. Phytopathology®, 88(1), 39–44. https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.1.39

Kuhn A, Hautier L, San Martin G. 2022. Do pheromone traps help to reduce new attacks of Ips typographus at the local scale after a sanitary cut? PeerJ 10:e14093 https://doi.org/10.7717/peerj.14093

Kärhä K, Anttonen T, Poikela A, Palander T, Laurén A, Peltola H & Nuutinen Y. 2018. Evaluation of salvage logging productivity and costs in windthrown Norway spruce-dominated forests. https://doi.org/10.3390/f9050280

Kärvemo S, Rogell B & Schroeder M. 2014. Dynamics of spruce bark beetle infestation spots: Importance of local population size and landscape characteristics after a storm disturbance. Forest Ecology and Management 334:232-240. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.011

Kärvemo S, Van Boeckel TP, Gilbert M, Grégoire JC & Schroeder M. 2014b. Large scale risk mapping of an eruptive bark beetle – importance of forest susceptibility and beetle pressure. Forest Ecology and Management 318:158-166. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.01.025

Linnakoski R, De Beer ZW, Niemelä P, & Wingfield MJ. 2012. Associations of Conifer-Infesting Bark Beetles and Fungi in Fennoscandia. Insects, 3(1), 200–227. https://doi.org/10.3390/insects3010200

Marini L, Lindelöw Å, Jönsson AM, Wulff S & Schroeder LM. 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: A long-term study. Oikos, 122(12), 1768–1776. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00431.x

Marini L, Økland B, Jönsson AM Bentz B, Carroll A, Forster B, Grégoire J-C, Hurling R, Nageleisen LM, Nethere S, Ravn HP, Weed A & Schroeder M. 2017 Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. Ecograghy 40(12):1426-1435. https://doi.org/10.1111/ecog.02769

Martikainen P, Siitonen J, Kaila L, Punttila P & Rauh J. 1999. Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal foresta in southern Finland. Forest Ecology and Management 116:233-245. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00462-9

Mason WL, Diaci J, Carvalho J & Valkonen S. 2022. Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. Forestry 95(1):1-12. https://doi.org/10.1093/forestry/cpab038

Melin ym. 2025. Assessing the cascading risk of bark beetle damages after snow damages in boreal forests. *Manuscript in submission*.

Mills, N.J. (1985) Some observations on the role of predation in the natural regulation of Ips typographus populations. Journal of Applied Entomology, 99, https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1985.tb01980.x

Metsäkeskus 2025a. Suomen metsäkeskus: metsätuhohakkuutilastot. Saatavilla tästä linkistä. Sivustolla käyty 15.2.2025.

Metsäkeskus 2025b. Suomen metsäkeskus: avoimen paikkatiedon latauspalvelu, hakkuuilmoitukset, aineistoa käytetty 10.2.2025. Saatavilla: https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/aineistot-paikkatieto-ohjelmille/paikkatietoaineistot

Müller ym. 2022. Features predisposing forest to bark beetle outbreaks and their dynamics during drought. Forest Ecology and Management 523, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120480

Nardi ym. 2022. Drought and stand susceptibility to attacks by the European spruce bark beetle: A remote sensing approach, Agricultural and Forest Entomology 25(1), https://doi.org/10.1111/afe.12536

Netherer S, Kandasamy D, Jirosová A, Kalinová B, Schebeck M & Schlyter F. 2021. Interactions among Norway spruce, the bark beetle Ips typographus and its fungal symbionts in times of drought. Journal of Pest Science, 94(3), 591–614. https://doi.org/10.1007/s10340-021-01341-y

Netherer S, Lehmanski L, Bachlehner A, Rosner S, Savi T, Schmidt A, Huang J, Paiva MR, Mateus E, Hartmann H & Gershenzon J. 2024. Drought increases Norway spruce susceptibility to the Eurasian spruce bark beetle and its associated fungi. New Phytologist 242: 1000-1017. https://doi.org/10.1111/nph.19635

Õunap, H. 1992. Laboratory studies of some predators of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. 41(3):131-140. https://doi.org/10.3176/biol.1992.3.03

Öhrn P, Långström B, Lindelöw Å, & Björklund N. 2014. Seasonal flight patterns of *Ips typographus* in southern S weden and thermal sums required for emergence. *Agricultural and Forest Entomology*, *16*(2), 147–157. https://doi.org/10.1111/afe.12044

Papek, E., Derlić, A., Melin, M., Roques, A., Cocos, D., Schroeder, M.L. et al. (2025) Complex population genetic structure of the bark beetle predator Thanasimus formicarius (L.) (Coleoptera: Cleridae) across its European range. Agricultural and Forest Entomology, 1–15. Available from: https://doi.org/10.1111/afe.12677

Paul, C., Brandl, S., Friedrich, S. et al. Climate change and mixed forests: how do altered survival probabilities impact economically desirable species proportions of Norway spruce and European beech?. Annals of Forest Science 76, 14 (2019). https://doi.org/10.1007/s13595-018-0793-8

Pouttu A & Annila E. 2011. Kirjanpainajalla kaksi sukupolvea kesällä 2010. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2010, 4, 6951. https://doi.org/10.14214/ma.6951

Pulgarin Diaz JA, Melin M, Ylioja T, Lyytikäinen-Saarenmaa P, Peltola H & Tikkanen O-P 2024. Relationship between stand and landscape attributes and Ips typographus salvage loggings in Finland. Silva Fennica 58(3):23069. https://doi.org/10.14214/sf.23069

Raty, L, Drumont A, De Windt N & Gregoire J-C. 1995. Mass trapping of the spruce bark beetle Ips typograhus L.: traps or trap trees? Forest Ecology and Management 78, https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03582-1

Ruosteenoja K, Räisänen J & Pirinen P. 2011. Projected changes in thermal seasons and the growing season in Finland. International Journal of Climatology, 31 (10), https://doi.org/10.1002/joc.2171

Ruotsalainen R, Pukkala T, Ikonen V-P, Packalen P & Peltola H. 2023. Mitigating the risk of wind damage at the forest landscape level by using stand neighbourhood and terrain elevation information in forest planning. Forestry: An International Journal of Forest Research, 96(1), 121–134. https://doi.org/10.1093/forestry/cpac039

Sallinen A, Akanegbu J, Marttila H & Tahvanainen T. 2023. Recent and future hydrological trends of aapa mires across the boreal climate gradient. Journal of Hydrology, 617(B), https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.129022

Schebeck M, Schopf A, Ragland G.J, Stauffer C, & Biedermann, P. H. W. 2023. Evolutionary ecology of the bark beetles Ips typographus and Pityogenes chalcographus. Bulletin of Entomological Research, 113(1), 1–10. https://doi.org/10.1017/S0007485321000353

Schroeder LM, & Lindelöw Å. 2002. Attacks on living spruce trees by the bark beetle Ips typographus (Col. Scolytidae) following a storm-felling: A comparison between stands with and without removal of

wind-felled trees. Agricultural and Forest Entomology, 4(1), 47–56. https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00122.x

Sproull GJ, Adamus M, Bukowski M, et al. Tree and stand-level patterns and predictors of Norway spruce mortality caused by bark beetle infestation in the Tatra Mountains. For Ecol Manag. 2015;354:261-271. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.006

Staab M & Schuldt A. 2020. The Influence of Tree Diversity on Natural Enemies—a Review of the "Enemies" Hypothesis in Forests. Current Forestry Reports 6, 243–259, https://doi.org/10.1007/s40725-020-00123-6

Stadellman, G, Bugmann H, Meier F, Wermelinger B & Bigler C. 2013. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (Ips typographus) infestations. Forest Ecology and Management 305:273-281. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.003

Tikkanen O.-P., Lehtonen I. (2023). Changing climatic drivers of European spruce bark beetle outbreaks: a comparison of locations around the Northern Baltic Sea. Silva Fennica 57, 3, 23003, https://doi.org/10.14214/sf.23003

Tosic-Tabakovic M & Milosavljevic M. 2018. The Comparison of Two Commonly Used Methods -Pheromone Traps and Conventional Trap Trees for Ips typographus (Coleoptera: Curculionidae) Monitoring. International Conference on Agriculture, Forests, Food Sciences and Technologies, Turkey. Available from here.

Wahlman W, Kasanen R, Lappalainen L & Honkaniemi J. 2025. Root rot increases the vulnerability of Norway spruce trees to Ips typographus infestation. Forest Ecology and Management 577, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122409

Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle Ips typographus—A review of recent research. Forest Ecology and Management, 202(1–3), 67–82. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018

Weslien J & Regnander J. 1992. The influence of natural enemies on brood production in Ips typographus (Col. Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by Thanasimus formicarius (Col.: Cleridae). Entomophaga 37:333-342. https://doi.org/10.1007/BF02372435

Weslien J & Schroeder LM 1999. Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands. Forest Ecology and Management 115, https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00405-8

Weslien J. 1992. The arthropod complex associated with Ips typographus (L.)(Coleoptera, Scolytidae): species composition, phenology, and impact on bark beetle productivity. Entomologica Fennica 3(4):205-213. https://doi.org/10.33338/ef.83730

Weslien J, Öhrn P, Rosenberg O & Schroeder M. 2024. Effect of sanitation logging in winter on the Eurasian spruce bark beetle and predatory long-legged flies. Forest Ecology and Management 554, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121665

Wichmann, L & Ravn HP. 2001. The spread of Ips typographus (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. Forest Ecology and Management 148(1-3):31-39. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00477-1

Ylioja T, Aarnio L, Kokkonen J & Melin M. 2024. Kirjanpainajatilanne vuonna 2023. Julkaisussa: Ylioja, T. & Sutela, S. (toim.). Metsätuhot vuonna 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2024. Luonnon-varakeskus. Helsinki. s. 18–20. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-906-2

Zarges S, Thorn S, Bussler J, Siegler J, Wolf J & Hagge J. Low accuracy bark gouging controls Ips typographus outbreaks while conserving non-target beetle diversity. Forest Ecology and Management 548, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121399

Zhang QH & Schlyter F. 2004. Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. Agricultural and Forest Entomology 6(1):1-20. https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2004.00202.x