



**Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026**

# **Katsaus toimiin ja ohjauskeinoihin metsien kestävyystavoitteiden saavuttamiseksi**

**Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen ja Aino Assmuth (toim.)**



# **Katsaus toimiin ja ohjauskeinoihin metsien kestävyystavoitteiden saavuttamiseksi**

**Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen ja Aino Assmuth (toim.)**

## **Kirjoittajat**

**Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen, Aino Assmuth, Anssi Ahtikoski, Janne Artell,  
Soili Haikarainen, Leena Hamberg, Tomi Heilala, Juha Honkaniemi,  
Matti Koivula, Aku Korhonen, Aija Kukkala, Leena Kärkkäinen, Tuija Lankia,  
Aleksi Lehtonen, Mika Lehtonen, Jukka-Pekka Myllykangas,  
Mika Nieminen, Maria Ojanen, Minna Pappila, Ville Pietilä, Sirpa Piirainen,  
Samuli Pitzén, Johanna Pohjola, Pekka Puntila, Heli Saarikoski,  
Hannu Salminen, Aura Salmivaara, Sakari Sarkkola, Ekaterina Shorokhova,  
Juha Siitonen, Katriina Soini, Leena Stenberg, Kimmo Syrjänen,  
Ilkka Vanha-Majamaa ja Esa-Jussi Viitala**



*Selvityksen rahoitti Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra.*

*Sitra on tulevaisuustalo, joka auttaa Suomea uudistumaan. Ennakoimme tulevaa. Etsimme yhdessä kumppaneiden kanssa ratkaisuja huomisen haasteisiin. Edistämme Suomen hyvinvointia ja vauhditamme talouden kestävää kasvua. Parempi tulevaisuus vaatii tekoja jo tänään.*

### **Viittausohje:**

Lintunen, J., Pihlainen, S. & Assmuth, A. (toim.) 2026. Katsaus toimiin ja ohjauskeinoihin metsien kestävyystavoitteiden saavuttamiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 271 s.

### **Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:**

Nieminen, M., Sarkkola, S., Stenberg, L., Salmivaara, A. & Piirainen, S. 2026. Näkökulma: Vesistövaikutukset. Julkaisussa: Lintunen, J., Pihlainen, S. & Assmuth, A. (toim.) 2026. Katsaus toimiin ja ohjauskeinoihin metsien kestävyystavoitteiden saavuttamiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 112–121.



ISBN 978-952-419-149-4 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-149-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Toimittajat: Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen ja Aino Assmuth

Kirjoittajat: Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen, Aino Assmuth, Anssi Ahtikoski, Janne Artell, Soili Haikarainen, Leena Hamberg, Tomi Heilala, Juha Honkaniemi, Matti Koivula, Aku Korhonen, Aija Kukkala, Leena Kärkkäinen, Tuija Lankia, Aleksi Lehtonen, Mika Lehtonen, Jukka-Pekka Myllykangas, Mika Nieminen, Maria Ojanen, Minna Pappila, Ville Pietilä, Sirpa Piirainen, Samuli Pitzén, Johanna Pohjola, Pekka Punttila, Heli Saarikoski, Hannu Salminen, Aura Salmivaara, Sakari Sarkkola, Ekaterina Shorokhova, Juha Siitonen, Katriina Soini, Leena Stenberg, Kimmo Syrjänen, Ilkka Vanha-Majamaa ja Esa-Jussi Viitala  
Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2026

Julkaisuvuosi: 2026

Kannen kuva: Erkki Oksanen

## Tiivistelmä

Jussi Lintunen<sup>1</sup>, Sampo Pihlainen<sup>2</sup>, Aino Assmuth<sup>1</sup>, Anssi Ahtikoski<sup>1</sup>, Janne Artell<sup>1</sup>, Soili Haikarainen<sup>1</sup>, Leena Hamberg<sup>1</sup>, Tomi Heilala<sup>2</sup>, Juha Honkaniemi<sup>1</sup>, Matti Koivula<sup>1</sup>, Aku Korhonen<sup>1</sup>, Aija Kukkala<sup>2</sup>, Leena Kärkkäinen<sup>1</sup>, Tuija Lankia<sup>1</sup>, Aleksi Lehtonen<sup>1</sup>, Mika Lehtonen<sup>1</sup>, Jukka-Pekka Myllykangas<sup>1</sup>, Mika Nieminen<sup>1</sup>, Maria Ojanen<sup>2</sup>, Minna Pappila<sup>2</sup>, Ville Pietilä<sup>1</sup>, Sirpa Piirainen<sup>1</sup>, Samuli Pitzén<sup>2</sup>, Johanna Pohjola<sup>2</sup>, Pekka Puntila<sup>2</sup>, Heli Saarikoski<sup>2</sup>, Hannu Salminen<sup>1</sup>, Aura Salmivaara<sup>1</sup>, Sakari Sarkkola<sup>1</sup>, Ekaterina Shorokhova<sup>1</sup>, Juha Siitonen<sup>1</sup>, Katriina Soini<sup>1</sup>, Leena Stenberg<sup>1</sup>, Kimmo Syrjänen<sup>2</sup>, Ilkka Vanha-Majamaa<sup>1</sup> ja Esa-Jussi Viitala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki

<sup>2</sup> Suomen ympäristökeskus (Syke), Helsinki

Suomi on sitoutunut luonnon monimuotoisuuden, vesistöjen laadun ja ilmastonmuutoksen hillinnän osalta useisiin kansallisiin ja kansainvälisiin tavoitteisiin. Selvitystyön tavoitteena oli muodostaa tuoreimpaan tutkimustietoon perustuva näkemys metsien käytössä tarvittavista muutoksista luonto-, vesistö- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa, määrittää ekologisesti ja taloudellisesti perusteltu toimenpidekokonaisuus ja arvioida sen vaikutuksia metsiin, ekosysteemipalveluihin ja kansantalouteen sekä tunnistaa toimeenpanoa tukevat ohjaukeinot.

Selvityksessä avattiin luonnontieteellisen tutkimustiedon pohjalta sitä, minkälaisia muutoksia metsien käyttöön Suomessa näiden tavoitteiden toteuttaminen edellyttäisi. Monimuotoisuustarkastelu yhdisti sekä kynnysarvoteorian että lajimäärän ja elinympäristön pinta-alan suhteen teorian pohjoismaiseen empiiriseen näyttöön. Tämän perusteella johdettiin talousmetsille kasvupaikkatyypeittäin ja ilmastovyöhykkeittäin tavoitetasot monimuotoisuuden kannalta keskeisille rakennepiirteille (lahopuu ja järeät vanhat puut). Vesistö- ja ilmastovaikutusten osalta käytettiin kirjallisuuteen perustuvia arvioita toimien vaikuttavuudesta.

Muutostarpeiden tunnistamisen pohjalta muodostettiin toimenpidekokonaisuus, jolla metsiin liittyviä ympäristötavoitteita voitaisiin tavoitella järkevällä, eri tavoitteiden välisiä synergioita hyödyntävällä ja puun käytön kansantaloudellisen merkityksen huomioivalla tavalla. Laadittu toimenpidekokonaisuus perustuu talousmetsien maltillisten ja voimakkaiden luonnonhoito-toimien alueisiin ja lisäsuojeluun. Toimenpiteissä keskiössä ovat lehtipuita, vanhoja puita ja lahopuuta lisäävät toimet säästöpuiden ja tekopökökoiden avulla, vesistökuormituksen vähentämisen ja pidättämisen toimet ja puuston kasvua lisäävät toimet ja hakkuukäyttötymisen muutokset.

Toimenpidekokonaisuuden kuvaamisen lisäksi arvioitiin sen vaikutuksia metsiin, puun saata-vuuteen ja käyttöön, monimuotoisuuteen, ekosysteemipalveluihin ja talouteen. Metsien mää-rällisiä vaikutuksia analysoitiin Motti-kasvatusmallin skenaarioanalyysillä. Ekosysteemipalvelu-jen vaikutukset arvioitiin asiantuntija-arvioina ja taloudelliset vaikutukset metsäsektorin pa-nostuotos-tarkasteluna. Toimenpidekokonaisuuden keskeinen talousvaikutus syntyy hakkuu-kertymän alenemisesta, mikä aiheuttaa tuotannon vähenemistä metsäteollisuudessa. Positiivi-sia ekosysteemipalveluvaikutuksia tunnistettiin merkittävästi, mutta niiden suuruutta ei pys-tytty täsmällisesti arvioimaan.

Toimenpidekokonaisuuden jalkauttaminen metsien käsittelyyn edellyttää ohjauskeinoja, jotka luovat metsäalan toimijoille riittävät velvoitteet, kannustimet ja tietopohjan ympäristötoimien täysimääräiseksi toteuttamiseksi. Selvityksessä kartoitettiin laajasti ohjauskeinovaihtoehtoja ja tarkempaan monitieteiseen arviointiin valittiin yhdentoista ohjauskeinon kokonaisuus. Ohjauskeinoja arvioitiin vaikuttavuuden, kustannusten, hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden kriteerein. Arvioinnissa huomioitiin hankkeen yhteydessä järjestettyjen sidosryhmätyöpajojen ja kansalaispaneelin tulokset.

**Asiasanat:** metsäluonnon monimuotoisuus, lahopuu, metsätalouden vesistökuormitus, ilmastomuutoksen hillintä, hiilinielu, sopeutuminen, metsänhoito, talousmetsien luonnonhoito, ohjauskeinot, Suomi

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Laaja tiivistelmä .....</b>	<b>8</b>
1.1	Työn tavoitteet.....	8
1.2	Tunnistetut muutostarpeet metsien käytössä.....	8
1.2.1	Luonnon monimuotoisuus.....	8
1.2.2	Vesistöt.....	9
1.2.3	Ilmasto.....	10
1.2.4	Sopeutuminen.....	11
1.3	Toimenpidekokonaisuus.....	12
1.4	Toimenpidekokonaisuuden vaikutusarvio .....	14
1.4.1	Vaikutukset metsiin ja puun saatavuuteen.....	14
1.4.2	Vaikutukset monimuotoisuuden heikkenemiskehitykseen.....	14
1.4.3	Vaikutukset ekosysteemipalveluihin.....	16
1.4.4	Vaikutukset talouteen .....	17
1.5	Ohjauskeinoarviointi.....	18
1.6	Johtopäätökset ja suositukset .....	21
<b>2</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>Tunnistetut muutostarpeet metsien käytössä.....</b>	<b>25</b>
3.1	Näkökulma: luonnon monimuotoisuus.....	25
3.1.1	Monimuotoisuusosion tehtävänasettelu .....	25
3.1.2	Luonnonmetsän uudistuminen ja monimuotoisuudelle tärkeät rakennepiirteet.....	27
3.1.3	Lajiston ja luontotyyppien uhanalaisuus sekä siihen johtaneet syyt.....	33
3.1.4	Ekologian teoria: lajiston vaatima resurssimäärä ja lajien säilyminen.....	50
3.1.5	Monimuotoisuudelle tärkeät rakennepiirteet luonnon- ja talousmetsissä.....	52
3.1.6	Rakennepiirteiden tavoitetasojen laskenta talousmetsille .....	56
3.1.7	Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden minimitaso empiiristen havaintojen valossa.....	68
3.1.8	Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden kohdentamistavat.....	71
3.1.9	Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden tuottamistavat.....	99
3.1.10	Lähestymistavan yhteenveto .....	110
3.2	Näkökulma: Vesistövaikutukset .....	113
3.2.1	Taustaa .....	113
3.2.2	Toteutus.....	114
3.2.3	Metsätalouden aiheuttaman vesistökuormituksen vähentäminen.....	114
3.2.4	Toimenpidesuositukset.....	121

3.3	Näkökulma: ilmastovaikutukset .....	122
3.3.1	Taustaa .....	122
3.3.2	Maankäytön hiilinielujen ja -varastojen lisääminen ja ylläpitäminen .....	125
3.3.3	Metsien luontaisten hiilinielujen ja -varastojen lisääminen .....	127
3.3.4	Teknisten hiilinielujen ja -varastojen lisääminen .....	136
3.3.5	Metsien rooli ilmastotavoitteiden saavuttamisessa .....	136
3.4	Näkökulma: Sopeutuminen .....	138
3.4.1	Ilmastomuutos ja Suomen metsät.....	138
3.4.2	Ilmastomuutokset vaikutukset puustotuhoriskeihin .....	139
<b>4</b>	<b>Toimenpidekokonaisuus .....</b>	<b>141</b>
4.1	Toimenpidekokonaisuuden tavoitteet .....	141
4.2	Toimenpidekokonaisuuden kuvaus.....	142
4.2.1	Metsänhoidon vaihtoehtoista.....	142
4.2.2	Taimikonhoitoon ja hakkuisiin kohdistuvat toimenpiteet .....	142
4.2.3	Kuolleen ja järeän vanhan puun lisäämisestä.....	146
4.2.4	Hiilivaraston kehitykseen vaikuttamisesta.....	148
4.2.5	Hakkuiden ulkopuolelle jätettäviin alueisiin liittyvät toimenpiteet.....	149
4.2.6	Maanmuokkaukseen, ojitukseen ja vesienhallintaan kohdistuvat toimenpiteet .....	150
4.2.7	Maankäytön muutoksiin liittyvät toimenpiteet.....	151
4.2.8	Erytiskohteisiin liittyvät toimenpiteet.....	151
4.2.9	Puun käyttö .....	152
4.3	Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset metsiin, puun saatavuuteen ja käyttöön; skenaarioanalyysi .....	154
4.3.1	Tavoitteet .....	154
4.3.2	Toteutus.....	155
4.3.3	Puuston kehitysennusteet .....	158
4.3.4	Kehitysennusteiden toteutuksen arvio .....	165
4.3.5	Vaikutukset puun saatavuuteen.....	166
4.3.6	Vaikutukset puun käyttöön.....	167
4.4	Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset monimuotoisuuden heikkenemiskehitykseen .....	168
4.5	Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset ekosysteemipalveluihin.....	170
4.5.1	Tiedonkeruumenetelmä: Asiantuntija-arvio .....	171
4.5.2	Tulokset: laadullinen asiantuntija-arvio toimenpiteiden vaikutuksista ekosysteemipalveluihin.....	171
4.5.3	Toimenpidekokonaisuuden vaikutusarvio markkinattomien hyötyjen taloudelliseen arvoon .....	178
4.6	Toimenpidekokonaisuuden taloudelliset vaikutukset.....	184

<b>5 Ohjauskeinot .....</b>	<b>187</b>
5.1 Ohjauskeinovaihtoehtoja .....	187
5.2 Ohjauskeinojen arviointi .....	189
5.2.1 1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta .....	190
5.2.2 1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiseksi tuki .....	193
5.2.3 2. Lakisääteiset päätehakuiden ikä- ja läpimittarajat .....	195
5.2.4 3. Metsien hiilitukijärjestelmä .....	198
5.2.5 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta .....	201
5.2.6 4b. Korvaus 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä .....	203
5.2.7 5. METSO-suojelun laajentaminen .....	204
5.2.8 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus .....	206
5.2.9 7. Ojituksen haittaverot .....	209
5.2.10 8. Maankäytön muutosten hinnoittelu, sisältäen ilmasto- ja luontovaikutukset .....	210
5.2.11 9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki .....	213
5.2.12 10. Metsähakevero .....	214
5.2.13 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä .....	216
5.2.14 12. Tarkemmasta arvioinnista poisjätetyt ohjauskeinot .....	218
5.3 Ohjauskeinojen taloudellisten vaikutusten yhteenveto .....	219
5.4 Ohjauskeinoarvioinnin yhteenveto .....	220
<b>6 Poliittikkasuositukset .....</b>	<b>222</b>
<b>Viitteet .....</b>	<b>225</b>
<b>Liite A. Kriittisiä kynnyksarvoja .....</b>	<b>262</b>
<b>Liite B. Ohjauskeinojen taloudellisten vaikutusten arviointi .....</b>	<b>263</b>
<b>Liite C. Kansalaispaneelin kannanotto metsäpolitiikan ohjauskeinoihin .....</b>	<b>267</b>

# 1 Laaja tiivistelmä

## 1.1 Työn tavoitteet

Selvitystyön tavoitteena oli muodostaa tuoreimpaan tutkimustietoon perustuva näkemys metsien käytössä tarvittavista muutoksista luonto-, vesistö- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa sekä parhaista valtion ohjauskeinoista näiden muutosten toteuttamiseksi.

Suomi on sitoutunut saavuttamaan hiilineutraalisuuden vuoteen 2035 mennessä ja pysäyttämään luontokadon vuoteen 2030 mennessä Kunming–Montrealin luonnon monimuotoisuuskehyksen ja EU:n biodiversiteettistrategian mukaisesti, samalla kun EU:n LULUCF-asetus ohjaa lisäämään hiilinieluja ja vesipuidedirektiivi velvoittaa vähentämään metsätalouden vesistövaikutuksia sekä turvaamaan vesistöjen hyvän tilan viimeistään 2027. Hankkeen toimeksiannossa asetettiin tavoitteeksi saavuttaa nämä velvoitteet ja lisäksi Kunming–Montrealin kehyksen mukaisesti varmistaa ekosysteemien elinvoimaisuus vuoteen 2050 mennessä sekä sopeuttaa metsänhoito ilmastomuutokseen vahvistaen metsien resilienssiä.

## 1.2 Tunnistetut muutostarpeet metsien käytössä

### 1.2.1 Luonnon monimuotoisuus

**Uhanalaisuus ja sen syyt:** Suomen metsien luontotyypeistä 76 % on arvioitu uhanalaisiksi. Metsäluontotyyppien uhanalaistumisen yleisimpiä syitä ovat aiempi maankäyttö ja nyky metsänhoidossa luontotyyppien ekologisen laadun heikkeneminen (mm. lahopuun ja isojen, vanhojen puuyksilöiden niukkuus), sekä vanhojen ja luontaisesti uudistuneiden varhaiskukcession metsien vähyys.

Suomessa on 1 587 uhanalaista tai silmälläpidettävää metsälajia (9 % metsälajistostamme); merkittävien lajien uhanalaisuuden syy on vanhojen metsien ja vanhojen puiden väheneminen talousmetsissä ja toiseksi merkittävin on kuolleen puuston väheneminen.

Uhanalaisuus ei jakaudu tasaisesti: vanhat kangas- ja lehtometsät ovat ensisijainen elinympäristö noin kolmannekselle uhanalaisista metsälajeista, ja sekä lehtoluontotyypit että uhanalaiset lajit painottuvat maamme eteläosiin.

Pääosa uhanalaisista metsälajeista on riippuvaisia järeistä puista. Vanhat ja järeät puut ovat mm. epifyyttijäkälille elintärkeitä; vanhat, järeät puut takaavat myös järeän lahopuun jatkuksen ja näin hyödyttävät myös järeää lahopuuta vaativaa lajistoa. Suurin osa lehtipuista ja lehtisekapuustosta riippuvaisista uhanalaisista lajeista elää vanhoilla tai kuolleilla lehtipuilla; lehtipuuston määrä on hiljalleen kasvanut, mutta osuus koko puuston keskitilavuudesta ei juuri ole muuttunut 1990-luvulta (Koivula ym. 2025).

**Rakennepiirteiden tavoitetasot ekologian teorian ja empiiristen havaintojen pohjalta:** Ekologian teorian ja empiiristen havaintojen perusteella tiedetään, että jos elinympäristön määrä vähenee luonnontilaiseen tasoon nähden alle 10–30 %:iin, kyseisestä elinympäristöstä riippuvaisten lajien esiintyminen vaarantuu ja runsaus vähenee voimakkaasti. Metsälajisto on evolutiivisen historiansa aikana sopeutunut metsien luontaiseen häiriödynamiikkaan ja sen

tuottamiin rakennepiirteiden määriin, joten luonnontilaisia metsiä tarkastelemalla voidaan arvioida tärkeiden rakennepiirteiden vähimmäismääriä.

Selvityksessä muodostetussa toimenpidekokonaisuudessa sovelletaan rakennepiirteisiin 15–30 % määrätasoa suhteessa niiden luontaiseen määrään, jolloin tavoitemääräksi saadaan – kasvupaikkatyyppistä riippuen – vanhoja, järeitä eläviä puita hemi–keskiboreaalaisella vyöhykkeellä 3–20 ja pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä 6–20 kpl/ha ja kuollutta puuta hemi- ja keskiboreaalaisella vyöhykkeellä 10–43 ja pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä 5–22 m<sup>3</sup>/ha.

**Taulukko 1.** Tavoitearvot kuolleelle puulle ja järeille vanhoille puille eri kasvupaikkatyypeissä.

Kasvupaikkatyyppi	Kuollut puu (m <sup>3</sup> /ha)		Järeä vanha puu (kpl/ha)	
	Hemi–keski-boreaalinen	Pohjois-boreaalinen	Hemi–keski-boreaalinen	Pohjois-boreaalinen
Lehtomainen	21–43	11–22	10–20	6–12
Tuore	17–34	9–17	5–9	6–12
Kuivahko	15–29	8–15	3–7	10–20
Kuiva	10–20	5–10	3–7	9–17

Kun saatuja tavoitemääriä verrataan tämänhetkisiin rakennepiirremääriin eri osissa Suomea ja eri kasvupaikkatyypeillä, havaitaan vajausta erityisesti eteläisessä Suomessa ja rehevimmillä kasvupaikoilla. Yleistäen voidaan sanoa, että tarkasteltavan alueen eteläisyys ja tuottavuus korreloivat positiivisesti lajiston rikkauden kanssa. Myös uhanalaisten lajien määrä on Suomessa korkeampi etelässä kuin pohjoisessa ja toisaalta rehevämmissä kuin karummissa luontotyypeissä. Uhanalaistumisen pysäyttämiseksi olisi näin ollen erityisen tehokasta kohdistaa tehostettua luonnonhoitoa eteläisen Suomen rehevimmille kasvupaikoille, mutta koska karummillakin luontotyypeillä on omaa, uhanalaistakin lajistoaan, on myös ne huomioitava suo- jelu- ja luonnonhoitoratkaisuissa.

### 1.2.2 Vesistöt

Metsätalous ja erityisesti metsäojitus aiheuttavat huomattavasti suurempaa vesistökuormitusta kuin ajateltiin vielä muutamia vuosia sitten. Rehevöittävän kuormituksen (typpi ja fosfori) lisäksi huomattavaksi ongelmaksi on muodostunut myös orgaanisen aineen ja raudan vesistökuormituksen kasvu, mikä on aiheuttanut muun muassa vesistöjen laaja-alaista tummumista. Veden tummuminen heikentää valon etenemistä ja vaikuttaa siten vesien ekologiaan.

Metsätalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan periaatteessa torjua kahdella tavalla: 1) metsätalouden toimet voidaan suunnitella ja mitoittaa niin, että kuormitusta ei synny tai se on hyvin vähäistä, ja 2) kuormitusta voidaan torjua pidättämällä ravinteet vesiensuojelurakenteen avulla ennen kuin ravinteet purkautuvat soilta ja metsistä vesistöihin. Näistä kuormituksen synnyn ehkäisy olisi usein kustannustehokkaammin toteutettavissa.

**Kuormituksen synnyn ehkäisy:** avainasemassa on kunnostusojituksen tarpeellisuuden kriittinen arviointi. Ojitusten vesistövaikutukset ovat niin merkittäviä, että ojituksia ei tulisi tehdä muulloin kuin silloin, kun ne ovat ehdottoman välttämättömiä puuston kasvun ja terveyden näkökulmasta eivätkä aiheuta vakavia ympäristöhaittoja. Ojituksia suunniteltaessa tulisi aina ottaa huomioon ojitusalueen todellinen kuivatustarve, ojaverkoston kunto ja turpeen alaisen

pohjamaan laatu. Vesistökuormitusta voidaan torjua tehokkaasti myös säätelemällä hakkuiden voimakkuutta joko poistettavan puuston määrää tai käsittelypinta-aloja rajoittamalla. Vesistökuormitusta on mahdollista vähentää myös metsiköiden kiertoaikaa pidentämällä, välttämällä maanmuokkauksessa ojitus- ja naveromätästystä sekä siirtymällä jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon.

**Kuormituksen pidättäminen vesiensuojeluratkaisuin:** Suomen olosuhteissa kuormituksen pidättäminen vesiensuojeluratkaisuin on hyvin haasteellista, sillä valtaosa valunnoista ja kuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella. Tämä vaikeuttaa esimerkiksi vesien biologista puhdistamista, joka voi olla tehokasta vain lämpimään aikaan. Lisäksi kiintoaineen ja ravinteiden pidättäminen silloin, kun pitoisuudet ovat alhaisia, mutta valuvat vesimäärät suuria, on vaikeaa. On myös yleistä, että kiintoaine sekä veteen liuenneet epäorgaaniset ja orgaaniset yhdisteet vaativat erityyppisiä ratkaisuja – yksi ratkaisu harvoin pidättää kaikkea kuormitusta. Lähinnä vain laajat pintavalutuskosteikot, kuten luonnontilaiset suot voivat toimia tehokkaana kuormituksen pidättäjänä. Niiden etuna on veden pitkäaikainen viipymä, mikä mahdollistaa kiinteän kontaktin vesissä virtaavien aineiden ja pidätysprosessien, kuten kasvillisuuden ravinteiden oton ja turpeen ravinteiden pidätyksen välillä ja sen, että esimerkiksi talvikaudella kosteikolle virranneet ravinteet voivat olla kosteikolla edelleen, kun niitä poistavat biologiset tai kemialliset prosessit aktivoituvat lämpimämpään aikaan. Kosteikoiden haasteena on kuitenkin se, että tehokas orgaanisen hiilen poisto valumavesistä näyttäisi edellyttävän hyvin suuria kosteikoita. Lisäksi luonnontilaiset kosteikot on pääosin menetetty ojitusten myötä, joten kosteikko joudutaan usein rakentamaan ennallistamalla osa ojitettua suota, mikä aluksi lisää vesistökuormitusta.

### 1.2.3 Ilmasto

Suomen LULUCF-sektorin EU-velvoitteet ja oma vuodelle 2035 asetettu hiilineutraalisuustavoite luovat tarpeen voimistaa yleisesti maankäyttösektorin ja erityisesti metsien hiilinielua. Suomen ilmastopaneelin arvion mukaan vuonna 2035 metsämaan ja puutuotteiden katettavaksi jäävä päästökiluu vuonna 2035 olisi 23 Mt, kun 3,4 Mt:n tekniset hiilinielut huomioidaan. Olettaen metsämaan maaperäpäästöjen olevan KEITO WEM-L-skenaariolla tasolla 15,8 Mt, puutuotteiden nielun -1 Mt ja nielua voimistavat toimet (jatkuva kasvatus turvemaidella 1 Mt, kuolleen puun poiston ja murskaantumisen välttäminen 0,6 Mt ja metsäkadon hillintä 0,7 Mt), jää metsien kasvibiomassan nielutarpeeksi noin 35,5 Mt. Tämä tarkoittaisi vuoteen 2035 mennessä nielun voimistamista noin 22,5 Mt:lla verrattuna vuoden 2023 tasoon (-12,9 Mt).

Metsien hiilinieluun eli hiilivaraston nettokasvuun voidaan vaikuttaa monin tavoin. Tässä tarkastelu keskittyy elävän puuston ja kuolleen puun hiileen. Koska puuston hiilinielua määrittää puuston kasvun ja poistuman erotus, keskeisiä keinoja sen voimistamiseksi ovat kasvun lisäämiseen pyrkivät toimet (esim. metsälannoitus, jalostettu taimiaines, metsitys) sekä biomassan poistumaa vähentävät toimet (esim. metsäkadon välttäminen, harvennusten tekeminen maltillisina ja päätehakkuiden viivästäminen). Kasvuun vaikuttavat toimet ovat tyypillisesti melko hitaita, mutta vastaavasti niiden aiheuttamat taloudelliset kustannukset ovat maltillisia. Poistuman hallintatoimet ovat vaikutuksiltaan nopeita, mutta ne puolestaan aiheuttavat taloudellisia kustannuksia etenkin puuta käyttävässä teollisuudessa. Kuolleen puun hiilinielun kannalta tärkeää on kuolleen puun säästäminen ja sen murskaantumisen estäminen metsissä.

Puuston lisäksi metsänieluun vaikuttavat maaperän hiilensidonta ja päästöt, joista ojitettujen turvemaiden päästöt ovat metsänielun kannalta huomattavan suuret. Niiden hallintaan

liittyvät toimet keskittyvät pohjaveden pinnan korkeuden säätelyyn ja ovat oleellinen osa maankäyttösektorin ilmatotoimien kokonaisuutta Suomessa. Turvemaametsissä onkin tasapainoiltava puustonielun ja maaperäpäästöjen välillä.

Sekä luonnon monimuotoisuutta lisäävät että vesistökuormitusta hillitsevät toimet voimistavat metsämaan hiilinielua merkittävästi, jos niitä korvaavia lisähakkuita ei tehdä muualla. Vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan myös erillisiä ilmastotavoitteita tukevia muutoksia metsien hoitoon ja käyttöön. Tehtyjen arvioiden mukaan biomassan kasvua lisäävät toimet eivät ehdi riittävästi voimistaa hiilinielua 2035 mennessä. Tästä syystä tavoitteen saavuttaminen näyttäisi vaativan hakkuukertymää alentavia toimia.

#### **1.2.4 Sopeutuminen**

Ilmastonmuutos vaikuttaa Suomen metsiin esimerkiksi kasvuedellytysten, tuhoriskien ja lajistoon kohdistuvien muutosten kautta. Vaikutusten huomioiminen metsänhoidossa on ilmastonmuutokseen sopeutumista. Metsätalouden pitkien aikaskaalojen vuoksi tulevat muutokset kasvuolosuhteissa ja tuhoriskeissä tulisi huomioida jo nyt metsää käsiteltäessä ja erityisesti uudistettaessa. Ilmastonmuutos sekä tavat, joilla siihen metsätaloudessa sopeudutaan, vaikuttavat merkittävästi puun tarjontapotentiaaliin.

Kasvava lämpösumma ja lisääntyvä hiilidioksidin määrä ilmassa lisäävät puuston kasvuedellytyksiä, mutta esimerkiksi lisääntyvät kuivuusjaksot heikentävät niitä, etenkin kuusella. Männyn ja koivun tuotoksen voidaan odottaa kasvavan, mutta kuusen osalta on enemmän heikentäviäkin näkymiä. Kasvumuutokset voimistuvat ilmastonmuutoksen edetessä. Tämän vuoksi kasvumuutoksia on odotettavissa erityisesti vasta vuosisadan puolivälin aikoihin ja sen jälkeen.

Lämpenemisen seurauksena monet tuhoriskit voimistuvat: Monet eliöiden aiheuttamat eli biotiset tuhot voimistuvat ja uusia tuhonaiheuttajia leviää Suomeen. Lisäksi roudaton kausi pitenee lisäten tuulituhojen riskiä. Tuhoriskien kasvu on odotettavissa jo lähivuosisikymmeninä. Koska tulevaisuudessa tuhoriskejä myös realisoituu nykyistä enemmän, yhä suurempi osa puun tarjonnasta tulee puustotuhokohteilta. Tuhokohteissa puutavaralajien saannossa painottuvat vähempiarvoiset kuitu- ja energiapuujakeet.

Voimakkaiden tuulten ja myrskyjen arvioidaan tulevaisuudessakin pysyvän merkittävimpanä tuhonaiheuttajana Suomessa. Tuulituhoihin voidaan sopeutua suosimalla sekapuustoa, harventamalla puustoa maltillisesti ja mahdollisesti myös siirtymällä jatkuvapelliteiseen kasvatukseen. Kuusi on puulajeistamme alttein tuulituhonille. Kuusella lisäksi mahdollinen kirjanpainajatuhojen lisääntyminen tuulituhojen jälkeen nostaa kokonaistuhoriskiä.

Kuusen tyvilahoa aiheuttava juurikäpää aiheuttaa nykyisellään Suomessa yli 50 miljoonan euron vuosittaiset tappiot metsänomistajille. Suorien puutavaran laatuun liittyvien tappioiden lisäksi juurikäpää heikentää juuriston ankkurointikykyä tuulta vastaan ja todennäköisesti altistaa puita myös kirjanpainajan hyökkäyksille. Metsänhoidon toimenpiteistä tärkeimpiä juurikäävän kannalta ovat oikea-aikainen ja huolellinen kantokäsittely hakkuiden yhteydessä, jolla estetään uusien tartuntojen leviäminen metsiköihin. Harvennusten toteutus maltillisina vähentää juurikäävän leviämistä saastuneissa metsiköissä, sillä sienien kasvunopeus on hitaampi elävissä puissa kuin kantojen juuristoissa. Ilmaston lämmitessä juurikäävän kasvukausi pitenee lisäten tuhoja. Niitä lisää myös routakauden lyheneminen, mikä altistaa puustoa aikaisempaa enemmän korjuuvaurioille.

Toisin kuin Keski-Euroopassa ja Etelä-Ruotsissa, Suomessa kirjanpajien aiheuttamat tuhot ovat toistaiseksi olleet paikallisia ja niiden taloudellinen vaikutus metsissä pieni verrattuna muihin tuhonaiheuttajiin. Ilmaston lämmetessä erityisesti Etelä-Suomessa kirjanpajan aiheuttamien tuhojen arvioidaan lisääntyvän merkittävästi. Kirjanpajaja ja muut kaarnakuoriaiset hyötyvät puiden vastustuskyvyn alenemisesta muiden tuhonaiheuttajien, kuten kuivuuden tai sienitautien, aiheuttamana. Kirjanpajatuhoihin voidaan sopeutua mm. monipuolistamalla puulajivalikoimaa, kasvattamalla sekapuustoja ja keventämällä harvennuksia säilyttäen kirjanpajajille epäedullinen viileämpi mikroilmasto. Pidennetyt kiertoajat etenkin Etelä-Suomen kuusikoissa kasvattavat mm. kaarnakuoriaisten aiheuttamaa tuhoriskiä.

Tuhojen kasvuun ja kohdentumiseen liittyy paljon epävarmuuksia. Metsätalouden merkittävin sopeutumistoimenpide onkin riskien hajauttaminen monipuolistamalla kasvatettavaa puustoa ja lisäten sekapuustoisuutta. Puustotuhot linkittyvät toisiinsa tilassa ja ajassa (esim. tuulituhot tietyllä alueella kasvattavat koko alueen kirjanpajatuhoja). Metsänhoidon suunnittelu aluetasolla yli kiinteistörajojen mahdollistaisi metsänhoitotoimenpiteiden kohdentamisen oikeille kohteille. Lisäksi metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen esimerkiksi lahoppuun määrää kasvattamalla parantaa metsien resistenssiä puustotuhoja vastaan, kun tuhoönteisten luontaiset viholliset säilyvät elinvoimaisena osana ekosysteemiä.

Ilmastonmuutos muuttaa myös muuta eliöläjistoa; lajien keskinäiset runsaussuhteet ja levinneisyysalueet muuttuvat; osa lajeista hyötyy, osa kärsii ilmastonmuutoksesta. Näitä muutoksia voi hillitä se, jos lajistolle on saatavilla niille optimaalisia elinympäristöjä ja/tai riittävästi ruokailu- ja lisääntymisresursseja, sillä tällöin lajeihin kohdistuu merkittävästi vähemmän stressitekijöitä. Viimeisimmässä uhanalaisuusraportissa esitetyissä aidoissa metsälajien uhanalaisuusluokan muutoksissa (jotka siis johtuvat lajin todellisesta runsauden, esiintymien tai levinneisyyden muutoksista, eivät lisääntyneestä tiedosta) valtaosa positiivisista muutoksista koskee eteläisiä lehtipuilla eläviä lajeja, jotka hyötyvät lämpenemisestä. Vastaavasti negatiivisia luokkamuutoksia dominoivat boreaalisten metsien lajit, joiden vähenemisen tai levinneisyysmuutoksien taustalla voivat ilmastonmuutoksen ohella usein olla muutokset maankäytössä. Levinneisyysalueiden muutoksia on jo dokumentoitu Suomessa; niissä näkyvät edellä kuvatut trendit, mutta myös joukko maahamme levittäytyviä tulokaslajeja. Esimerkki ilmaston lämpenemisen myötä levittäytyvästä lajista Etelä-Suomen metsissä on tulipäähippiäinen (*Regulus ignicapilla*), jonka ensipesintä maassamme todettiin 2020, mutta jolla todennäköisiä tai varmoja pesintöitä on päätymässä olevassa lintuatlaksessa jo noin 50.

### 1.3 Toimenpidekokonaisuus

Luonnostellulla toimenpidekokonaisuudella pyritään saavuttamaan Suomen metsille asetetut ympäristötavoitteet. Toimenpidekokonaisuus rakennettiin niin, että se käynnistää keskeisten heikentyneiden rakennepiirteiden määrän kasvun kohti tasoa, joka turvaa ekosysteemien elinvoimaisuuden. Lisäksi se vähentää metsätalouden vesistövaikutuksia ja vahvistaa metsien hiilinielua. Toimenpidekokonaisuus on pyritty rakentamaan niin, ettei se lähtökohtaisesti ota kantaa valittuun metsänhoitotapaan (jaksollinen tai jatkuvapeitteinen), vaan ehdotetut toimenpiteet tulee toteuttaa metsänhoitotavasta riippumatta. Toimenpidekokonaisuus kuitenkin kohdistaa jatkuvapeitteistä kasvatusta turvemaille ja alaville kankaille.

Toimenpidekokonaisuudessa jätetään merkittävästi nykyistä enemmän säästöpuuta, säästetään erityisesti vanhoja, isoja puita suosien lehtipuulajeja, tuotetaan aktiivisesti lahoppuuta tekopökelöin, säästetään jo olemassa olevaa kuollutta puuta ja lisätään lehtipuusuoksia niissä

havumetsissä, joissa se on luontaista. Pienvesille asetetaan 10 metrin suojavaöhykkeet, joilla ei tehdä hakkuita. Ilmastotoimina kivennäismailla kevennetään harvennuksia ja jaksollisessa metsänhoidossa pidennetään kiertoaikoja tuhoriskien puitteissa. Vesienhallintatoimina ojitusta vähennetään ja mm. perustetaan vesiensuojelukosteikkoja. Kaikki toimenpiteet ja niiden vaikutukset monimuotoisuuskehitykseen, vesienlaatuun, ilmastoon ja ilmastomuutokseen sopeutumiseen on esitetty alla (Taulukko 2).

Toimenpidekokonaisuutta ei toteuteta kaikissa metsissä samalla tavalla, vaan noudatetaan 10/20/70 -periaatetta, jossa suojeltu metsämaan ala nostetaan 10 prosenttiin myös Etelä-Suomessa, 20 prosentilla alasta tehdään toimet voimakkaampina (lahopuun ja pitemmällä aikavälillä järeiden ja samalla vanhojen puiden tavoitetasot 30 % luonnontilan tasosta) ja lopussa 70 prosentissa maltillisempina (tavoitetasot 15 % luonnontilan tasosta). Jaottelu tukee EU:n biodiversiteettistrategian suojelutavoitteita ja kustannustehokkuutta. Toimenpidekokonaisuudessa suojelu ja voimakkaammat toimet kohdistetaan kohteisiin, joissa niiden ekologisen hyödyn arvioidaan olevan suurin: voimakkaammat toimet suunnataan rehevimmille kasvupaikoille ja suojelualueiden läheisyyteen elinympäristöjen kytkeytyneisyys huomioiden.

**Taulukko 2.** Yhteenveto toimenpiteistä ja niiden vaikutuksista, arviointiasteikko (--/-/0/+ / ++). Kysymysmerkki osoittaa merkittävät tietopuutteet.

Toimenpide	Monimuotoisuus	Vesistöt	Ilmasto	Sopeutuminen
<b>BIODIVERSITEETTI</b>				
Arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisista perusteista	++	++	+	+
Elävien säästöpuiden jättäminen	++	+	++	+
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	++	+	+	+
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	++	+	+	++
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	++	+	+	+
Kulotuksen lisääminen	++	+	-	+
Suojelualueiden lisääminen	++	++	+	+
Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito	++	+	-	+
<b>VESIENSUOJELU</b>				
Suojaöhykkeet kaikkien pienvesien varteen	++	++	+	+
Pintavalutuskentät	?	++	?	+
Virtaamanhallinta ja patorakenteet	?	++	?	+
Vesiensuojelukosteikkojen perustaminen	+	++	+	++
Uudisojituksista luopuminen ja kunnostusojitusten välttäminen	++	++	++	+
Jatkuva kasvatus turvemilla ja alavilla kankailla	+	++	+	+
<b>ILMASTO</b>				
Metsäkadon välttäminen	++	+	++	+
Metsittäminen	0	0	+	?
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	0	0	++	?
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	?	0	+	+
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	++	+	++	0
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	-	-	++	?
Lannoitukset turvemilla (yleensä tuhkalannoitus)	-	0	+	?
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	+	+	++	-
Runkopuun ja kuolleiden puun energiakäytön vähentäminen	++	++	+	+
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	+	0	+	0
Soiden ennallistaminen	++	++	+/-	+
Turvetuotantoalueiden ennallistaminen	+	++	+	+

## 1.4 Toimenpidekokonaisuuden vaikutusarvio

### 1.4.1 Vaikutukset metsiin ja puun saatavuuteen

Toimenpidekokonaisuus vaikuttaa metsiin lisäämällä tavoiteltavia rakennepiirteitä. Toimenpiteet muuttavat hakkuukertymiä, mikä vaikuttaa suoraan puun saatavuuteen ja käyttöön. Näitä vaikutuksia tarkasteltiin Motti-ohjelmistolla tehdyllä ennustelaskennalla. Ennustelaskennassa toimenpidekokonaisuutta ei pystytty toteuttamaan täsmällisesti, mutta se antaa kuvan tarkasteltujen toimenpiteiden vaikutuksista ja muutoksen aikajännteistä. Laskennan perusura kuvasi ”nykymeno jatkuu”-tulevaisuus, joka pohjautui tilastoituihin toimenpidepinta-aloihin ja hakkuumääriin (hakkuukertymä noin 73 milj. m<sup>3</sup>).

Edellä esitetty metsänielun voimistamistarve mallinnettiin niin, että ennustelaskennassa elävän puuston (eli metsämaan kasvibiomassan) vuotuiseksi nielutavoitteeksi asetettiin 35,5 Mt. Vuoden 2023 tasoon verrattuna tämä tarkoittaisi 22,5 Mt lisäystä vuonna 2035. Ennustelaskelmasa myös perusurassa puuston nielu voimistuu nykytasostaan, joten toimenpidekokonaisuudella tuotettu puuston vuotuisen nielun lisäys oli tarkastelujaksolla keskimäärin 17 Mt perusuraan verrattuna.

Ennustelaskelmasa toimenpidekokonaisuus lisäsi puuston tilavuutta lisäämällä aluksi hieman nettokasvua mutta erityisesti vähentämällä hakkuupoistumaa koko tarkastelujaksolla. Yhteisvaikutuksena puuston määrä kasvoi toimenpiteiden myötä tarkastelujaksolla keskimäärin 12,5 milj. m<sup>3</sup> vuodessa enemmän. Lehtipuiden suosiminen nosti lehtipuiden keskitilavuutta, muttei suhteessa koko puustoon, koska havupuiden tilavuuskasvu oli myös voimakasta. Järeitä lehtipuuta sisältävien metsien ala kasvoi absoluuttisesti ja myös suhteessa perusuraan.

Kuolleen puun tilavuudet kasvoivat ennustelaskennan perusurassa. Toimenpidekokonaisuus lisäsi kuolleen puun määrää perusuraan verrattuna. Keskeinen ajuri laskennassa oli luontaisen kuolleisuuden kasvu perusuraan verrattuna säästöpuiden ja tekopökelöiden myötä. Laskennassa ei pääsääntöisesti saavutettu kuolleen puun määrätavoitteita. Siinä ei kuitenkaan huomioitu toimenpidekokonaisuuden kaikkia kuolleen puun määrää lisääviä toimia, joten toimenpidekokonaisuuden vaikutus kuolleen puun määrään on luultavasti suurempi.

Vuotuinen hakkuukertymä aleni toimenpidekokonaisuuden seurauksena keskimäärin 11 milj. m<sup>3</sup>, josta 9 milj. m<sup>3</sup> ainespuuta ja 2 milj. m<sup>3</sup> energiarankaa. Lehtipuulle, joita pyrittiin säästämään, suhteellinen alenema oli suurinta (22 %). Myös kuusitukin kertymä aleni merkittävästi (17 %), männyn alenema oli vähäisintä (10 prosenttia).

### 1.4.2 Vaikutukset monimuotoisuuden heikkenemiskehitykseen

Toimenpidekokonaisuus hyödyttää laajasti metsälajistoa, potentiaalisesti myös pääosaa metsien uhanalaisista lajeista. Kysymys siitä, riittääkö toimenpidekokonaisuus monimuotoisuustavoitteeseen pääsemiseksi, koskeekin ennen kaikkea toimenpiteiden mitoitusta, kohdentamista ja aikataulutusta.

Mitoituksen osalta keskeinen tässä tarkasteltu tekijä on lahoppuun määrä hehtaaria kohti. Kohdetasolla 20 m<sup>3</sup>/ha ylittävä määrä taannee sen, että kohteella kykenee elämään edes muutama uhanalainen lahoppulaji, mutta kaikkia lahoppulajeja se ei riitä turvaamaan, ellei tarkastelualueella ole myös kohteita, joissa lahoppuun määrä on korkeampi. Toimenpidekokonaisuudessa ehdotetut säästöpuu- ja tekopökelömäärät eivät siis yksin riitä lahoppulajien

kehityksen kääntämiseen, vaan lahopuujatkumo edellyttää lisäksi toimenpidekokonaisuuteen sisältyviä suojavyöhyke-, luontokohde- ym. toimia. Hakkuiden ulkopuolelle jätettäviä alueita koskevat toimenpiteet vaikuttavatkin osaltaan voimakkaasti lahopuumäärään ja varsinkin - jatkumoon, sillä niissä lahopuun määrä kehittyy kohti luonnontilaista tasoa.

Kuollutta ja järeää puuta lisäävien toimenpiteiden kohdentaminen on olennaista monimuotoisuustavoitteen kustannustehokkaassa saavuttamisessa. Kohdentamiseen on toimenpidekokonaisuudessa pyritty mm. erottelemalla kuolleen puun ja järeän vanhan puun tavoitetasot kasvupaikkatyypeittäin ja ilmastovyöhykkeittäin, kohdistuen korkeat tavoitetasot etenkin niille kasvupaikkatyypeille ja ilmastovyöhykkeille, joilla kuolleen puun ja järeän puun määrät olisivat luonnontilassakin korkeita. Tärkeää on myös pyrkimys kohdistaa korkean tavoitetaso toimia suojelualueiden läheisyyteen ja muuten kytkeytyneisyys huomioiden sekä eteläiseen Suomeen.

Metsien suojelun kannalta sekä mitoitus että kohdentaminen vaikuttavat keskeisesti tuloksiin. Suomen metsämaahan sovellettuna 10 % suojelupinta-ala tarkoittaisi noin neljän prosenttiyksikön lisäsuojelua nykyisen noin 6 %:n päälle. Tällä hetkellä metsien suojelu on voimakkaasti painottunut Pohjois-Suomeen ja karuille kasvupaikoille. Jos toimenpidekokonaisuuteen sisältyvään 10 %:n suojeluosuuteen pyrittäisiin tasaisemmin eri puolilla Suomea, se tarkoittaisi etelässä jo varsin huomattavaa lisäsuojelua. Mitä suurempi osuus suojelualasta on rehevien kasvupaikkojen metsiä, sen parempi uhanalaisen lajiston ja luontotyyppien kannalta, vaikka tällaiset metsät ovat tyypillisesti puuston myyntiarvoltaan arvokkaimpia yksityismaita.

Toimenpidekokonaisuus – sisältäen lisäsuojelua ja luonnonhoitotoimia – oletettiin tehtäväksi hyvin nopeasti, ja alkuperäisinä tavoitteina olikin pysäyttää monimuotoisuuden heikkeneminen vuoteen 2030 mennessä ja suotuisan kehityksen vakiinnuttaminen 2050 mennessä. Ehdotettu 10 % tiukan suojelun taso voidaan poliittisen tahdon ja resurssien salliessa toteuttaa heti, mutta suojelu sinänsä ei heti lisää arvokkaiden rakennepiirteiden määrää, ellei suojelupäätökseen yhdistetä esimerkiksi kuollutta puuta lisäävää ennallistamista. Lisäsuojelun olisi myös kohdistuttava monimuotoisuudeltaan arvokkaimpiin metsiin. Kuolleen puun sekä suurten ja samalla vanhojen puiden tavoitetasoihin pääseminen talousmetsäalueilla ehdotetussa laajuudessa vie vähintään muutamia vuosikymmeniä. Kuolleen puun määrä kehittyisi paljolti muiden metsätaloustoimien (harvennukset, pääte- ja muut hakkuut jne.) ja säästettyjen puiden (uudistusalojen säästöpuut, luontokohteet ja suojavyöhykkeet) kuolevuuden määräämässä tahdissa, mutta kehitystä voidaan nopeuttaa tekopötkelöiden avulla ja näin säädellä kuolleen puun kehitystä tavoitetasoja kohti. Suurten ja samalla vanhojen puiden tavoitetasojen saavuttaminen sijoittuu väistämättä kauemmaksi tulevaisuuteen, koska niitä saadaan vain ajan kanssa, säästämällä. Vanhojen puukäluokkien osuutta metsämaisemassa voidaan toki lisätä nopeamminkin suojelumetsien osuutta kasvattamalla.

Edellä sanotun valossa (suojelun ja luonnonhoidon dokumentoidut lajistovaikutukset ja ehdotettujen toimenpiteiden suuruusluokka) arvioimme, että toimenpidekokonaisuuden tuloksena metsälajien uhanalaisuus lieventyisi selvästi ja yleinen uhanalaistumiskehitys vakiintuisi myönteiselle uralle 2050 mennessä. Niiden uhanalaisten metsälajien osuus, joiden tilanne vuoden 2050 aikaperspektiivissä havaittavasti paranisi, voisi olla 10–30 % suuruusluokkaa.

### 1.4.3 Vaikutukset ekosysteemipalveluihin

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan ekosysteemien ihmisten hyvinvoinnille tuottamia hyötyjä. Ekosysteemipalvelut jaettiin kolmeen pääluokkaan: tuotantopalveluihin, säätely- ja ylläpito-palveluihin ja kulttuuripalveluihin. Tuotantopalvelut käsittävät ekosysteemeistä saatavan ravinnon, materiaalin ja energian. Säätely- ja ylläpito-palveluilla tarkoitetaan erilaisia tapoja, joilla ekosysteemit ylläpitävät ja säätelevät ympäristöä, jolla on vaikutusta ihmisen terveyteen, turvallisuuteen tai mukavuuteen. Ne sisältävät ekosysteemien prosessit, jotka hajottavat jätteitä, myrkyllisiä aineita ja muita haittoja sekä prosessit, jotka säätelevät ympäristön fysiokemikaalisia ja biologisia ominaisuuksia ihmisille suotuisasti. Kulttuuripalveluilla tarkoitetaan kaikkia ekosysteemien aineettomia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat ihmisten fyysiseen ja henkiseen hyvinvointiin.

Tämän jaottelun mukaisesti tunnistettiin metsien tuottamia ekosysteemipalveluita, joille tuotettiin vaikutusarviot Luken ja Syken tutkijoiden asiantuntija-arvioihin perustuen. Asiantuntijat eivät pystyneet arvioimaan kaikkien toimenpiteiden vaikutuksia kaikkiin ekosysteemipalveluihin vaan arviossa ilmeni myös tietopuutteita.

Taulukkoon 3 on koostettu yhteen vaikutusarviot ekosysteemipalveluittain. Tuotantopalveluiden osalta toimenpidekokonaisuuden arvioitiin vaikuttavan riistaan, porotalouteen ja eliö-lajien geneettiseen materiaaliin pääosin positiivisesti. Vaikutukset marjastukseen olivat vaihtelevat. Säätely- ja ylläpito-palveluista toimenpidekokonaisuuden vaikutukset olivat pääosin positiiviset ravinteiden ja kiintoaineiden sitomiseen, tulvasuojeluun, eroosion hallintaan ja vesivirtojen säätelyyn, maaperän hiilensidontaan sekä elinkierron ylläpitoon ja elinympäristöjen suo-jeluun. Tuholaisten ja vieraslajien torjuntaan ja tautien torjuntaan vaikutusten arvioitiin vaihtelevan ja niiden arvioitiin suurelta osin olevan vähäisiä. Makean veden ja meriveden kemialli-sen laadun säätelyyn (orgaanisen hiilen valunta) tunnistetut vaikutukset arvioitiin pääosin po-sitiivisiksi, mutta arviossa tunnistettiin myös paljon toimenpidekohtaisia tietopuutteita. Arvi-ossa mukana olleisiin kulttuuripalveluihin eli metsässä virkistäytymiseen, kulttuuriarvoihin ja maiseman kauneuteen toimenpidekokonaisuuden vaikutukset arvioitiin pääosin positiivisiksi.

**Taulukko 3.** Toimenpidekokonaisuuden arvioidut vaikutukset ekosysteemipalveluittain

<b>Tuotantopalvelut</b>	Riista	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Porotalous	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Marjastus	Vaikutukset vaihtelevat
	Eliö-lajien geneettinen materiaali	Pääosin positiiviset vaikutukset
<b>Säätely- ja ylläpito-palvelut</b>	Tuholaisten ja vieraslajien torjunta, tautien torjunta	Vaikutukset vaihtelevat, suurelta osin vähäiset vaikutukset
	Ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Tulvasuojelu, eroosion hallinta, vesivirtojen säätely	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta)	Tunnistetut vaikutukset pääosin positiivisia, mutta paljon tietopuutteita
	Maaperän hiilensidonta	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Elinkierron ylläpito, elinympäristöjen suo-jelu	Pääosin positiiviset vaikutukset
<b>Kulttuuripalvelut</b>	Metsässä virkistäytyminen	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Kulttuuriarvot, maiseman kauneus	Pääosin positiiviset vaikutukset

Merkittävä osa tarkastelluista ekosysteemipalveluista on luonteeltaan markkinattomia. Ympäristötaloustieteen tieteenalalla on markkinattomien hyötyjen arvioimiseksi useita menetelmiä, kuten valintakoemenetelmä ja ehdollinen arvottaminen. Kirjallisuustarkastelun pohjalta ilmasto- ja monimuotoisuustavoitteiden saavuttamisen arvoa voidaan tarkastella parhaiten Mäntymaa ym. (2023) tutkimuksen perusteella. Tässä tutkimuksessa käytettiin valintakoemenetelmää, joka mahdollistaa erilaisten arvottamisskenaarioiden arviointia.

Luonnon monimuotoisuus- ja metsien hiilinielutavoitteiden saavuttamisen hyötyarvio on Mäntymaa ym. (2023) hyödyntäen tehdyn laskelman perusteella noin 3,3–7,3 miljardia euroa vuodessa. On huomioitava, että näistä arvioista puuttuvat vesien tilaa parantavan tavoitteen arvot, sekä laajempaan metsäluonnon resilienssiin liittyvän tavoitteen arvot. Tulos on keskiarvo - Mäntymaa ym. (2023) huomioivat, että kansalaiset voidaan jakaa mieltymysten pohjalta viiteen ryhmään, jotka ovat vahvasti erilaisia. Toisiin lähteisiin pohjaten voidaan arvioida, että vesiensuojelutoimien vältettyjen haittojen arvo on 10–120 miljoonaa euroa.

#### **1.4.4 Vaikutukset talouteen**

Toimenpidekokonaisuuden taloudelliset vaikutukset arvioitiin Motti-mallinnuksen tuloksiin pohjaten. Olettaen, että metsäsektorin tuotantorakenne pysyy nykyisen kaltaisena eikä hakkukertymän alenemaa korvata tuontipuulla, puunkäytön vähenemä johtaa suoraan tuotannon vähenemiseen. Arvioinnissa keskeistä on puunkäytön muutos suhteessa toimialan kaikkien puuraaka-aineen käyttöön, mukaan lukien tuontipuu ja teollisuuden sivuvirrat. Keskeinen oletus oli, että metsähakkeen käyttö alenee, jolloin myös ainespuuta ohjautuu nykyistä vähemmän energiakäyttöön. Tämä vähentää toimenpidekokonaisuuden vaikutuksia metsäteollisuuden puunkäyttöön. Suurimmat suhteelliset puunkäytön alenemat kohdistuivat vaneriteollisuuteen ja mekaanisen ja puolikemiallisen massan tuotantoon. Vaikutukset saha- ja selluteollisuuteen olivat suunnilleen samalla tasolla. Näin arvioituina toimenpidekokonaisuuden myötä puutuoteteollisuuden tuotos laskisi 10 prosenttia ja paperi- ja massateollisuuden 11 prosenttia. Energiantuotannossa rankapuun väheneminen olisi n. 18 % viime vuosien kiinteiden puupolttoaineiden käytöstä lämpö- ja voimalaitoksissa.

Metsätaloudessa taloudellisen aktiviteetin muutokset olisivat moninaisemmat: puunmyyntitulot laskisivat toimenpidekokonaisuuden seurauksena, jollei puun hinnan nousu kompensoi hakkuiden alenemisen vaikutusta. Ilman hintamuutoksia, puunmyyntitulot laskisivat 15 prosenttia. Puunkorjuun määrä seuraa suoraan hakkuiden kehitystä. Metsänhoito ja metsätaloutta palveleva toiminta vähenevät hakkuiden määrän vähenemisestä, mutta erilaisen metsänhoito- ja luonnonhoitotoimien suunnittelun ja toteutuksen määrä kasvaa ja kompensoi hakkuiden laskun myötä tapahtuvaa vähenemää.

Arvonlisäyksen ja työvoiman tarpeen muutokset seuraavat tuotoksen muutoksia, koska oletuksena oli, että arvonlisän ja tuotoksen suhde pysyy nykyisellä tasolla ja työpanoskertoimet eivät muutu. Metsäsektorin arvonlisäys laskee yhteensä kymmenen prosenttia eli noin 870 miljoonaa euroa, josta puutuoteteollisuuden osuus on noin 180 miljoonaa, paperi- ja massateollisuuden noin 320 miljoonaa ja metsätalouden noin 370 miljoonaa euroa. Työvoiman tarve vähenee yhteensä noin 6 200 henkilötyövuotta, mikä jakautuu metsätalouden 2 100, puutuoteteollisuuden 2 200 ja paperi- ja massateollisuuden 1 900 työlliseen. Työn tuottavuuden kasvu pienentää näitä absoluuttisia vaikutuksia, muttei vaikuta suhteelliseen alenemaan, joka on kymmenen prosenttia.

Metsäsektorin toimialojen välillä on paljon kytköksiä, mutta kytköksiä on merkittävästi myös muihin kotimaisiin toimialoihin, kuten kuljetus- ja varastointi, energiahuolto, tukkukauppa ja kemikaalien valmistus. Metsäsektorin tuotannon aleneminen johtaa kerrannaisvaikutuksina muiden toimialojen tuotannon vähenemiseen, kun metsäsektorin käyttämien välituotteiden ja palvelujen tarve vähenee. Arvonlisä laskee muilla kuin metsäsektorin toimialoilla 520 milj. euroa ja työvoiman tarve 6 200 työllistä. Työn tuottavuuden kasvu pienentää myös näitä työvoiman tarpeen muutoksia.

Kun tarkastellaan koko maan taloutta, toimenpiteiden seurauksena arvonlisäys (eli talouden kokonaistuotanto) pienenee noin puoli prosenttia. Tämä lasku sisältää myös välilliset vaikutukset muihin sektoreihin. Kyse on kertaluonteisesta muutoksesta arvonlisän tasossa, ei jatkuvasta trendistä. Aluetaloudelliset vaikutukset etenkin metsäteollisuuspaikkakunnilla voivat olla merkittäviä. Muutos aiheuttaa sopeutumistarvetta mutta toisaalta vapauttaa tuotantopanoksia muiden toimialojen käyttöön. Vapautuvien resurssien positiivisia talousvaikutuksia ei tässä työssä pystytty arvioimaan.

Puuntuotannon väheneminen vaikuttaa myös metsien tarjoamiin ekosysteemipalveluihin. Vaikutukset muihin ekosysteemipalveluihin ovat pääosin positiivisia, ja osa hyödyistä tuottaa hinnoiteltuja markkinahyötyjä tai vähentää taloudellisia kustannuksia aiheuttavia riskejä, kuten tulvia. Luontomatkaa palvelevat yritykset voivat hyötyä metsissä tapahtuvista muutoksista, ja kaikki yritykset hyötyvät metsätalouden kestävyuden mainehyödyistä, mutta näiden euromääräisiä vaikutuksia on vaikea arvioida.

Hiilensidonnasta metsien vuotuinen puuston hiilinielu vahvistuu noin 17 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>. Taloudellinen hyöty tulee Suomen LULUCF-velvoitteiden saavuttamiseksi mahdollisesti ostettavien nieluksiköiden ostotarpeen vähenemisestä, ja riippuu nieluksiköiden hinnasta: jos hinta on 10 euroa tonnilta, hyöty on noin 170 miljoonaa euroa vuodessa, ja jos hinta on 100 euroa tonnilta, hyöty voi olla jopa yli puolitoista miljardia euroa vuodessa. Hyödyt voivat siis olla merkittäviä.

## 1.5 Ohjauskeinoarviointi

Ohjauskeinoilla tarkoitetaan julkishallinnon tapoja vaikuttaa kansalaisten ja yksityisen sektorin toimintaan. Ennen varsinaista ohjauskeinoarviointia mahdollisten ohjauskeinojen avaruus pyrittiin kartoittamaan laajasti. Monitieteinen tutkijaryhmä valitsi varsinaiseen arviointiin ohjauskeinojoukon perustuen seuraaviin kriteereihin: kattavuus, vaikuttavuus, synergia, monipuolisuus, toteutettavuus.

Ohjauskeinojen arviointi perustui kirjallisuuskatsaukseen ja tutkijaryhmän asiantuntija-arviointiin. Arviointia täydennettiin hyväksyttävyyden osalta sidosryhmätyöpajojen ja kansalaispaneelin tulosten avulla. Ohjauskeinojen arvioinnissa huomioitiin seuraavat kolme ulottuvuutta: 1) vaikuttavuus ja luotettavuus, 2) kustannukset ja valtiontalous ja 3) hyväksyttävyyden ja toteutettavuus.

**Taulukko 4.** Yhteenvedo ohjauskeinoista ja niiden arvioinnista eri ulottuvuuksilla

	Vaikuttavuus			Taloudelliset vaikutukset			Hyväksyttävyys	Toteutettavuus
	Monimuotoisuus	Vesistöt	Ilmasto	Metsänomistajat	Metsäteollisuus	Julkinen valta		
1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta	++	+	+	--	-	-	+	Haastava
1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämislle tuki	++	+	+	+	-	--	+	Hieman haastava
2. Lakisäätöiset päätehakuiden ikä- ja läpimittarajat	+	+	+	-	-	Neutraali	++	Helppo
3. Metsien hiilitukijärjestelmä	+	Epävarma	++	++	-	--	+	Haastava
4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta	++	++	+	-	-	Neutraali	+	Helppo
4b. Korvaus 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	+	Neutraali	--	+	Helppo
5. METSO-suojelun laajentaminen	++	++	+	+	-	--	++	Helppo
6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus	++	++	++	-	-	-	++	Hieman haastava
7. Ojituksen häittävero	++	++	++	-	-	+	-	Haastava
8. Maankäytön muutosten hinnoittelu	++	+	++	+/- Hyödyistä tuloja ja haitoista menoja	Neutraali	Verotuloja ja tukimenoja	+	Haastava
9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki	++	+	Vähäinen, mahdollisesti negatiivinen	+	Neutraali	-	++	Hieman haastava
10. Metsähakevero	++	+	Ei vaikutusta	-	+	+	-	Helppo
11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä	++	++	++	Neutraali	-	-	+	Helppo

Ohjauskeinovalikoima on koostettu siitä näkökulmasta, että kaikille toimenpidekokonaisuuden toimenpiteille olisi valittavissa käyttöönottoa edistävä ohjauskeino. **Jos toimenpidekokonaisuus halutaan toteuttaa kaikilta tai suurimmalta osin (ja näin mahdollistaa pääseminen hankkeen lähtökohtina toimiviin ympäristötavoitteisiin, ks. luku 1), tarvitaan kaikkia taulukossa 4 lueteltuja ohjauskeinoja**, kuitenkin sillä poikkeuksella, että ohjauskeinot 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus ja 7. Ojituksen haittaverot ovat keskenään vaihtoehtoisia.

Arvioinnin yhteenvedona voidaan todeta, että ohjauskeinoilla on keskenään erilaisia vahvuuksia ja heikkouksia. Tarkasteltujen ohjauskeinojen vaikutukset eri ympäristötavoitteisiin olisivat lähes kauttaaltaan positiiviset. Useimmat ohjauskeinot vähentäisivät hakkuukertymää, millä olisi metsäteollisuuden negatiivinen vaikutus, jos sen tuotannon rakenne ei muuttuisi vuoteen 2050 mennessä. Vaikutuksen suuruus kuitenkin vaihtelisi erittäin paljon ohjauskeinoon mukaan. Ohjauskeinojen vaikutus metsänomistajiin ja valtiontalouteen riippuu siitä, missä määrin ohjauskeino sisältää tulonsiirtoja valtiolta metsänomistajille: tukiin perustuvat ohjauskeinot lisäävät metsänomistajan ansaintamahdollisuuksia mutta voivat tulla kalliiksi veronmaksajille. Metsähakeverolla olisi positiivisia vaikutuksia sekä metsäteollisuuden että valtiontalouteen. Hyväksyttävyydessä sidosryhmät ja kansalaispaneeli arvioivat parhaimmiksi nykyään tai aiemmin käytössä olleita ohjauskeinoja (METSU-suojelun laajentaminen ja lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat) sekä uudisojituksen kieltämisen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuuden, heikoimmaksi taas ojituksen haittaveron. Toteuttavuuden kannalta helpoimmilta vaikuttavat lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat, METSU-suojelun laajentaminen, lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavaikohyökköiden lisäämisen osalta ja edellisestä maksettava korvaus, kuten myös metsähakevero ja valtion metsien toimet.

Ohjauskeinoarvioinnin eri ulottuvuuksille ja tulonjakovaikutuksille annettavat painoarvot ovat viime kädessä poliittinen kysymys, joten tutkimuspohjalta ohjauskeinoja ei useinkaan voi asettaa keskenään paremmuusjärjestykseen. Taulukosta 4 on kuitenkin nähtävissä, että tietyt ohjauskeinot näyttävät positiivisina lähes kaikilla tarkastelu-ulottuvuuksilla. Tällaisia **lyhyen tähtäimen toimeenpanon kannalta erityisen lupaavia ohjauskeinoja** ovat

- 2. Lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat
- 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavaikohyökköiden lisäämisen osalta
- 5. METSU-suojelun laajentaminen
- 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus
- 10. Metsähakevero
- 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä.

Näillä ohjauskeinoilla pystyttäisiin ilman suuria toteutettavuushaasteita puuttamaan useisiin metsien monimuotoisuuden ja vesistöjen tilan kannalta keskeisiin ongelmakohtiin, ja samalla edistämään metsien positiivisia ilmastovaikutuksia. Näistä ohjauskeinoista 2. ja 6. eivät aiheuttaisi valtiolle muita kuin hallinnollisia kuluja, 4a. aiheuttaisi valtiolle kuluja siltä osin kuin kohteiden suojelua päätettäisiin korvata metsänomistajille (4b.), kun taas 5. ja 11. lisääisivät suoraan valtiontalouden paineita. Toisaalta hiilinielun vahvistuminen voisi osaltaan auttaa välttämään tai vähentämään LULUCF-velvoitteisiin liittyviä sanktiomaksuja. 10. Metsähakevero auttaisi tekemään ohjauskeinokokonaisuudesta valtion kannalta kustannusneutraalimman.

Taloustmetsien monimuotoisuudelle keskeisten rakennepiirteiden turvaamisen kannalta keskeiset ohjauskeinot ovat 1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta sekä 1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämistä tuki. Näiden kahden melko hienopiirteisen ohjauskeinon suurimmat haasteet liittyvät valvonnan työläyteen ja kalleuteen. Kaukokartoitus ja tekoäly voivat jatkossa huomattavasti helpottaa rakennepiirteiden turvaamisen suunnittelua ja valvontaa. Koska vapaaehtoiset sertifiointijärjestelmät ohjaavat osittain samoja metsänkäsittelyn valintoja kuin ohjauskeinot 1a ja 1b, ohjauskeinojen jatkosuunnittelussa kannattaa pitää silmällä vapaaehtoisten sertifiointijärjestelmien kehitystä kunnianhimon tason, valvonnan ja rikkomusten sanktioinnin näkökulmista.

**Pidemmän tähtäimen ohjauskeinokokonaisuuden** kannalta erityisen kiinnostavia ovat tulosperusteisuutta sisältävät ohjauskeinot, sillä vaikka ne ovat toteutettavuuden kannalta haastavia, niillä on huomattavaa potentiaalia kustannustehokkaaseen ympäristön tilan parantamiseen. Arvioituista ohjauskeinoista lehtojen luonnonhoidon tuki jo eteneekin, sillä eduskunta hyväksyi joulukuussa 2025 hallituksen esityksen (104/2025 vp), jonka mukaisesti kannustejärjestelmälakiin lisätään tulosperusteisten tukien ja ympäristöllisten tarjouskilpailujen kokeilua koskevat säännökset. Lehtojen luonnonhoidon lisäksi kokeiltavina kohteina näille uudensille tukimuodoille ovat taimikon ja nuoren metsän hoidon tuen korottaminen kokonaisuuspuuston lehtipuuosuuden perusteella, suojavyöhykkeen jättäminen arvokkaiden virtavesien varrelle, sekä suon aktiivinen ennallistaminen. Olisi kuitenkin suositeltavaa ottaa kehittelyyn myös tämän raportin ohjauskeino 3: Metsien hiilitukijärjestelmä, ja ohjauskeino 1b: Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämistä tuki, sekä panostaa **tietopohjan kehittämiseen** muiden tulosperusteisten ohjauskeinojen tulevien sovellusmahdollisuuksien lisäämiseksi.

## 1.6 Johtopäätökset ja suositukset

Työssä tarkasteltiin, millaisia muutoksia metsien käytössä tarvittaisiin kunnianhimoisten luonto-, vesistö- ja ilmastotavoitteiden (ks. alaluku 1.1) saavuttamiseksi, ja muodostettiin tämän pohjalta toimenpidekokonaisuus, jossa pyrittiin hyödyntämään synergioita eri ympäristötavoitteiden välillä ja huomioimaan myös puun käytön kansantaloudellinen merkitys. Esi-tetty toimenpidekokonaisuus ei ole niinkään valmis ehdotus kuin keskustelunavaus, jolla selvityksen kirjoittajat kutsuvat metsien parissa työskenteleviä asiantuntijoita pohtimaan yhdessä Suomen metsien käyttöön liittyviä, joskus keskenään ristiriitaisia tavoitteita ja mahdollisuuksia niiden yhteensovittamiseksi.

Ehdotetut toimenpiteet ovat moninaisia. Metsien elinympäristön ja lajiston säilymisen kannalta on tärkeää varmistaa, että metsissä on riittävästi rakenteellista monimuotoisuutta, kuten vanhoja ja järeitä puita sekä kuollutta puustoa. Taloustmetsien hoidon tulisi tukea näiden rakennepiirteiden lisäämistä, erityisesti Etelä-Suomessa, jossa nykyisin on suurimmat puutteet lahoppuun ja järeiden puiden sekä vanhojen metsien määrässä. Lisäksi suojelualoja tulisi kasvattaa ja arvokkaat elinympäristöt turvata. Vesistöjen suojelemisessa painopiste tulisi siirtää kuormituksen pidättämisestä kuormituksen ehkäisyyn. Tämä tarkoittaa suometsien ojitamisen huomattavaa vähentämistä nykytasosta sekä ojitus- ja naveromätästyksen välttämistä. Kuormituksen pidättämisessä tulee siirtyä tehottomiksi ilmenneistä toimista riittävän laajoihin pintavalutuskenttiin. Vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen vaatii monipuolisesti metsien hiilensidontatoimia. Puuston kasvua lisäävät ja maaperän päästöjä hillitsevät

toimet eivät vaikuttaisi olevan riittäviä, vaan hakkuiden ajoitukseen ja intensiteettiin tarvitaan myös muutoksia.

Työssä tarkasteltiin, minkälaisia vaikutuksia hahmotellulla toimenpidekokonaisuudella olisi puun saatavuuteen ja käyttöön, talouteen, ja erilaisiin ekosysteemipalveluihin. Metsäteollisuuden tuotantorakenteen pysyessä nykyisenlaisena, toimenpidekokonaisuudella olisi merkittäviä taloudellisia kustannuksia, jotka näkyisivät metsäsektorin alentuneena tuotantona ja menetettyinä työpaikkoina. Nämä heijastuisivat myös julkistalouteen pienentyneinä verotuloina. Metsäsektorin sopeutuminen ja vapautuvien resurssien sijoittuminen muualle kansantalouden pienentää näitä vaikutuksia. Lisäksi toimenpidekokonaisuus vaikuttaisi pääosin positiivisesti lähes kaikkien metsiin liittyvien ekosysteemipalveluiden tuotantoon Suomessa. Ekosysteemipalveluiden parantumisen taloudellisen arvon määrittäminen on hyvin haastavaa ja sisältää paljon epävarmuuksia, mutta vaikutuksen suuruusluokka olisi todennäköisesti huomattava. Selvityksen keskeisiä tuloksia onkin, että jos Suomen kansainvälisiä ympäristösitoumuksia halutaan noudattaa, tarvittavat muutokset metsien käytössä – ja näistä seuraavat kustannukset ja hyödyt – voivat olla merkittäviä.

Suuri joukko toimenpiteitä vaatii suuren joukon ohjauskeinoja. Ohjauskeinojen valinnassa on varsinaisen ohjaavan vaikutuksen lisäksi vapautta valita hyväksyttävyyden kannalta sopivia piirteitä, kuten tulonjakovaikutukset ja niiden kohdentuminen. Raportissa on tasapainoiltu eri näkökulmien välillä ja muunlainenkin ohjauskeinovalikoima olisi mahdollinen.

Lähtökohtaisesti tavoitteiden saavuttaminen vaatii kaikki ehdotetut toimet ja kaikki ohjauskeinot. Koska osa tavoitteista kohdistuu jo vuosille 2027, 2030 ja 2035, tavoitteisiin pääseminen vaatisi ohjauskeinojen ripeää käyttöönottoa. Käytännössä isoa määrää ohjauskeinoja ei pystyttäne ottamaan käyttöön yhtäaikaisesti, joten olisi luontevaa aloittaa helpoimmista samalla kun taustatyö aloitetaan haastavampien osalta.

## 2 Johdanto

*Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen ja Aino Assmuth*

Ilmastonmuutos ja luontokato kuuluvat ihmiskunnan suurimpiin tämänhetkisiin haasteisiin, joihin vastaamisessa kullakin valtiolla on omat erityispiirteensä. Suomessa metsämaan osuus kokonaispinta-alasta on globaalisti katsottuna suuri, minkä lisäksi metsäteollisuudella on merkittävä osuus valtion tavaraviennin arvosta. Ilmastonmuutoksen hillinnässä korostuu Suomessa täten päästöjen vähentämisen lisäksi luonnollinen hiilenpoisto, jossa metsillä on olennainen rooli. Metsät korostuvat myös tavoiteltaessa luontokadon pysäyttämistä Suomessa, jossa ne muodostavat suuren osan lajien elinympäristöistä. Myös vesistöjen tilan kohentamisen kannalta metsien vesistöpäästöjen hallinnalla on merkittävä rooli. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen lisäksi ilmastonmuutokseen sopeutuminen edellyttää toimenpiteitä myös metsissä.

Suomi on sitoutunut ilmaston, luonnon ja vesistöjen osalta useisiin kansallisiin ja kansainvälisiin tavoitteisiin. Ilmaston osalta Suomi on sitoutunut tavoittelemaan hiilineutraalisuutta vuoteen 2035 mennessä ja pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen 2030 mennessä (Kunming-Montreal). Suomea velvoittavat ympäristötoimien vauhdittamiseen myös esimerkiksi Euroopan unionin (EU) maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloutta käsittelevä LULUCF-asetus sekä EU:n vesipuitedirektiivi, joka edellyttää jäsenmaita varmistamaan vesistöjensä hyvän tilan viimeistään 2027 mennessä.

Suomen tavoitteet ilmaston, luonnon ja vesistöjen osalta eivät toteudu ilman lisätoimia kaikilla talouden sektoreilla. Tässä selvityksessä keskityttiin metsien käyttöön, ja siinä tarvittaviin muutoksiin tavoitteisiin pääsemiseksi. Lisäksi tarkasteltiin julkisen vallan käytössä olevia ohjaukeinoja, joilla näihin muutoksiin voitaisiin kannustaa.

Selvitystä varten tulkittiin, mitä Suomen tavoitteet tarkoittavat metsien käytön osalta. Luontokadon osalta metsien käytön tavoitteiksi asetettiin 1) luonnon tilan heikkenemisen pysäyttäminen (ja elpymisuralle kääntäminen) vuoteen 2030 mennessä; 2) vuoden 2020 tasoiseen (tai parempaan) luonnon monimuotoisuuteen pääseminen vuonna 2035; ja ekosysteemien elinvoimaisuuden turvaaminen ja ihmisen aiheuttaman lajien sukupuuton loppuminen 2050 mennessä. Metsätalouden vesistövaikutusten osalta tavoitteeksi asetettiin niiden merkittävä väheneminen. Selvityksessä metsien hiilinieluja voimistetaan ja niiden tavoitellaan olevan vuonna 2035 sellaisella tasolla, että Suomen hiilineutraalisuustavoite olisi mahdollista saavuttaa. On syytä kuitenkin huomioida, että tavoitteiden saavuttaminen ei riipu yksin metsänkäsitelystä, vaan siihen tarvitaan kaikkien päästösektoreiden toimia. Vuoden 2035 jälkeen tavoitteena on pitää nielua yllä ja kasvattaa sitä maltillisesti kohti vuotta 2050. Lisäksi tavoitellaan metsänhoidon avulla sopeutumista ilmastonmuutokseen ja metsien resilienssin vahvistamista.

Selvitys on rakentunut viiden tutkimuskysymyksen varaan. Ensimmäiseksi pyritään selvittämään, *mitä ovat luonto- ja ilmastotavoitteiden saavuttamisen edellyttämät muutokset metsien käytössä*. Luvussa 3 avataan luonnontieteellisen tutkimustiedon pohjalta sitä, minkälaisia muutoksia metsien käyttöön Suomessa näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttäisi. Toiseksi selvitetään, *millainen vaikutus em. muutoksilla on puun eri jakeiden saatavuudelle, puun käyttöön, muihin ekosysteemipalveluihin ja resilienssiin*. Muutostarpeiden tunnistamisen pohjalta muodostetaan luvussa 4 toimenpidekokonaisuus, jolla metsiin liittyvät ympäristötavoitteet voitaisiin todennäköisesti saada toteutettua järkevällä, eri tavoitteiden välisiä

synergioita hyödyntävällä ja myös puun käytön kansantaloudellisen merkityksen huomioivalla tavalla. Kolmanneksi kartoitetaan, *mitkä ovat olennaiset ohjauskeinovaihtoehdot em. muutosten toteuttamiseksi metsien ja puun käytössä*. Toimenpidekokonaisuuden jalkauttaminen metsien käsittelyyn edellyttää ohjauskeinoja, jotka luovat metsäalan toimijoille riittävät veloitteet, kannustimet ja tietopohjan ympäristötoimien täysimääräiseksi toteuttamiseksi. Luvussa 5 kartoitetaan laajasti ohjauskeinovaihtoehtoja, valitaan tarkempaan arviointiin 11 ohjauskeinon joukko, ja tarkastellaan näitä monitieteisesti. Neljänneksi tarkastellaan, *miten ohjauskeinovaihtoehdot suhtautuvat toisiinsa*. Ohjauskeinoista muodostetaan luvussa 5 kokonaisuus, jossa eri ohjauskeinot täydentävät ja tukevat toisiaan. Viidenneksi kartoitetaan, *mitkä ohjauskeinot tai ohjauskeinojen yhdistelmät ovat potentiaalisimpia otettavaksi käyttöön a) lyhyellä ja b) pidemmällä aikavälillä?* Selvitystyön ja hankkeen yhteydessä järjestetyn kansalaispaneelin tulosten pohjalta esitetään luvussa 6 päätöksentekijöille suosituksia Suomen metsiä koskevaa toimenpidekokonaisuutta edistäviksi ohjauskeinoiksi.

## 3 Tunnistetut muutostarpeet metsien käytössä

### 3.1 Näkökulma: luonnon monimuotoisuus

*Matti Koivula, Leena Hamberg, Tomi Heilala, Aku Korhonen, Aija Kukkala, Ville Pietilä, Pekka Puntila, Hannu Salminen, Ekaterina Shorokhova, Juha Siitonen, Kimmo Syrjänen ja Ilkka Vanha-Majamaa*

#### 3.1.1 Monimuotoisuusosion tehtävänasettelu

Keskeiset sisällöt:

- Rakennepiirteillä tarkoitetaan tässä työssä sellaisia puuston tai kasvupaikan ominaisuuksia, joista taantuneiden metsissä elävien lajien tiedetään olevan riippuvaisia
- Tämän työn lähestymistapa poikkeaa aikaisemmista monimuotoisuustarkasteluista siinä, että suositustasoja hahmotellaan eri kasvillisuusvyöhykkeille ja kasvupaikkatyypeille, sekä siinä, että empiiristen havaintojen täydentäjänä on resurssimäärän lajisto-vaikutusta koskeva teoreettinen ekologia
- Keskeisimmät tässä sovellettavista ekologian teorioista ovat lajimäärän ja elinympäristön pinta-alan suhde (species-area relationship) sekä kynnyksiteoria, ja niiden oletuksia tuetaan empiirisillä havainnoilla
- Tämän luvun (2.1) uutuusarvo on siinä, että tarkastellaan, millaisilla rakennepiirteiden vähimmäismäärillä uhanalainen lajisto voisi erilaisilla talousmetsien kasvupaikkatyypeillä selviytyä

Tässä luvussa selvitetään luontotavoitteiden mahdollisesti edellyttämiä muutoksia metsien käytössä ja osittain sitä, millainen vaikutus näillä muutoksilla olisi puun saatavuudelle. Kuning-Montrealin maailmanlaajuinen luonnon monimuotoisuuskehys sisältää monimuotoisuutta koskevat tavoitteet, joiden avulla tavoitellaan luontokadon pysäyttämistä ja luontoposiitivisuutta. Suomen talousmetsissä tavoitteiden saavuttaminen edellyttää, että erilaisten puusto- tai maisemapiirteiden mahdollinen lisäämistarve selvitetään ekologiseen tietoon perustuen, ja että tarvittavat toimet mitoitetaan tämän tiedon perusteella. Keskiössä ovat metsätalouden vuoksi taantuneet, usein uhanalaiset, eliölajit, koska metsien käyttö uhkaa juuri näitä lajeja ja niitä pyritään auttamaan suojelun ja luonnonhoidon keinoin; metsien tavanomainen tai avomaille sopeutunut lajisto eivät nykyisen kaltaisissa talousmetsämaisemissa tarvitse erityistä tukea säilyäkseen, vaikka monet niistä hyötyvät luonnonhoidosta ja suojelusta.

Aluksi tarkastellaan empiirisen tutkimuksen ja lajien biologian valossa sitä, mistä metsän rakennepiirteistä metsien käytön vuoksi taantuneet lajit ovat erityisesti riippuvaisia. Rakennepiirre on väljä termi, jolla tässä työssä tarkoitetaan sellaisia puuston tai kasvupaikan ominaisuuksia, joista taantuneiden metsissä elävien lajien tiedetään olevan riippuvaisia (esim. Hyvärinen ym. 2019, Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Tarkastelussa ovat etenkin sellaiset rakennepiirteet, jotka jo ovat käytössä mm. METSO-kohteiden valinnassa (Syrjänen ym. 2016), mutta pyritään myös löytämään uusia. Esimerkiksi melko vakiintuneita suojeluvaron rakennepiirremitareita ovat järeät (läpimitaltaan yli 30-senttiset, ellei toisin ilmoiteta) lahoppuut, hyvin vanhat ja isot puut (yli 150-vuotiaat ja samalla rinnankorkeusläpimitaltaan yli 40-senttiset, ellei toisin ilmoiteta) sekä lehtipuuston osuus. Tarkastelussa keskitytään metsämaan talousmetsiin,

jollaisia pääosa metsistämme on, mutta samaan aikaan niillä on mahdollista luonnonhoidon keinoin säilyttää tai lisätä mainittuja rakennepiirteitä.

Rakennepiirteiden suositustasoja on hiljattain hahmoteltu mm. eri tiekartta- ja synteisiraportteissa (esim. Koivula ym. 2022, 2024, Siitonen & Huhta 2023). Tämän työn lähestymistapa poikkeaa näistä tarkasteluista siinä, että suositustasoja pyritään hahmottelemaan eri osiin maata ja eri kasvupaikkatyypeille, sekä siinä, että empiiristen havaintojen täydentäjänä on resurssimäärän lajistovaikutusta koskeva teoreettinen ekologia. Koska teoreettisille malleille yleisesti on ominaista se, että ne eivät kata kaikkia tilanteita (koska mallien laatimisen tavoite on useimmiten keskeisten vaikutusten kiteyttäminen eikä sovellettavuus kaikissa mahdollisissa tilanteissa), ja toisaalta pyritään tuottamaan metsänhoidossa sovellettavaa tietoa, hyödynnetään myös empiiristä aineistoa täysimääräisesti.

Keskeisimmät tässä sovellettavista ekologian teorioista ovat **lajimäärän ja elinympäristön pinta-alan suhde** (species-area relationship; esim. Begon & Townsend 2021) sekä **kynnysarvoteoria**. Ensin mainittu on harvoja yleispäteviä ekologisia teorioita: mitä suurempaa pinta-alaa tarkastellaan, sitä enemmän lajeja sillä elää, kuitenkin siten, että lajimäärän teoreettinen maksimi kyseisellä alalla on tarkasteltavan laajemman alueen kokonaislajimäärä. Näin ollen, kun tarkasteltavaa pinta-alaa kasvatetaan, lajimäärä kasvaa aluksi nopeasti mutta taittuu vähitellen, saavuttaen lopulta saturaatiotason. Teoria on intuitiivisesti järkeenkäypä, ja sillä on myös erittäin vahva empiirinen tuki. Kynnysarvoteoria kytkeytyy tähän teoriaan siten, että siinä oletetaan lajimäärän muuttuvan tietyissä tilanteissa selvästi hitaammin tai nopeammin kuin pelkästään pinta-alan muutoksen perusteella voisi olettaa. Kynnysarvoja saattavat olla lajimäärän kertymisen taittuminen hyvin nopeasti, lyhyessä osassa pinta-alajatkumoa, tai lajimäärän odotettua selvästi nopeampi väheneminen pinta-alan vähentyessä. Esimerkiksi mikäli tietyn elinympäristön määrä vähenee luonnontilaiseen tasoon nähden alle 10–30 prosentin, niin kyseisestä elinympäristöstä riippuvaisten lajien esiintyminen vaarantuu ja runsaus vähennee selvästi (Andrén 1994, 1997; tarkemmin katso luku 2.1.4). Tässä projektissa oletetaan, että nämä kaksi teoriaa soveltuvat myös metsän rakennepiirteiden tarkasteluun; jotta tämä ei jäisi pelkästään akateemiseksi harjoitukseksi, etsitään tueksi pohjoismaisia **empiirisiä rakennepiirteiden määriä koskevia kynnysarvotarkasteluja**.

Tässä työssä uutta on se, että tarkastellaan kasvupaikkatyypeittäin ja eri osissa Suomea, millaisilla rakennepiirteiden vähimmäismäärillä uhanalainen lajisto voisi erilaisissa talousmetsissä selviytyä. Vähimmäismääriä tarkastellaan kolmella tapaa: resurssi- ja lajimäärän suhteen teorian avulla, vaateliaan lajiryhmän lajimäärän kertymäfunktioiden avulla suhteessa resurssimäärään ja vaateliaan lajiston säännöllisen esiintyvyyden avulla resurssimäärägradientissa.

Tässä luvussa tarkastellaan neljää teemaa:

(i) Metsien monimuotoisuuden nykytila. Nykytila-arvion perustana ovat luonnontilaiset metsät rakenteineen ja prosesseineen (alaluku 3.1.2) sekä taantuneen lajiston riippuvuus metsän eri rakennepiirteistä (3.1.3).

(ii) Kynnysarvoteoria, empiiriset kynnysarvot ja näistä juontuva talousmetsien mahdollinen rakennepiirteiden lisäämistarve. Elinympäristön määrän ja lajimäärän tai tutkittavan lajin populaatiokoon välisen suhteen teorian mukaan lajien tai paikallispopulaatioiden häviämiset kiihtyvät, kun elinympäristöä on alkuperäisestä määrästä jäljellä hyvin vähän, esimerkiksi 10–30 % (häviämis- tai pirstoutumiskynnysarvo) (3.1.4); olettaen myös yksittäisten rakennepiirteiden ja lajiston noudattelevan tätä teoriaa lasketaan teoreettinen rakennepiirteiden vähimmäismäärä

käyttämällä luonnon- ja talousmetsän puustoaineistoja eri kasvupaikkatyypeille ja eri osille maata (3.1.5–3.1.6); etsitään kirjallisuudesta empiirisiä havaintoja koskien erityisesti vaateliaan ja uhanalaisen lajiston esiintyvyyden vähimmäisresurssimääriä (esiintyvyyssynnysarvoja) samoille rakennepiirteille, pyrkien jälleen erottelemaan kasvupaikkatyypit ja maantieteelliset alueet (3.1.7).

(iii) Luonnonhoidon (tehostettu rakennepiirteiden säilyttäminen ja tuottaminen talousmetsissä) kohdentaminen. Alaluvussa 3.1.8 hyödynnetään Zonation-aineistoja monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueista (Mikkonen ym. 2018, 2023) kolmessa esimerkkimaakunnassa (Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu) ja (a) vertaillaan suojelualueverkostoja tilanteissa, joissa pyritäisiin 10 % tai 30 % suojelualuekattavuuteen; (b) tarkastellaan eri kasvupaikkatyyppien (vrt. edelliset teemat) osumista suojelualueille ja niiden ulkopuolelle; sekä (c) havainnollistetaan suojelualueverkostoja, lahoppuupotentiaaliltaan (Mikkonen ym. 2018) parhaita verkoston ulkopuolisia alueita sekä luonnonhoidon kohdentamista suojelualueiden kytkettyvyyden parantamiseksi. VMI-aineistoilla (3.1.9) esimerkkimaakunnittain (Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu) (d) vertaillaan kasvupaikkatyyppijakaumia ja suojelualuemääriä suhteessa rakennepiirteiden minimivoitetasoihin (alaluvuista 3.1.5–3.1.7); sekä (e) lasketaan kasvupaikkatyyppittaisen rakennepiirteiden lisäämisen kustannuksien suuruusluokka valtakunnallisella tasolla.

(iv) Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden tuottamistavat. Tarkastellaan kirjallisuuden avulla metsän- ja luonnonhoidon käytännön keinoja ylläpitää ja lisätä rakennepiirteitä talousmetsissä sekä arvioidaan näistä keinoista hyötyvien uhanalaisten metsälajien määriä (3.1.10).

### **3.1.2 Luonnonmetsän uudistuminen ja monimuotoisuudelle tärkeät rakennepiirteet**

Keskeiset sisällöt:

- Boreaalisten metsien luontaiset häiriödynamiikkatyypit ja niiden yleisyys vaihtelevat kasvupaikkatyyppien välillä. Häiriödynamiikkatyyppinä ovat (1) pienaukkodynamiikka (fine-scale gap dynamics), (2) kohorttidynamiikka (cohort dynamics) ja (3) tasaikäisdynamiikka (even-aged dynamics; vallitseva puulaji pysyy samana tai vaihtuu).
  - Pienaukkodynamiikassa puusto uudistuu laikutteisesti pienialaisten häiriöiden – kuten kaarnakuoriaisten massaesiintymä – seurauksena.
  - Kohorttidynamiikalle luonteenomaista on eri sukkessiovaiheiden jatkumo metsäalueen sisällä.
  - Tasaikäisdynamiikka on Suomen oloissa luontaisesti verraten harvinainen; siinä metsäalueen puusto uudistuu kerralla häiriön seurauksena, ja uusi puusto kehittyy samanikäisenä.
- Luonnontilaisissa metsissä lehtipuiden tilavuusosuus metsikkötasolla vaihtelee muutamasta noin 50 %:iin riippuen kasvillisuusvyöhykkeestä, kasvupaikkatyyppistä ja häiriödynamiikan vaiheista, ja lehtipuuvältaisten metsien osuus luonnontilaisten metsien kokonaispinta-alasta on noin 10–20 %.
- Luonnontilaisissa metsissä vanhojen puiden tilavuusosuus riippuu sukkessiovaiheesta ja voi olla jopa 90 %.

- Luonnontilaisissa metsissä puiden järeys korreloi iän kanssa lähinnä valoa vaativilla puulajeilla; varjoa sietävillä puulajeilla, kuten kuusella, ikä ja läpimitta eivät useinkaan korreloi; ja maaperän rehevyys määrittelee puiden kokoa siten, että eniten järeitä puita on rehevimmissä ja vähiten karuimmissa kasvupaikkatyypeissä.
- Luonnonhäiriöt vaikuttavat hiilensidontaan, ja ekosysteemin hiilidynamiikka riippuu kasvupaikkatyypistä, sekä häiriön luonteesta (metsäpalo, tuuli-, lumi- tai hyönteistuho), pinta-alasta, toistuvuudesta ja voimakkuudesta.
- Luonnontilaisten metsien rakennepiirteiden kehittyminen vie pääsääntöisesti pidemmän aikaa kuin talousmetsien kehittyminen uudistuskypsäksi.

### 3.1.2.1 Vanhojen metsien määrä luontaisessa metsämaisemassa

Luontaisesti kaikki boreaaliset metsät ovat dynaamisia. Metsien ikärakenne riippuu kasvupaikkatyypistä, vallitsevien puulajien ominaisuuksista, sekä maisema- ja metsikkötason vallitsevista luontaisista häiriötekijöistä. Boreaalisten metsien luontaiset häiriödynamiikkatyypit – (1) pienaukkodynamiikka (fine-scale gap dynamics), (2) kohorttidynamiikka (cohort dynamics), ja (3) tasaikäisdynamiikka (even-aged dynamics; vallitseva puulaji pysyy samana tai vaihtuu) – vaihtelevat kasvupaikkatyyppien välillä (Shorohova ym. 2009, Berglund & Kuuluvainen 2021; Kuva 1). Pienaukkodynamiikassa puusto uudistuu laikuttaisesti pienialaisten häiriöiden, kuten kaarnakuoriaisten aiheuttaman puuryhmien kuolemisten, tai tuulen kadon seurauksena. Kohorttidynamiikan käynnistää osan puustosta tappava eli osittainen häiriö, jollaisia ovat esimerkiksi pintapalo männiköissä tai tuulituho kuusikoissa. Häiriön jälkeen metsäalueen eri puuryhmät (jotka voi varauksin mieltää metsiköiksi) muodostavat vähitellen puusto- ja/tai ikärakenteiltaan erottuvia kohortteja. Kohortit eivät tässä välttämättä ole eri puustoikäluokkia, vaan eritahtisesti häiriöstä palautuvia puuryhmiä erityispiirteineen. Kohorttidynamiikalle luonteenomaista on eri sukkessiovaiheiden jatkumo metsäalueen sisällä; sukkession edetessä alueella tai sen osissa voi myöhemmin alkaa vallita pienaukkodynamiikka. Tasaikäisdynamiikka on Suomen oloissa luontaisesti verraten harvinainen; siinä metsäalueen tai metsikön koko puusto uudistuu kerralla häiriön seurauksena, ja uusi puusto kehittyy verraten samaan tahtiin yhden vallitsevan ikäluokan metsiköksi.



**Kuva 1.** Häiriödynamiikkatyytit borealisissa vanhoissa luonnontilaisissa metsissä. Valokuviissa tasaikäis-, kohortti- ja pienaukkodynamiikka kuusikoissa. Valokuvat: E. Shorohova.

Tasaikäisiä metsiä kehittyi luonnonoloissa ainoastaan voimakkaiden häiriöiden, kuten metsäpalojen ja/tai laajojen tuulituhojen, jälkeen (Kuva 1). Suomessa metsäpalojen ja muiden häiriöiden aikoinaan hallitsema, dynaaminen metsämaisema on vähitellen muuttunut eri-ikäisten talousmetsien mosaiikiksi. Luontaisen metsämaiseman rakenteen ja kehityksen ymmärtämiseksi Suomen olosuhteissa voidaan käyttää verrokkina Länsi-Venäjän laajoilla koskemattomilla alueilla tehtyjä tutkimuksia, kuitenkin huomioiden ilmaston ja maalajien erot. Esimerkiksi Venäjän Karjalan ja Vepsänmaan luonnontilaisissa metsissä maisematasolla tasaikäisdynamiikkaa tavataan esim. tuulituhojen jälkeen sellaisissa kuusikoissa, jossa laaja-alaiset, intensiiviset metsäpalot syttyvät kerran tai kaksi tuhannessa vuodessa. Tällaisten luonnostaan verrattomien tasaikäisten kuusivaltaisten metsien pinta-alaosuus voi vaihdella alueittain, ollen jopa 7–40 % (Shorohova ym. 2011). Luontaisessa Fennoskandian metsämaisemassa nuorten puustoikäluokkien pinta-ala ei pääsääntöisesti ylitä kymmentä prosenttia. Kaikki muut metsät ovat keski-ikäisiä (varttuvia tai varttuneita) tai vanhoja (valtapuuston ikä yli 150 vuotta): useimmiten eri-ikäisrakenteisia ja harvoin tasaikäisiä. (Shorohova ym. 2011.)

### 3.1.2.2 Rakennepiirteet luonnontilaisessa metsässä metsikkö- ja maisematasolla

**Elävän puuston** rakenteen luonnonmetsissä määräävät ensisijaisesti ilmasto, maalaji, kasvupaikkatyyppi, häiriöiden vaihtelu sekä puulajien biologinen ikä. Kulloisellakin alueella tai metsikössä vallitseva häiriödynamiikka riippuu kasvupaikkatyyppistä (Taulukko 5).

**Taulukko 5.** Luontaiset häiriödynamiikkatyypit kangasmetsien luontotyypeillä

Kasvupaikkatyyppi	Luontaiset häiriödynamiikkatyypit
Lehdot	Kohortti- ja tasaikäisdynamiikka
Lehtomaiset kankaat	Kohorttidynamiikka
Tuoreet kankaat	Kohortti- ja pienaukkodynamiikka, harvoin tasaikäisdynamiikka
Kuivahkot kankaat, Kuivat kankaat, karukkokankaat	Männikoissä kohortti-, kuusikoissa tasaikäisdynamiikka

**Lehtipuuosuus**, eli hies- ja rauduskoivun, haavan, pihlajan, harmaa- ja tervalepän sekä muiden lehtipuiden metsikkötason tilavuusosuus vaihtelee luonnonoloissa muutamasta noin 50 prosenttiin riippuen kasvillisuusvyöhykkeestä, kasvupaikkatyypistä ja häiriödynamiikan vaiheesta. Maisematasolla lehtipuiden osuus luonnonmetsissä jää verraten pieneksi: esimerkiksi Vepsskyn luonnonalaisissa vanhoissa metsässä se ei ylitä 20 %. Lehtipuuvältaisten metsien osuus metsien kokonaispinta-alasta on 10–20 %.

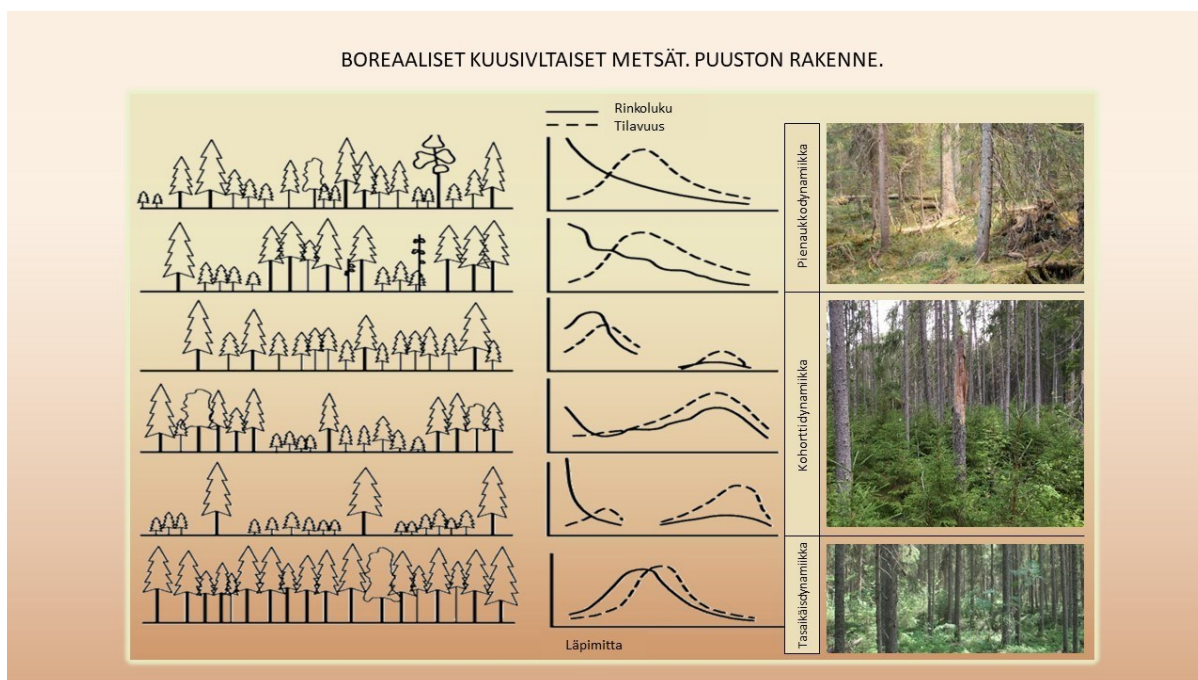
**Vanhojen puiden** tilavuusosuus riippuu sukkessiovaiheesta. Korkeimmat minimi- ja maksimi-arvot löytyvät tasaikäisdynamiikkametsistä. Vanhojen puiden osuus saattaa tasaikäisessä metsässä olla jopa 90 %, kun voimakkaasta häiriöstä on kulunut 120–180 vuotta. Sukkession myötä eri-ikäisissä metsissä vanhojen puiden osuus ja osuuden vaihtelu laskevat.

**Järeät puut.** Koko korreloi iän kanssa lähinnä valoa vaativilla puulajeilla. Luontaisesti eurooppalaisissa borealisissa kangasmetsissä tällaiset puulajit voivat olla vallitsevia lähinnä sukkession alkuvaiheissa. Vanhat eri-ikäisrakenteiset mäntyvaltaiset metsät kasvavat vain karuilla kasvupaikoilla, kuten kuivilla kankailla. Muutoin borealiset luonnonmetsät ovat kuusivaltaisia. Sekametsissä valoa vaativat puut eivät välttämättä kasva isoiksi. Varjoa sietävillä puulajeilla, kuten kuusella, ikä ja läpimitta eivät useinkaan korreloi. Maaperän rehevyys määrittelee puiden kokoa. Luonnonolosuhteissa kookkaiden puiden määrä vähenee seuraavassa järjestyksessä kangasmetsäluontotyyppien mukaan: lehdot > lehtomaiset kankaat > tuoreet kankaat > kuivahkot kankaat > kuivat kankaat > karukkokankaat. Puuston läpimittajakauma heijastaa sukkession vaihetta. Borealisissa kuusikoissa runkoluvun ja tilavuuden suhde läpimittajakaumaan muuttuu häiriöstä kuluneen ajan myötä eri tavoin eri häiriödynamiikkatyypeissä (Kuva 2).

Vanhat (old-growth; katso luku 2.1.3) borealiset metsät ovat puutuotannollisesti ja hiilensidonnaltaan heikompia kuin esimerkiksi nuoret talousmetsät (Martin ym. 2023) mutta, toisin kuin usein ajatellaan, ne toimivat edelleen hiilinieluna ja -varastona (Luyssaert ym. 2008, McGrath ym. 2023). Metsäekosysteemin hiili on koko sukkession ajan sitoutunut puiden biomassaan, lahoppuuhun, karikkeeseen ja maaperään. Vanhojen metsien hiilidynamiikka kuitenkin ymmärretään verraten heikosti.

Luonnonhäiriöt vaikuttavat hiilensidontaan, ja ekosysteemin hiilidynamiikka riippuu kasvupaikkatyypistä sekä häiriön luonteesta (metsäpalo, tuuli- tai lumituho, hyönteistuho), pinta-alasta, toistuvuudesta ja voimakkuudesta (Shorokhova 2015). Häiriöistä suurimmat muutokset on havaittu metsäpaloja seuraavassa sukkessiossa, mutta muutkin häiriötekijät voivat muuttaa hiilidynamiikkaa merkittävästi, ja vuotuisen hiilitaseen vaihtelu riippuu myös sukkession vaiheesta (Shorokhova 2015). Pienaukkodynamiikassa (esim. paikalliset kaarnakuoriaisten

aiheuttamat puuryhmien kuolemat) metsän sitoma hiilimäärä ei välttämättä juuri muutu. Tasaikäis- ja kohorttidynamiikassa tilanne on usein toinen. Länsi-Venäjällä (Karjala ja Vepsänmaa) tuulituhon jälkeisissä aarnikuusikoissa hiilitase, eli metsän hiilivaraston kasvu, on  $-5 \dots +6$  tonnia hehtaaria kohden. Vepsänmaan tuoreen kankaan aarniometsiin voi laajamittaisen tuulenkaadon jälkeen paikoin olla varastoituneena hiiltä lahoppuussa yli 200 tonnia ja maaperässä lähes 300 tonnia hehtaaria kohden. Ekosysteemin hiilimäärä pienenee myrskytuhon jälkeen, kunnes kasvavan puuston sitoma hiilen määrä ylittää hajoamisprosesseista ja hiilen vapautumisesta johtuvan hiilivirran. Tämä vie muutamasta vuodesta pariin sataan vuoteen häiriön laadusta ja voimakkuudesta riippuen. Palaneelle alueelle jää metsäpalon jälkeen hiiltyneitä ja kuolleita pysty- ja maapuita, joiden lahoaminen voi kestää satoja vuosia. Esimerkiksi Pinezhskyn aarniometsässä Arkangelin alueella Venäjällä tuoreiden kangasmetsien lahoppuuhun oli pintapalon jälkeen varastoitunut hiiltä 20–60 tonnia hehtaaria kohden. Kaksisataa vuotta palon jälkeen osa hiilestä oli edelleen jäljellä varastoituneena pystypuihin. (Shorokhova 2015.)

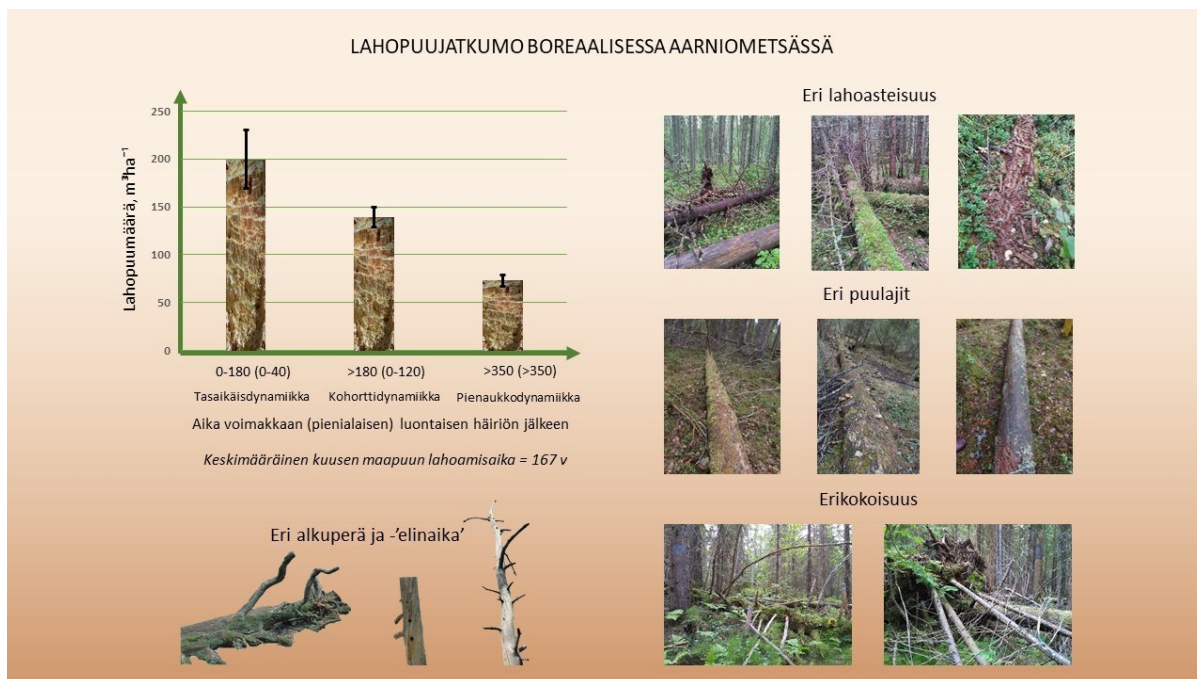


**Kuva 2.** Puuston rakenne boreaalisten kuusivaltaisten metsien eri vaiheissa eri häiriödynamiikkatyypeissä. Muokattu Dyrenkov ym. (1984) pohjalta, lähde Shorokhova ym. 2009.

**Lahoppuuta** on luontaisesti enemmän kuusi- kuin mäntyvaltaisissa metsissä (Taulukko 6). Luonnonolosuhteissa määrät ovat yleensä korkeimpia vanhoissa tasaikäisissä metsissä, ja vanhoissa metsissä rinnankorkeusläpimitaltaan yli 20-senttisten kuolleiden runkojen osuus lahoppuun määrästä on yleisesti 30–40 %. Luontaisesti eri lahoasteiden lahoppuusto on jakautunut melko tasaisesti niin metsikkö- kuin maisematasollakin (Kuva 3). Osa lahoppuusta on hiiltynyttä, varsinkin mäntyvaltaisissa metsissä. Kelojenkin esiintyvyys liittyy metsäpaloön varsinkin mäntyvaltaisissa vanhoissa luonnonmetsissä. Pysty- ja maapuiden sekä kantojen ja pökkelöiden vaihtelevat osuudet luovat pienelinympäristöjä eri lajeille. Vanhoissa boreaalisisissa metsissä, joissa on monipuolinen lahoppuujatkumo, monet nykyään uhanalaisetkaan sammal- ja kääpäälajit eivät vaadi kookasta lahoppuuta (Kushnevskaya & Shorokhova 2018, Ruokolainen ym. 2018).

**Taulukko 6.** Keskimääräinen lahoppumäärä boreaalisissa aarniometsissä (suluissa havaittu vaihteluväli). Laskettu Shorohova & Kapitsa (2015) aineistosta (194 koealaa, 8 tutkimusaluetta). Lahoaste puun ominaisuuksien mukaan lukuarvoina 1–5 lahoamattomasta (arvo 1) pitkälle lahonneeseen (arvo 5; Siitonen ym. 2000).

Valtapuulaji	Metsikkötaso häiriödynamiikkatyyppin mukaan			Maisemataso
	Pienaukko	Kohortti	Tasaikäis	
	<b>Lahoppuun kokonaistilavuus, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></b>			
Kuusi	128 (12–489)		211 (32–1 267)	207
Mänty	68 (4–405)		152 (97–210)	52
	<b>Lahoppu yli 20 cm, lukumääräosuus kaikista lahoppuukappaleista (%)</b>			
Kuusi	33 (20–46)			40
Mänty	45 (31–71)			34
	<b>Lahoaste 1, osuus lahoppuuston kokonaistilavuudesta (%)</b>			
Kuusi	20 (0–61)			24
Mänty	26 (0–93)			59
	<b>Lahoasteet 2 ja 3, osuus lahoppuuston kokonaistilavuudesta (%)</b>			
Kuusi	52 (0–100)			49
Mänty	36 (0–100)			27
	<b>Lahoasteet 4 ja 5, osuus lahoppuuston kokonaistilavuudesta (%)</b>			
Kuusi	28 (0–100)			25
Mänty	37 (0–100)			13
	<b>Maapuut, lukumääräosuus kaikista lahoppuukappaleista (%)</b>			
Kuusi	59 (0–100)	67 (0–100)	73 (0–100)	68
Mänty	35 (0–70)	62 (0–100)	84 (80–88)	53
	<b>Pystypuut, lukumääräosuus kaikista lahoppuukappaleista (%)</b>			
Kuusi	9 (0–56)			23
Mänty	42 (17–71)	17 (0–50)	4 (0–7)	23
	<b>Kannot ja pötkelöt, lukumääräosuus kaikista lahoppuukappaleista (%)</b>			
Kuusi	23 (3–61)			9
Mänty	23 (0–86)		12 (8–14)	24



**Kuva 3.** Lahopuun tilavuus boreaalisissa aarniometsissä (vanhoissa luonnontilaisissa metsissä) eri häiriödynamiikkatyypeissä. Kuvaajassa vaaka-akselilla on häiriöstä kulunut aika vuosina (suluissa olevat arvot ovat vuosia pienialaisesta häiriöstä). Laskettu Shorohova & Kapitsa (2015) aineistosta (194 koelaa, 8 tutkimusaluetta). Valokuvat: E. Shorohova ja A. Ruokolainen.

### 3.1.2.3 Yhteenveto luonnonmetsien rakenteesta ja prosesseista

Edellä tehty luonnonmetsien rakennepiirteiden tarkastelu osoittaa, että kaikkien piirteiden kehittymisen aikajänne on pääsääntöisesti pidempi kuin talousmetsien kiertoaika. Vanhat puut, järeä lahoppu, sekä kelot ja lahoppuun jatkumo siis vaativat huomattavasti tavanomaista kiertoaikaa pidempiä ajanjaksoja kehittyäkseen. Näin ollen ekosysteemien luonnollisen toiminnan ylläpitämiseksi ja palauttamiseksi voitaisiin osassa Suomen talousmetsiä soveltaa nykyistä selvästi pidempää kiertoaikaa, jotta rakennepiirteiden kehittymiselle jäisi riittävästi aikaa, sekä tärkeiden rakennepiirteiden säästämistä ja luonnonhoidollisia kulutuksia eri metsänhoidon vaiheissa (esim. Koivula ym. 2022, Siitonen & Huhta 2023). Näitä mahdollisuuksia ja eri toimenpiteiden sijoittelua kasvupaikkatyypeittäin ja suhteessa olemassa oleviin suojelualueisiin tarkastellaan myöhemmissä alaluvuissa.

### 3.1.3 Lajiston ja luontotyyppien uhanalaisuus sekä siihen johtaneet syyt

Keskeiset sisällöt:

- Uhanalaisuuskysymyksiä tarkasteltaessa vanhalla metsällä (old-growth forest) tarkoitetaan puustoltaan vanhaa, mutta luonnontilaista tai luonnontilaisen kaltaista metsää, jossa on saattanut vuosikymmeniä aikaisemmin olla ihmisvaikutusta.
- Luonnontilaiset metsät voivat edustaa mitä hyvänsä sukkessiovaihetta tuoreesta metsäpaloalasta vanhaan metsään.
- Suomen metsistä (metsä-, kitu- ja joutomaat) on suojeltu yhteensä 2,94 milj. ha (13 % metsäpinta-alasta); metsämaata tästä on 1,7 milj. ha (7,5 % metsäpinta-alasta); Etelä-Suomen metsäpinta-alasta on suojeltu (0,65 milj. ha (6 %), josta tiukasti 0,40 milj. ha

(3,6 %); Pohjois-Suomen metsistä on suojeltu 2,29 milj. ha (20 %), josta tiukasti 1,89 milj. ha (16,5 %).

- Luontotyyppien uhanalaistuminen ei ole uusi ilmiö. Esimerkiksi Etelä-Suomessa suurin osa lehdoista ja rehevistä kangasmetsistä on aikoinaan raivattu ja kaskettu maanviljelykseen. Suomen metsien luontotyypeistä 76 % on arvioitu uhanalaisiksi; Etelä-Suomessa 79 % ja Pohjois-Suomessa 56 %. Uhanalaisimpia metsäluontotyyppejä ovat vanhat metsät, karut kasvupaikat sekä tietyt lehto- ja erikoistyytit.
- Luontotyyppien uhanalaistumisen yleisimpiä syitä ovat aiempi maankäyttö ja nykymetsänhoidossa luontotyyppien ekologisen laadun heikkeneminen (mm. lahoppuun ja isojen, vanhojen puuyksilöiden niukkuus), sekä vanhojen ja luontaisesti uudistuneiden varhaislajistuksen metsien vähyys.
- Suomessa on 1 587 uhanalaista tai silmälläpidettävää metsälajia (9 % metsälajistotamme), ja kaikista uhanalaisista lajeista ensisijaisesti metsissä elää 833 uhanalaista lajia (31 %). Merkittävin uhanalaisuuden syy on vanhojen metsien ja vanhojen puiden väheneminen talousmetsissä ja toiseksi merkittävin on kuolleen puuston väheneminen.
- Uhanalaisuus ei jakaudu tasaisesti. Vanhat kangas- ja lehtometsät ovat ensisijainen elinympäristö noin 34 %:lle uhanalaisista metsälajeista, ja metsien kaikista uhanalaisista lajeista noin 45 % elää ensisijaisesti lehdoissa. Lisäksi uhanalaiset lajit painottuvat voimakkaasti maamme eteläosiin (hemiboreaalinen vyöhyke) sekä eteläboreaalisen vyöhykkeen lounais- ja itäosiin.
- Nykykäsitöksen mukaan ennen merkittävää ihmisvaikutusta 50–95 % Fennoskandian luonnontilaisista metsistä on ollut puustoltaan vähintään 150-vuotiaita.
- Kuolleen puun (eli lahoppuun) keskitilavuus luonnontilassa on ollut runsaat 90 m<sup>3</sup>/ha; kuollutta puuta on Suomen nykymetsissä – suojellut metsät mukaan lukien – keskimäärin noin 6 m<sup>3</sup>/ha; määrärehtyys on viime vuosina ollut Etelä-Suomessa lievästi positiivista, Pohjois-Suomessa negatiivista.
- Uudet tutkimustulokset viittaavat siihen, että lahoppumäärien pitäisi olla moninkertaisia tämänhetkisiin määriin verrattuna, jotta uhanalaisten lahoppuusta riippuvaisten lajien tulevaisuus olisi turvattu.
- Pääosa uhanalaisista metsälajeista on riippuvaisia järeistä puista, ja vanhat ja järeät puut ovat mm. epifyyttikälille elintärkeitä. Vanhat, järeät puut takaavat järeän lahoppuun jatkumon ja näin hyödyttävät myös järeää lahoppuuta vaativaa lajistoa.
- Suurin osa lehtipuista ja lehtisekapuustosta riippuvaisista uhanalaisista lajeista elää vanhoilla tai kuolleilla lehtipuilla. Lehtipuiden määrä on hiljalleen kasvanut, mutta osuus koko puuston keskitilavuudesta ei juuri ole muuttunut 1980-luvulta; hyvin vanhoja lehtipuita on varsinkin talousmetsissä häviävän vähän.
- Kaikilla puulajeillamme elää kymmeniä juuri kyseiselle puulajille erikoistuneita seuralajilajeja, mistä syystä sekapuustoinen metsikkö ylläpitää rikkaampaa eliölajistoa kuin yhden valtaapuun metsikkö.

### 3.1.3.1 Tarkastelun pohja-aineistot

Tämän raportin laskelmissa (katso myöhemmin) puhutaan vanhoista metsistä usein viittaamalla vain puuston ikään, koska iästä ja puiden määrästä on valtakunnallisia havaintoaineistoja (VMI). Tässä alaluvussa (2.1.3) sekä yleisesti uhanalaisuuskontekstissa vanhalla metsällä (old-growth forest) sitä vastoin tarkoitetaan puustoltaan vanhaa mutta luonnontilasta tai luonnontilaisen kaltaista metsää, jossa on saattanut useita vuosikymmeniä aikaisemmin olla ihmisvaikutusta, kuten harsintahakkuita. Tämä voi edelleen näkyä esimerkiksi yksittäisinä pitkälle lahonneina hakkuukantoina. Luonnontilaisuusasteesta kertovat esimerkiksi talousmetsiä

korkeampi järeän kuolleen ja vanhan elävän puuston määrä, puuston aukkoisuus tai ryhmitäisyys, latvuston kerroksellisuus ja puulajisekoitus. Luonnontilaiset metsät taas voivat edustaa mitä hyvänsä sukkessiovaihetta, tuoreesta metsäpaloalasta vanhaan metsään.

Suomen metsien monimuotoisuuden tilaa ja metsän- ja luonnonhoidon vaikutuksia siihen on viime vuosina tarkasteltu useissa raporteissa (viitteet, katso luku 2.1.1). Tässä käydään läpi näiden selvityksien päätuloksia, koskien sekä suojelu- että talousmetsiä. Tiivistelmän keskiössä ovat metsien käytön vuoksi taantuneet ja uhanalaistuneet metsien luontotyypit ja lajit. Tarkasteltavia metsien rakennepiirteitä ovat varsinkin vanhojen metsien osuus, lahopuu, vanhat, isot puut sekä metsien lehtipuuosuus tai sekapuustoisuus. Tarkastelua on laajennettu alaluovussa 2.1.1 mainittujen raporttien valmistumisen jälkeen, vuosina 2020–2024 julkaistulla tutkimuskirjallisuudella.

### 3.1.3.2 Suojeltujen ja talousmetsien osuudet Etelä- ja Pohjois-Suomessa

Suomen metsistä (metsä-, kitu- ja joutomaat) on suojeltu yhteensä 2,94 miljoonaa hehtaaria eli 13 % metsäpinta-alasta (lakisääteiset suojelualueet 2,46 ja talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteet 0,48 milj. ha); metsämaata tästä on 1,7 miljoonaa hehtaaria, eli 7,5 % metsäpinta-alasta. Etelä-Suomen metsämaan pinta-alasta on suojeltu yhteensä 0,65 miljoonaa hehtaaria (6 %), josta tiukasti suojeltu (täysin metsätaloustalouden ulkopuolella) on 0,40 miljoonaa hehtaaria (3,6 %). Loppuosa koostuu väljemmin suojelluista rajoitetun metsätaloustalouden kohteista, joilla esimerkiksi varovaiset hakkuut ovat mahdollisia. Pohjois-Suomen metsämaasta on suojeltu yhteensä 2,29 miljoonaa hehtaaria (20 %), josta 1,89 miljoonaa hehtaaria (16,5 %) on tiukasti suojeltua (Taulukko 7). Eriasteisesti suojellun metsämaan pinta-ala on 1980-luvulta varsinkin Etelä-Suomessa moninkertaistunut; lähtötaso on kuitenkin ollut alhainen (Koivula ym. 2024, Kulju ym. 2023). Suojellun metsäpinta-alan kasvu on silti ollut verraten hidasta, mikä näkyy myös lajiston uhanalaistumiskehityksessä (Hyvärinen ym. 2019).

**Taulukko 7.** Metsämaan talousmetsät ja tiukasti suojellut metsät (tuhatta hehtaaria) sekä tiukasti suojellun metsän osuus 1.1.2022 tilanteen mukaan. Lähde: Luken tilastot.

Jakso	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi		
	Talous	Suojeltu	Suojeltu, %	Talous	Suojeltu	Suojeltu, %
1980	11 046,0	19,7	0,2	8 649,8	349,6	3,9
1990	11 050,3	21,8	0,2	8 344,0	636,9	7,1
1999	11 037,9	129,2	1,2	8 166,2	1 004,5	11,0
2006	10 803,8	279,1	2,5	7 782,5	1 220,0	13,6
2011	10 820,3	322,8	2,9	7 610,5	1 512,9	16,6
2016	10 818,4	377,8	3,4	7 634,9	1 445,3	15,9
2020	10 713,9	404,4	3,6	7 535,1	1 534,5	16,9

### 3.1.3.3 Metsäluontotyyppien uhanalaisuus ja uhkatekijät

Suomessa yli 3 000 vuotta sitten alkanut maanviljely alkoi hitaasti vähentää metsäpinta-alaa, vaikka luontaiset häiriöt, kuten metsäpalot, vielä pääsääntöisesti muokkasivat metsäkuva (Vanha-Majamaa & Reinikainen 2000). Asutuksen vakiintuminen lisäsi vähitellen myös metsien puunkäyttöä, ja viimeisten satojen vuosien tehostuneen maankäytön aikana Suomen metsät ovat merkittävässä määrin menettäneet luontaisia ekologisia ominaispiirteitään. Maankäyttö ja siinä tapahtuneet muutokset ovat todennäköisesti jo vuosisatoja sitten aiheuttaneet lukuisten luontotyyppien uhanalaistumisen varsinkin Etelä-Suomessa, missä

esimerkiksi suurin osa lehdosta ja rehevistä kangasmetsistä on aikoinaan raivattu ja kaskettu maanviljelykseen. Metsätalous muuttui jo ennen 1800-luvun loppua keräilymetsätaloudesta lailla säädellyksi toiminnaksi ja tehostui entisestään II maailmansodan jälkeen (Vanha-Majamaa & Reinikainen 2000).

Viimeisimmän Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnin mukaan Suomen metsien luontotyypeistä 76 % on uhanalaisia (Kouki ym. 2018). Silmälläpidettäviksi metsäluontotyypeistä on arvioitu 21 %, ja yksi luontotyyppi on puutteellisesti tunnettu. Etelä-Suomessa uhanalaisten metsäluontotyyppien osuus (79 %) on selvästi suurempi kuin Pohjois-Suomessa (56 %). Jäljellä olevien lehtojen pinta-alasta 96 % sijaitsee Etelä-Suomessa, joten koko maan tasolla lehtojen pinta-alan ja uhanalaisuuden arvoinnit noudattelevat Etelä-Suomen arviointia. Pohjois-Suomessa lehdot eivät ole yhtä uhanalaisia kuin Etelä-Suomessa johtuen sekä lehtometsien erilaisesta käyttöhistoriasta että niiden suojelusta; Pohjois-Suomessa suojeltujen lehtojen osuus (24 %) on paljon suurempi kuin Etelä-Suomessa (3 %). Uhanalaisimpia metsäluontotyyppejä ovat vanhat metsät, karut kasvupaikat sekä tietyt lehtotyypit (kynäjalavalehdot ja tuoreet, runsasravinteiset lehdot) ja erikoistyyppit, kuten jalopuustoiset kangasmetsät.

Luontotyyppien uhanalaisuudessa ja maantieteellisessä jakaumassa on alueellisia eroja (luokittelu, katso Taulukko 8). Kun tarkastelussa ovat uhanalaisuusluokat (NT = silmälläpidettävä, VU = vaarantunut, EN = erittäin uhanalainen ja CR = äärimmäisen uhanalainen), havaitaan uhanalaisten luontotyyppien painottuvan Etelä-Suomessa Pohjois-Suomea voimakkaammin erittäin ja äärimmäisen uhanalaisiin. Pohjois-Suomessa ei puolestaan juuri ole lehtoja tai joi-takin erikoisluontotyyppejä. Etelä-Suomen uhanalaisista luontotyypeistä äärimmäisen uhanalaisia ovat vanhat kuivahkot kankaat sekä nuoret ja vanhat kuivat kankaat, ja 24 metsäluontotyyppiä on erittäin uhanalaisia tai vaarantuneita. Uhanalaisten luontotyyppien metsäpinta-alaosuus on suurin Etelä-Suomen kangasmetsissä. Pohjois-Suomessa kaikki 14 uhanalaiseksi arvioitua luontotyyppiä ovat kangasmetsiä, ja näistä karummat tyypit ovat yleisesti ottaen uhanalaisempia kuin viljavammat. Vanhan sukkessiovaiheen metsät ovat kangasmetsäluontotyypeistä uhanalaisimpia. Lehtipuuvaltaisia metsiä lukuun ottamatta kaikki vanhan kehitysvaiheen kangasmetsätyypit on arvioitu erittäin uhanalaiseksi. (Kouki ym. 2018.)

Metsien kuudesta erikoistyyppistä koko maassa vaarantuneita ovat harjumetsien paahderinteet, sisämaan tulvametsät ja jalopuustoiset kangasmetsät. Silmälläpidettäviä koko maan tasolla ovat kalliometsät ja serpentiinivaikutteisen maapohjan metsät. Sisämaan dyynimetsät sitä vastoin ovat puutteellisesti tunnettuja (luokka DD). (Kouki ym. 2018.)

Uhanalaisuustarkasteluissa jonkin tietyn rakennepiirteen, kuten lahopuun, väheneminen luontotyyppien tai lajien uhkatekijänä ei tarkoita lahopuun keskitilavuuden muutosta koko metsämaan alalla. Väheneminen uhkatekijänä viittaa siihen, että rakennepiirteen määrä vähenee juuri niillä alueilla ja kohteilla, joissa uhanalaisten lajien paikallispopulaatioita on jäljellä. Kyse on siis periaatteessa sopivien elinympäristöjen häviämisestä.

Luontotyyppien uhanalaistumisen yleisimpiä syitä ovat nykyhetkeä aikaisemmat maankäytön muutokset (etenkin metsien muuttaminen viljelysmaaksi) ja nykymetsänhoidossa luontotyyppien ekologisen laadun heikkeneminen, eli varsinkin lahopuun ja isojen puuyksilöiden niukuus sekä puulajisuhteiden yksipuolistuminen. Myös vanhojen metsien vähyys korostuu luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnin tuloksissa. Vanhojen metsien ohella myös luontaisesti uudistuneet varhaisuknession ympäristöt, erityisesti paloympäristöt, ovat uhanalaistuneet (Kouki ym. 2018, Salminen ym. 2023). Varsinaisten metsäpaloympäristöjen ohella metsäpa-loilla on ollut keskeinen merkitys useiden karujen metsäisten luontotyyppien, kuten kuivien- ja karukkokankaiden, sekä harjujen paahderinteiden olemassaoloon. Palojen vähenemisen

sekä metsänhoitotoimien myötä ne ovat muuttuneet puustoisemmiksi. Lisääntyvä puustoisuus ja sen aiheuttama varjostus ovat muuttaneet karuja luontotyyppisiä tuoreemmiksi, jolloin niiden ekologiset ominaispiirteet ovat muuttuneet ja niiden omaleimainen lajistot on taantunut (Lindberg ym. 2021).

Lahopuun väheneminen on merkittävin yksittäinen syy metsäluontotyyppien uhanalaisuuden kannalta. Sen on arvioitu olevan yksi syy 27 metsäluontotyyppin uhanalaistumiselle, ja merkitystä pidetään suurena yhdeksälle luontotyyppille. Lahopuun vähyys näyttäytyy erityisen merkittävänä kangasmetsätyyppien laadullisessa heikkenemisessä.

Samat tekijät uhkaavat luontotyyppisiä myös tulevaisuudessa. Yleisiä, mutta vähemmän merkittäviä metsäluontotyyppien uhanalaistumisen syitä ovat mm. luontaisten laaja-alaisten häiriöiden (varsinkin metsäpalot) ja metsän luontaisen sukcession väheneminen, puulajisuhteiden muutokset, maanmuokkaus, herbivoria (kasvinsyönti) ja rakentamisesta johtuva metsäpinta-alan pieneneminen. Niin ikään rehevöittävä laskeuma, ojitukset, jalopuiden geneettisen monimuotoisuuden väheneminen, vieraslajit, kaivannaistoiminta, kuluminen, vesien säännöstely ja vesirakentaminen uhkaavat metsäluontotyyppisiä. Myös ilmastonmuutoksen arvioidaan tulevaisuudessa uhkaavan runsasta 40 %:a luontotyypeistä. Ilmaston lämpenemisen vuoksi kasvava tauti- ja tuholaisriski uhkaa etenkin jalopuustoisia luontotyyppisiä. (Kouki ym. 2018.)

### 3.1.3.4 Uhanalaiset metsissä elävät lajit

Uhanalaiset lajit ovat tärkeä indikaattori metsäluonnon tilasta. Uhanalaisiksi luokitelluilla lajeilla on tietyn suuruinen häviämiskahva, jota uhanalaisuusluokka kuvaa. Tuoreimman lajien uhanalaisuusarvioinnin mukaan Suomessa on yhteensä 1 587 uhanalaista ja silmälläpidettävää metsälajia, mikä on noin 9 % metsälajistostamme (Hyvärinen ym. 2019). Kaikista uhanalaisista lajeista ensisijaisesti metsissä elää 833 lajia (31 %). Silmälläpidettäviä ja puutteellisesti tunnettuja lajeja elää metsissä 1 212 lajia, ja maastamme on hävinnyt 88 ensisijaisesti metsissä elänyttä lajia. Metsät ovat elinympäristöistä tärkein myös uhanalaisten lajien toissijaisena elinympäristönä (Taulukko 8). Ne ovat yhtenä elinympäristönä yli kolmasosalle (38 %) kaikista uhanalaisista lajeista (Hyvärinen ym. 2019).

Merkittävin syy metsälajiston taantumiseen on vanhojen metsien ja vanhojen puiden väheneminen talousmetsissä – se on yhtenä syynä joka kolmannen lajin taantumiseen (34 prosentilla 1 587 uhanalaisesta ja silmälläpidettävästä metsälajista; Hyvärinen ym. 2019). Toiseksi merkittävin syy on kuolleen puuston väheneminen talousmetsissä, mikä sekä on yhtenä syynä joka kolmannen uhanalaisen ja silmälläpidettävän lajin taantumiseen (33 % em. lajeista; Hyvärinen ym. 2019). Kolmanneksi merkittävin syy on puulajisuhteiden muutokset – erityisesti vanhojen, elävien lehtipuiden ja järeän lehtilahopuun väheneminen talousmetsissä, senkin ollessa yksi syy liki joka kolmannen uhanalaisen ja silmälläpidettävän lajin taantumiseen (27 % em. lajeista; Hyvärinen ym. 2019).

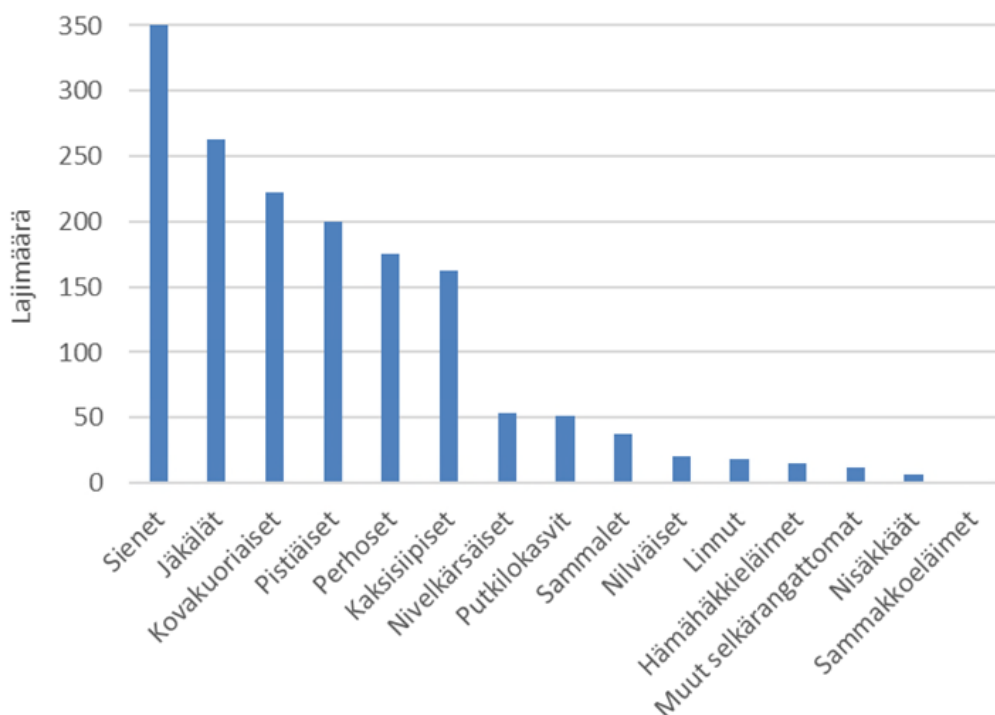
**Taulukko 8.** Metsissä ensi- ja toissijaisesti esiintyvät uhanalaiset ja niistä hävinneet lajit. VU = vaarantunut, EN = erittäin uhanalainen, CR = äärimmäisen uhanalainen, RE = maastamme hävinnyt. Lähde: Hyvärinen ym. 2019.

Lajiryhmä	VU	EN	CR	RE
Ensisijaisesti metsissä esiintyvät lajit	465	250	118	88
Toissijaisesti metsissä esiintyvät lajit	101	88	37	15
Yhteensä	566	338	155	103

Metsien merkitys uhanalaisten lajien elinympäristönä vaihtelee eliöryhmittäin. Uhanalaisissa ja silmälläpidettävissä metsälajeissa suurin lajiryhmä ovat sienet, joista 350 on uhanalaisia tai silmälläpidettäviä (Kuva 4). Uhanalaisista sienistä 48 % elää metsissä. Sienilajistoon kuuluu mykorritsasieniä, kuolleessa puussa eläviä lahottajasieniä (esimerkiksi käävät) ja karikkeen lahottajia. Seuraavaksi eniten on uhanalaisia jäkälälajeja, 263 lajia. Valtaosa uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsien jäkälästä on vanhojen puiden rungoilla ja oksilla kasvavia epifyyttejä, pienempi osa maalahopuilla kasvavia epiksyylilajeja. Uhanalaisista jäkälästä yli kolmasosa (38 %) elää kokonaan tai osittain metsissä.

Muut lajimääräisesti suurimmat ryhmät ovat runsaslajisia hyönteislahkoja: kovakuoriaisiin, pistiäisiin, kaksisiipisiin ja perhosiin kuuluu kuhunkin noin 160–220 lajia. Uhanalaisista kovakuoriaisista 42 % elää metsissä. Uhanalaisia putkilokasveja ja sammalia metsissämme on lähes sata. Selkärangaisista suurin ryhmä ovat linnut, joihin kuuluu yhteensä 18 uhanalaista ja silmälläpidettävää metsälajia. Metsät ovat erityisen tärkeitä uhanalaisista lajeista pistiäisille, joista 57 % on joko täysin metsälajeja tai joille metsät ovat yksi niiden käyttämistä elinympäristöistä (Kuva 4).

Metsien kaikista uhanalaisista lajeista noin 45 % elää ensisijaisesti lehdoissa (Taulukko 9). Lehtoja on uusimpien VMI-tietojen mukaan noin 3 500 km<sup>2</sup>, mikä on metsämaasta noin 1,7 %. Ensisijaisesti kangasmetsissä eläviä lajeja on 40 % kaikista uhanalaisista lajeista. Uhanalaisista metsälajeista noin 40 % on vanhojen (puuston iältään Etelä-Suomessa vähintään 120- ja Pohjois-Suomessa vähintään 160-vuotiaiden) metsien lajeja. Ensisijaisia harjumetsien lajeja on 6 % ja ensisijaisia paahteisten metsien lajeja 5 % uhanalaisista metsälajeista. Ensisijaisia metsäpaloympäristöjen lajeja on uhanalaisista metsälajeista 3 %. Nämä ovat enimmäkseen perhosia ja kovakuoriaisia (Hyvärinen ym. 2019).

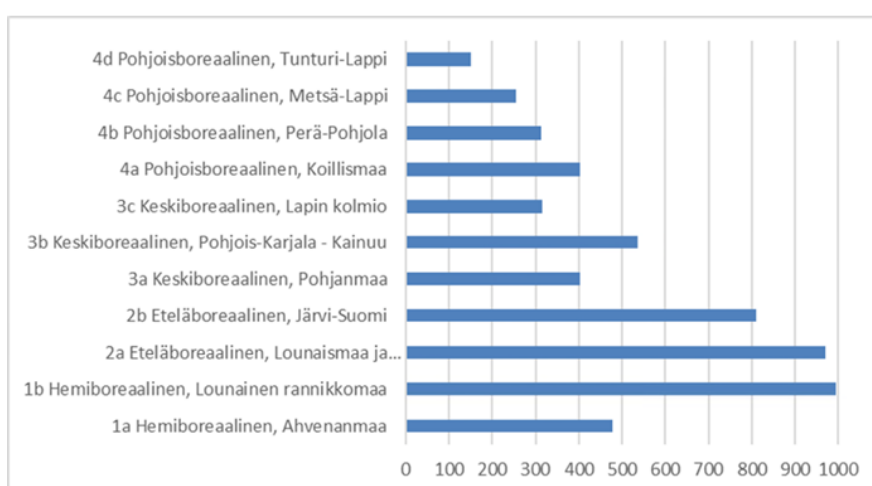


**Kuva 4.** Uhanalaisten ja silmälläpidettävien metsälajien jakautuminen lajiryhmiin. Lähde: Hyvärinen ym. 2019, Siitonen & Huhta 2023.

**Taulukko 9.** Ensisijaisesti metsissä elävien uhanalaisten (VU, EN, CR) ja hävinneiden (RE) lajien määrät pääelinympäristöittäin. Lajit = arvioitujen lajien määrä; % Uhan = kyseisen ympäristön uhanalaisten lajien (CR + EN + VU) osuus kaikista uhanalaisista, ensisijaisesti metsissä elävistä lajeista. Lähde: Hyvärinen ym. 2019.

Elinympäristö	Lajit	VU	EN	CR	RE	% Uhan
Vanhat kangasmetsät	801	111	54	25	17	23
Vanhat lehtometsät	246	51	24	20	11	11
Vanhat metsät, muut	116	28	15	5	5	6
Muut kangasmetsät	3 149	76	42	23	16	17
Muut lehtometsät	2 477	153	90	39	21	34
Tunturikoivikot	59	0	0	0	0	0
Metsät, määrittelemättömät	2 651	46	25	6	18	9
Yhteensä	9 499	465	250	118	88	100

Uhanalaisten ja silmälläpidettävien (alempana tässä kappaleessa "taantuneiden") metsälajien esiintyminen painottuu Etelä-Suomeen (Kuva 5). Metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin tarkasteltuna eniten taantuneita lajeja, noin tuhat, on hemiborealisessa vyöhykkeessä Lounais-Suomessa. Ahvenanmaalla, joka kuuluu kokonaan hemiboreaaliseen vyöhykkeeseen, taantuneiden lajien määrä vajaa 500. Eteläboreaalisen vyöhykkeen lounaisosassa (niin kutsuttu lounaismaa eli vuokkavyöhyke sekä Pohjanmaan rannikkomaa) taantuneiden lajien määrä on lähes yhtä korkea kuin hemiborealisessa vyöhykkeessä, noin 970 lajia. Eteläboreaalisen vyöhykkeen itäosassa, Järvi-Suomessa, taantuneiden lajien määrä on myös korkea, yli 800 lajia. Tästä pohjoiseen taantuneiden lajien määrä laskee selvästi. Keskiborealisessa vyöhykkeessä, Pohjois-Karjalan–Kainuun lohkoissa on tavattu lähes 550 uhanalaista lajia, mutta muualla keskiborealisessa ja pohjoisborealisessa vyöhykkeessä korkeintaan 400 tällaista lajia. Taantuneiden lajien määrä on pienin pohjoisboreaalisen vyöhykkeen Tunturi-Lapin lohkoissa, missä on tavattu 150 tällaista metsälajia. (Hyvärinen ym. 2019, Siitonen & Huhta 2023.)



**Kuva 5.** Uhanalaisten ja silmälläpidettävien metsälajien lajimäärä eri metsäkasvillisuusvyöhykkeillä ja niiden lohkoissa. Lähde: Hyvärinen ym. (2019).

Lahopuun määrä Etelä-Suomen metsissä on vähentynyt 90–98 % luonnontilaisiin metsiin verrattuna (katso luku 2.1.5). Näin suuri lahopuun määrän väheneminen saattaa aiheuttaa

lahopuusta riippuvaisten lajien lajimäärän vähenemisen noin puoleen. Tästä seuraa se, että ennusteen mukaan yli 1 000–2 000 lahopuulajia on pitkällä aikavälillä vaarassa kuolla sukupuuttoon maastamme, ellei lahopuumääriä saada kasvatetuksi (Siitonen 2001).

Lahopuun väheneminen on ensisijainen syy 156 eliölajin (19 % uhanalaisista metsälajeista) ja yksi syy 280 (34 %) muun eliölajin uhanalaistumiseen. Lahopuuta tarvitsevat uhanalaiset lajit ovat pääasiassa vanhojen metsien lajistoa ja useimmiten riippuvaisia järeestä lahopuusta. Lahopuun väheneminen on ensisijainen syy erityisesti kovakuoriaisten (59 lajia), kääväkkäiden (34 lajia), pistiäisten (23 lajia) ja jäkälien (16 lajia) uhanalaistumiseen. Lisäksi lahopuun väheneminen on 144 silmälläpidettävän lajin taantumisen ensisijainen syy. Myös silmälläpidettävissä lajeissa on erityisesti kovakuoriaisia (48 lajia), kääväkkäitä (42 lajia), pistiäisiä (22 lajia) ja jäkäliä (11 lajia). Lahopuusta riippuvaisten lajien viime vuosinakin jatkuneeseen vähenemiseen ovat johtaneet erityisesti runsalahopuustoisten metsien hakkuut alueilla, joilla uhanalaista lajistoa edelleen esiintyy. (Hyvärinen ym. 2019.)

Lahopuusta riippuvaista uhanalaista lajistoa tavataan hyvin monenlaisista luontotyypeistä. Lahopuun vähenemisen vuoksi uhanalaistuneet kovakuoriaiset ovat ensisijaisesti vanhojen kangasmetsien tai lehtojen lajistoa; yhdeksän on luokiteltu äärimmäisen ja 24 erittäin uhanalaisiksi. Nämä kovakuoriaiset ovat usein elintavoiltaan pitkälle erikoistuneita ja riippuvaisia riittävän järeestä, tietyn puulajin lahopuusta tai siinä kasvavasta sienestä, tai ovat evolutiivisesti paloympäristöihin sopeutunutta lajistoa. Viime mainituista esimerkiksi idänkukkajäärä ja kasikikeiju suosivat erityisesti palojen alkujaan vioittamia, lahoavia koivuja. Myös kääväkkäiden uhanalaistumisen tärkeimpänä syynä on tietyn tyyppisen lahopuun väheneminen; näille sienille on usein elintärkeää kyetä asuttamaan sellainen järeä lahopuu, joka on syntynyt vanhasta, hitaasti kasvaneesta ja tiheäsyisestä kuolleesta puusta. Osa kääväkkäistä on myös uhanalaistunut niiden vaatimien isäntäpuulajien vähyden vuoksi. Tällaisia ovat esimerkiksi kuivien kankaiden järeillä, kaatuneilla kelomännyillä kasvava kalkkikäpö tai kaatuneilla kuorettomilla haavoilla varjoisissa metsissä kasvava haaparaspä. Pääosa uhanalaisista metsien jäkälälajeista on vanhojen metsien lajistoa ja riippuvaisia järeistä ja vanhoista, elävistä ja kuolleista puista, etenkin haavasta. Vastaavaa erikoistumista on myös eläinpuolella. Ensisijaisesti lahopuun vähenemisen vuoksi uhanalaistuneista pistiäisistä kahdeksan on paahdeympäristöjen myrkkypistiäisiä ja 14 pääasiassa vanhoissa metsissä eläviä kätköpistiäisiä. Myrkkypistiäisten taantuminen liittyy ensisijaisesti kuolleiden kolopuiden vähenemiseen, kun taas toukkavaiheessa loisina elävät kätköpistiäiset ovat usein riippuvaisia tietystä isäntähyönteislajista, kuten eräistä lahopuulla elävistä kovakuoriaisista. Myös metsälinnustossa on runsaasti taantuneita kolopesijöitä, jotka tarvitsisivat suurempia kuolleen puun määriä, kuten hömötiainen ja monet tikat. (Hyvärinen ym. 2019, Siitonen & Huhta 2023, Koivula ym. 2024.)

### 3.1.3.5 Metsien tärkeiden sukkessiovaiheiden ja piirteiden nykytila

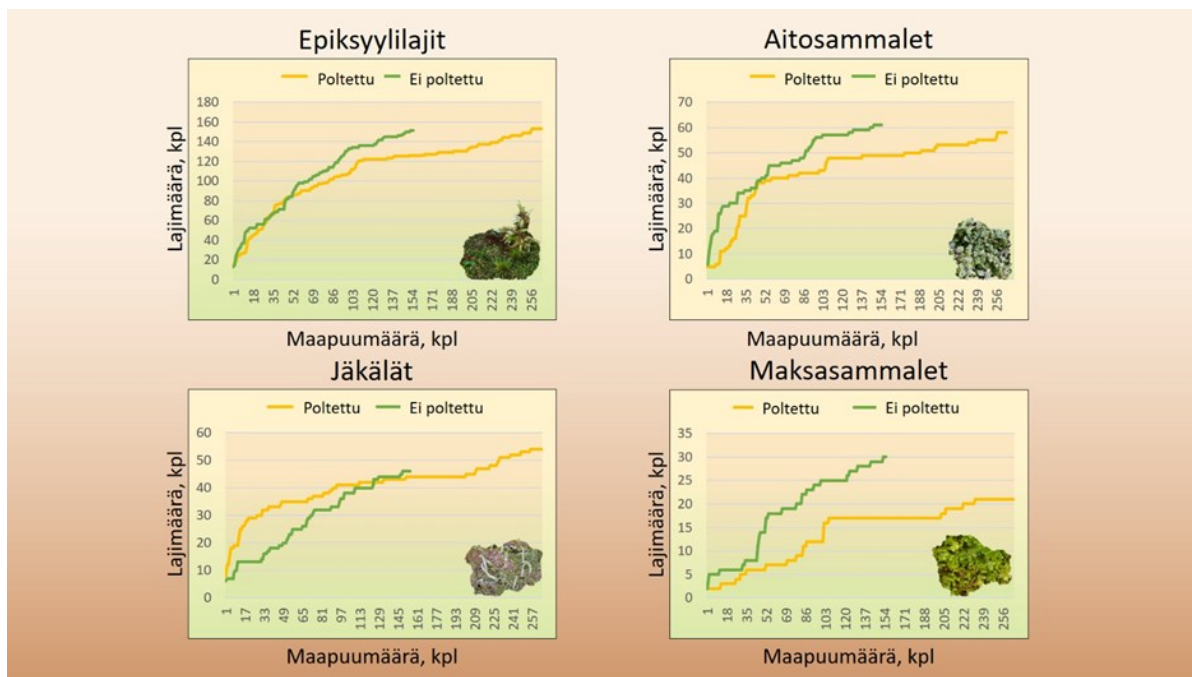
Tässä luvussa käsitellään vanhojen (ja nuorten) sukkessiovaiheiden metsien osuutta, lahopuuston ja isojen (vanhojen) puuyksilöiden määrää ja sekapuustoisuutta. Monimuotoisuuden kannalta tärkeiden metsien rakennepiirteiden negatiivinen tila on Suomessa kestänyt satoja vuosia (Taulukko 10), mikä näkyy luontotyyppien ja lajien uhanalaisuudessa (Kouki ym. 2018, Hyvärinen ym. 2019). 2000-luvulla tilanne on hieman parantunut varsinkin suurten puiden esiintymistiheyden ja Etelä-Suomen lahopuumäärien osalta. Muutos parempaan lienee osittain viimeaikaisen luonnonhoidon, sertifiointikriteerien, tutkimuksen ja muuttuneen asenneilmaston ansiota. Toisaalta varsinkin Etelä-Suomessa valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI12) havaittu lahopuumäärä on edelleen huomattavasti alhaisempi kuin luonnonmetsissä

esiintyvän lahoppuun määrä. Etelä-Suomen viime vuosikymmenien muutokset vanhojen metsien, suurten puiden ja kuolleen puun osalta näyttävät osuuksina korkeilta, mutta kaikkien määrät ovat edelleen selvästi alempia kuin luonnonmetsän oloissa tai 1750-luvulla (Mönkkönen ym. 2022). Esimerkiksi talousmetsien kuolleen puun määrän kasvattamiseksi tarvitaan selkeä tason nosto nykyisin käytössä olevissa luonnonhoidon toimenpiteissä (Punntila 2000, Salminen ym. 2023, Koivula ym. 2024).

**Taulukko 10.** Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden pitkäaikainen kehitys Suomen luonnontilaisissa metsissä (aikana ennen merkittävää ihmisvaikutusta; sarake "Luonnonmetsä"), 1750-luvulla sekä viimeisten sadan vuoden aikana (VMI1 [1921–1924] ja VMI12 [2014–2018]). "Muutos, %" on VMI1 ja VMI12 suhteellinen muutos, paitsi kuolleelle puulle, jolla vertailu oli VMI9 (1996–2003) ja VMI12 välillä. Vanhoille metsille "Muutos, %" on laskettu yli 160-vuotiaille metsille. Taulukon lähde: Mönkkönen ym. 2022.

Rakennepiirre	Luonnonmetsä	1750	VMI1	VMI12	Muutos, %	
Vanhoja metsiä (%)	> 150 v.	> 150 v.	> 160 v.	> 150 v.	> 160 v.	
Pohjois-Suomi	50	50	39	18,9	17,1	-56
Etelä-Suomi	50	25	0,7	1,7	1,1	+57
Koko maa	50	32	10	5,9	5	-51
Lehtipuuvaltaisia metsiä (%)						
Pohjois-Suomi	17,2	NA	12,8	6,3		-51
Etelä-Suomi	23,3	NA	19,3	11,1		-42
Koko maa	21,6	NA	17,9	10,0		-45
Suuria puuyksilöitä (n/ha)						
Pohjois-Suomi	56	42	11,8	12,9		+9
Etelä-Suomi	36	9	0,6	5,1		+743
Koko maa	42	18	3,7	7,3		+97
Kuollutta puuta (m <sup>3</sup> /ha)						
Pohjois-Suomi	50	38	9,5	7,5		-21
Etelä-Suomi	110	27	2,8	4,5		+61
Koko maa	94	30	5,8	5,8		0

Ennallistamisessa pyritään ihmistoimin palauttamaan kohteelle sen luontaisia rakennepiirteitä, kuten kuollutta puuta. Esimerkkejä ovat suurten ja vanhojen puiden säästäminen sekä puiden tappaminen pystyyn kaulaamalla tai polttamalla. Evon ennallistamiskokeessa jätettiin elävää puustoa 50 m<sup>3</sup>/ha ja eri määriä maapuita: 5, 30, ja 60 m<sup>3</sup>/ha, minkä jälkeen puolet metsikoistä poltettiin (kustakin käsittely-yhdistelmästä kolme toistoa; Vanha-Majamaa ym. 2007). Kokeella on tutkittu mm. metsiköiden uudistumista, lahoppuunmääriä, hyönteislajistoa ja kääväkkäitä (mm. Toivanen & Kotiaho 2007, Berglund ym. 2011, Ramberg ym. 2023). Tutkimustulokset osoittavat mm., että eteläborealisissa kuusivaltaisissa metsissä voidaan tuottaa lahoppuuta pitkäkestoisesti (yli 20 vuotta ennallistamisesta; lahoppuun tuottaminen + poltto/ei polttoa) 40–115 m<sup>3</sup>/ha (Shorohova ym. 2024), mikä vaikuttaa lahoppuilla elävien epiksyylilajien määrään (Kuva 6). Kaikkien lahoppuilla kasvavien epiksyylilajimäärien kasvu jatkuu polttamattomilla kohteilla yli 150 runkoon saakka (n. 60 m<sup>3</sup>) ja poltetuilla kohteilla yli 260 runkoon (yli 100 m<sup>3</sup>), mikä viittaa siihen, että lahoppuun määrä on rajoittava tekijä epiksyylilajistolle erityisesti talousmetsissä. Varsinkin maksasammalten lajimäärä kasvaa selkeästi suhteessa inventoitujen runkojen määrään (Kushnevskaia ym. 2024).



**Kuva 6.** Epiksyylilajien – aitosammalten, jäkälien, ja maksasammalten – kertymäkäyrät (lajimäärä per maapuumäärä) mustikkakankailla Evon ennallistamiskokeella (katso teksti) 20 vuotta toimenpiteiden jälkeen. Kuvaajissa on tulokset maapuukappaleiden lukumäärän suhteen; tilavuuden suhteutettuna esim. 60 maapuuta on noin 25 m<sup>3</sup>. Runkojen läpimitan keskiarvo on 21 cm.

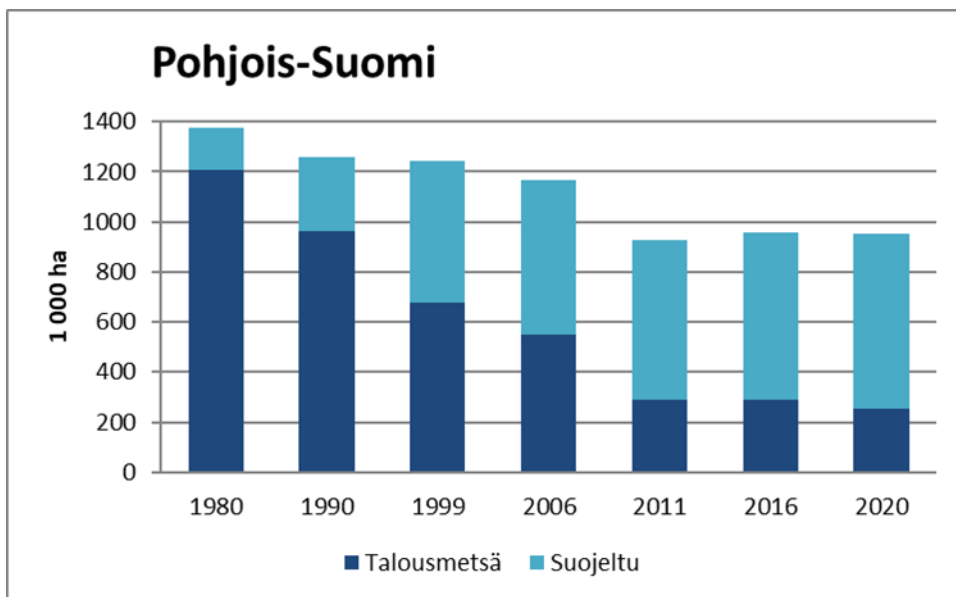
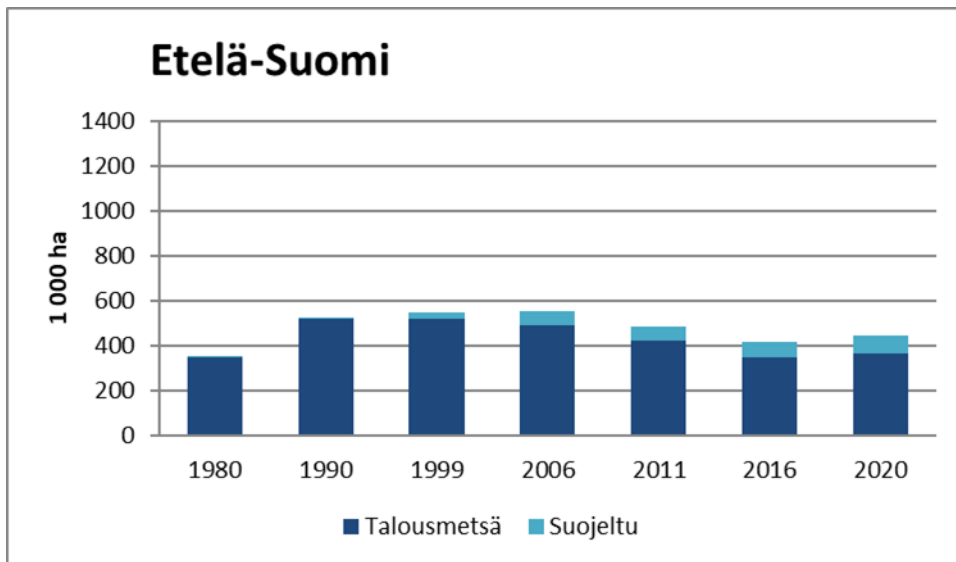
Metsien tärkeiden rakennepiirteiden (mm. vanhat metsät, lahopuu, isot puut, lehtipuusekoitus) säilyttämisen ja lisäämisen ohella monimuotoisuutta on mahdollista palauttaa metsiin myös siirtoistutuksin. Uhanalaisen metsälajiston onnistuneita siirtoistutuksia on toteutettu mm. Suomessa käävillä (Anonyymi 2023) ja Norjassa jäkälillä (Bjelland 2023).

### 3.1.3.5.1 Vanhat ja varhaislajivaiheen metsät

EU:n komission mukaan vanhan metsän määritelmä on: "Alkuperäisistä puulajeista koostuva metsikkö tai metsäalue, jonka rakenteet ja dynamiikka ovat kehittyneet pääasiassa luonnollisten prosessien kautta, ja jotka muistuttavat samantyyppisen luonnontilaisen tai häiriöttä kehittyneen metsän myöhäisiä sukkessiovaiheita. Siinä voi näkyä merkkejä aiemmasta ihmisen toiminnasta, mutta ne ovat vähitellen häviämässä tai sen verran vähäisiä, etteivät luonnolliset prosessit häiriinny merkittävästi". Pelkästään metsikön ikä ei siten riitä kriteeriksi vanhojen metsien määrää arvioitaessa. Vanhoille metsille tyypilliset rakennepiirteet ja dynamiikka ovat seurausta useista vuosikymmeniä kestäneestä luonnollisesta kehityksestä, jonka aikana ei ole tapahtunut merkittävää ihmistoimintaa (Syrjänen ym. 2024).

Nykykäsityksen mukaan ennen merkittävää ihmisvaikutusta 50–95 % Fennoskandian luonnontilaisista metsistä olisi ollut vanhoja, vähintään 150-vuotiaita, ja loput erilaisten laajempien häiriöiden, kuten metsäpalojen, synnyttämiä nuorempia ikäluokkia (Berglund & Kuuluvainen 2021; katso myös alaluku 2.1.2). Mikäli vanhojen metsien määrä vähenee luontaiseen nähden alle 10–30 prosenttiin (lajiryhmästä riippuen; katso esim. luku 2.1.1), näistä metsistä riippuvaisten lajien esiintyminen vaarantuu ja runsaus vähenee selvästi (Syrjänen ym. 2024). Kulloissakin tarkastelussa annettu vanhojen metsien määrä riippuu käytetyistä rakennepiirteiden määrien raja-arvoista. Tässä tarkastellaan lyhyesti vanhojen metsien (pelkästään iän mukaan) määrää VMI-aineistoihin perustuen 1980-luvulta lähtien.

Puustoltaan vanhojen metsien pinta-ala on pienentynyt 1980-luvulta nykypäivään varsinkin Etelä-Suomessa (Kuva 7). Etelä-Suomessa puustoltaan vanhoista metsistä 85 % on suojelualueiden ulkopuolella ja yli puolet yksityisessä omistuksessa. Etelä-Suomen metsämaalla on puustoltaan vanhoja metsiä noin 445 000 hehtaaria, josta 17,8 % on tiukasti suojeltu; Pohjois-Suomessa vastaavat luvut ovat 950 000 hehtaaria ja 73,1 %. (Korhonen ym. 2020, Koivula ym. 2024, VMI-aineistot.)



**Kuva 7.** Puustoltaan vanhan (Etelä-Suomessa vähintään 120- ja Pohjois-Suomessa vähintään 160-vuotiaan) talousmetsän ja tiukasti suojellun metsän pinta-alat Etelä- ja Pohjois-Suomessa. © Luonnonvarakeskus.

Puuston iän on havaittu korreloivan positiivisesti uhanalaisen lajiston (makrosienet, jäkälät, sammalet ja putkilokasvit) esiintymisen kanssa (Hekkala ym. 2023). Esimerkiksi epifyyttijäkälät ja uhanalainen kääpälaajisto tarvitsisivat lisää vanhoja metsiä, sillä ne ovat herkkiä metsien käsittelylle (Kantelinen ym. 2022, Hämäläinen ym. 2023, Nirhamo ym. 2023, Majdanova ym. 2023). Sieni-indikaattorilajien on todettu olevan riippuvaisia juuri vanhoista metsistä ja resursien – etenkin lahoppuun – runsaudesta (Norden ym. 2018).

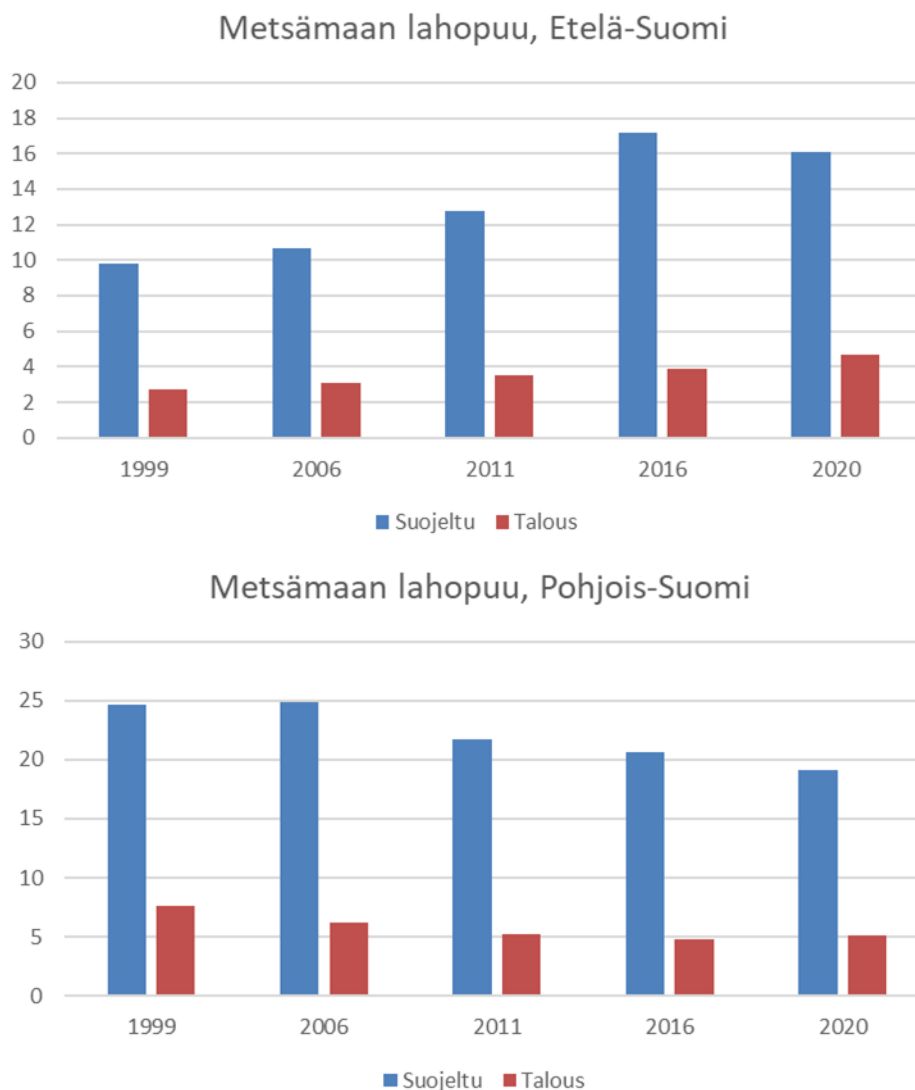
Vanhojen metsien ohella monimuotoisuuden kannalta tärkeitä ovat luontaisesti, esimerkiksi metsäpalon jälkeen, syntyneet eri suknessiovaiheiden metsiköt (Kuuluvainen & Gauthier 2018). Metsäpalon jälkeisen suknession nuoret ja keski-ikäiset vaiheet olisivat luontaisesti enimmäkseen lehtipuuvaltaisia. Käytännössä tällaisia suknessiovaiheita ei Suomessa juuri ole, koska suuria metsäpaloja ei ole ollut vuosikymmeniin johtuen tehokkaasta metsäpalontorjunnasta, tiheästä tieverkosta (sammuus on nopeampaa ja tehokkaampaa) ja sellaisista metsätaloustoimenpiteistä, jotka ovat vähentäneet paloriskiä. Lisäksi paloalueet suojelun sijaan pääsääntöisesti raivataan ja uudistetaan (Lindberg ym. 2021).

Metsäpalot, poltot ja kulotus suosivat pyrofiilisiä (paloalueita tai palanutta materiaalia suosivia) lajeja. Nuoret palon jälkeiset suknessiovaiheet ovat tärkeitä sienilajistolle, mm. käävälle (Kouki & Salo 2020, Ramberg ym. 2023). Hiiltynyt puu ja kulotus hyödyttävät pitkällä aikavälillä monia uhanalaisia lajeja. Alueellisesti kulotusta tulisi toteuttaa säännöllisesti, jotta hiiltynneen puun jatkumoa kyetään ylläpitämään (Ramberg ym. 2023). Kulotus ei kuitenkaan ole hyödyllistä kaikille lajeille, ja esimerkiksi epifyyttijäkälillä kulotuksen negatiiviset vaikutukset voivat kestää vuosikymmeniä (Nirhamo ym. 2024). Myös lahopuiden epiksyylimaksasammalten lajimäärät ovat alhaisempia hiiltynneissä maapuissa verrattuna polttamattomiin vielä 20 vuotta kulotuksen jälkeen (Kuva 6).

### 3.1.3.5.2. Lahopuu

Lahopuun määrä riippuu häiriödynamiikan suknessiovaiheesta ja kasvupaikan tuottokyvystä (Shorohova & Kapitsa 2015). Lahopuun tilavuus luonnontilaisissa tai vanhoissa metsissä on siten suurempi rehevillä kuin karuilla kasvupaikoilla ja pienenee etelästä pohjoiseen mentäessä (Syrjänen ym. 2024). Metsäluontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa koostettiin tutkimustietoon perustuvat arviot eri kasvupaikkatyyppien ja niiden ikäluokkien luonnontilaisten metsien kuolleen puun määrästä Etelä- ja Pohjois-Suomessa (Kouki ym. 2018). Näiden tietojen pohjalta laskettuna ja kangasmetsien eri kasvupaikkatyyppien ja niiden kehitysvaiheiden pinta-alalla painotettuna kuolleen puun tilavuus luonnontilassa olisi runsaat 90 kuutiometriä hehtaarilla (Mönkkönen ym. 2022). Vaihtelu on suurta: esimerkiksi kuusivaltaisissa metsissä metsikkötasolla muutamasta kymmenestä yli tuhanteen kuutiometriin (Shorohova & Kapitsa 2015; katso myös luku 2.1.2.2).

Lahopuun määrällinen kehitys on 1990-luvulta lähtien ollut Etelä- ja Pohjois-Suomessa erilainen (Kuva 8). VMI-aineistojen mukaan kuolleen puun määrä on kasvanut Etelä-Suomen talousmetsissä vuoden 2000 tasolta (2,7 m<sup>3</sup>/ha) vuoden 2020 tasolle (4,9 m<sup>3</sup>/ha), mutta samalla ajanjaksolla Pohjois-Suomessa kuolleen puun määrä on pienentynyt talousmetsissä 7,6 m<sup>3</sup>/ha:sta 4,8 m<sup>3</sup>/ha:iin. Myös suojelualueilla kuolleen puun määrä on samalla ajanjaksolla kasvanut Etelä-Suomessa 10 m<sup>3</sup>/ha tasolta lähes 20 m<sup>3</sup>/ha:iin, kun se Pohjois-Suomessa on samalla ajanjaksolla vähentynyt vuoden 1999 24,6 m<sup>3</sup>/ha:sta vuoden 2020 noin 19,1 m<sup>3</sup>/ha:iin. Syyksi lahopuun erilaiseen määräkehitykseen Etelä- ja Pohjois-Suomessa on esitetty erityisesti myrskyjä ja kuivuusjaksoja, joita on 2000-luvulla ollut enemmän Etelä- kuin Pohjois-Suomessa. Pohjois-Suomessa kuolleen puun määrä näyttäisi siis vähentyneen nopeammin kuin mitä sitä on syntynyt.



**Kuva 8.** Lahopuun määrän muutokset tiukasti suojelluissa metsissä ja talousmetsissä Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Pysty akselin yksiköt ovat m<sup>3</sup>/ha. Lähde: Koivula ym. 2024.

Kuollutta puuta on Suomen metsissä – suojellut metsät mukaan lukien – keskimäärin 6 m<sup>3</sup>/ha. Lahopuun määrä korreloi yleisesti lahopuun monipuolisuuden kanssa, mutta molemmat ovat tärkeitä; eri kuolleen puun lajeilla, lahoasteilla, kokoluokilla ja tyypeillä (maa- tai pystypuu) on omanlaistaan lajistoa, kuten myös hiiltyneellä lahopuulla (Stokland ym. 2012). Myös kuollut pystypuu on tärkeää monimuotoisuuden kannalta. Esimerkiksi keloilla kasvavat jäkälälajit saattavat kärsiä sukupuuttovelasta (tiettyyn rakennepiirteeseen, kuten keloihin, erikoistunutta lajistoa saattaa sinnitellä paikalla pitkäänkin ennen kuin ne esimerkiksi rakennepiirteiden jatkumon katketessa häviävät), koska uusia keloja ei muodostu riittävästi. Uusien kelojen kehittyminen esimerkiksi metsäpaloalueiden suojelun kautta auttaisi pidemmällä aikavälillä keloja tarvitsevia jäkälälajeja (Larsson Ekström ym. 2023). Kelojatkumon ylläpitäminen olisikin tärkeää monimuotoisuuden kannalta (kelokko.fi, Kuuluvainen ym. 2017).

Maapuilla kasvavan kääpälajiston runsaus korreloi lahopuun määrän kanssa (mm. Majdanova ym. 2023), ja jopa kaupunkimetsissä lajisto on runsasta, mikäli vain lahopuuta on riittävästi (Korhonen ym. 2020, 2021). Lajimäärä kasvaa vielä lahopuun määrän ylittäessä 20–30 m<sup>3</sup>/ha (Ylisirniö ym. 2016). Lahopuun laatu ja monipuolisuus selittävät usein paremmin harvinaisen

ja uhanalaisen kääpäälajiston rikkautta kuin lahopuun kokonaismäärä. Luontaisesti syntyneillä maapuilla on rikkaampi kääpäälajisto kuin ennallistamalla tuotetuilla maapuilla (Elo ym. 2019, Saine ym. 2023). Uhanalaiset kääpäälajit vaativat yleensä varsinkin järeitä maapuita (Koivula ym. 2024 ja viitteet siinä).

### 3.1.3.5.2 Isot puut

Kaikki elävän ja kuolleen puuston säästäminen on metsälajistolle hyödyllistä, mutta pääosa uhanalaisista metsälajeista on riippuvaisia nimenomaan järeistä puista. Isot säästöpuut hyödyttävät juuri järeää lahopuuta vaativaa lajistoa, sillä ne takaavat uuden lahopuun syntymisen jopa vuosikymmenien ajan, kun säästöpuita vähitellen kaatuu ja kuolee.

Monet harvinaiset ja uhanalaiset käävät ja jäkälät vaativat kasvualustoikseen erittäin järeitä puita ja ne ovat usein myös hitaita levittäytymään, joten isojen puiden pysyvä säästäminen on niiden säilymisen kannalta välttämätöntä. Muun muassa uhanalaisia jäkäliä tavataan kaikilla puulajeillamme, kunhan puut ovat riittävän isoja ja vanhoja. (Hyvärinen ym. 2019, Koivula & Vanha-Majamaa 2020, Koivula ym. 2023, Hämäläinen ym. 2023). Isot järeät puut tarjoavat myös enemmän mikroympäristöjä lajistolle. Puiden pintarakenne ja pienilmasto ovat epifyynteille tärkeitä, ja makrojäkälien lajimäärä kasvaa puiden iän ja koon kasvaessa (Uliczka & Angelstam 1999). Haavalla kasvavien jäkälälajien (ml. uhanalaiset lajit) määrään vaikuttaa kuusen määrä kasvupaikalla, metsikön ikä ja kasvualustan pH (Nirhamo ym. 2021).

Järeiden (>30 cm) haapojen määrä hehtaaria kohden on kasvanut 1990-luvun noin 0,3 m<sup>3</sup>/ha:sta noin 1,3 m<sup>3</sup>/ha:in. Järeiden haapojen runsaus on merkittävä tekijä metsäluonnon monimuotoisuudelle, sillä haapa on tärkeä elinympäristö lukuisille uhanalaisille lajeille (Hyvärinen ym. 2019). Haavan merkitystä havumetsien avainpuulajina on mm. metsänhoidon suosituksissa korostettu 1990-luvulta lähtien, mikä on vaikuttanut sen yleistymiseen säästöpuuna.

### 3.1.3.5.3 Sekapuustoisuus

Metsänhoidossa aikaisemmin vallinneet käytännöt ovat vähentäneet lehtipuuston osuutta metsissä. Metsämaan kokonaispuusto on kasvanut sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa 1980-luvulta lähtien aivan viime vuosia lukuun ottamatta. Männyn tilavuus on kasvanut eniten, mutta myös lehtipuun tilavuus on kasvanut sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa. Lehtipuuvältaisten metsien pinta-ala on kasvanut Etelä-Suomessa 1980-luvun alun jälkeen noin 60 %:lla, mutta Pohjois-Suomessa se on laskenut noin 10 %:lla. Etelä-Suomen lehtipuuvältaisten metsien lisäyksestä valtaosa tapahtui 1990-luvulla, mutta lisäystä on ollut myös vuoden 2006 (VMI10) jälkeen. Lehtipuiden osuus koko puuston tilavuudesta sitä vastoin ei juuri ole muuttunut 1990-luvulta.

Sekametsien ja lehtipuuston osuus väheni Suomen metsissä 1980- ja 1990-lukujen vaihteeseen saakka (Koivula ym. 2025b). Kehitystä vauhdittivat ensin kaskeamisen ja metsälaiduntauksen päättyminen ja sen jälkeen metsätalouden voimaperäistyminen (luku 2.1.3.3). Viime mainittu alkoi 1960-luvulla, suosien ensin mäntyä ja sittemmin myös kuusta kaikissa metsänkasvatuksen vaiheissa. Männyn osuus puustosta kasvoi myös runsaiden metsäojitusten seurauksena.

1990-luvun alussa tapahtuneen Suomen metsäpolitiikan muutoksen seurauksena metsänkäsittelyn suositukset ja käytännöt alkoivat monipuolistua ja sekametsien ja lehtipuuvältaisten metsien osuudet alkoivat kasvaa. Noin 15 vuodessa – 2000-luvun alkuun mennessä –

kokonaan tai lähes kokonaan (>95 %) yhden puulajin metsien osuus pinta-alasta väheni 10 prosenttiyksikköä 51 prosenttiin (Taulukko 11). Lisäksi koivun osuus puuston tilavuudesta kasvoi vajaaseen 17 prosenttiin. Molempia voidaan pitää merkittävänä muutoksina noin lyhyen ajan kuluessa. Sen jälkeen, viimeisen 20 vuoden aikana, kokonaan tai lähes kokonaan yhden puulajin metsien osuus on hieman kasvanut ja sekametsien säilynyt ennallaan. Myös koivun osuus puuston tilavuudesta on säilynyt ennallaan. Kehityksen pysähtymisen syyksi on tavallisesti esitetty koivutukin ja -kuitupuun havupuita selvästi heikompaa hintatasoa ja hirvi- tuhoja. Monimuotoisuuden kannalta tärkeiden muiden lehtipuiden (haapa, leppä, raita ym.) osuus kokonaispuustosta, noin 3,5 %, ei ole käytännössä muuttunut viimeisen 20–25 vuoden aikana (Taulukko 11).

Taulukko 11. Yhden tai lähes yhden puulajin metsien, sekametsien ja lehtipuuston osuudet metsämaalla viimeisen 30 vuoden aikana (Tomppo ym. 2001, Koivula ym. 2025).

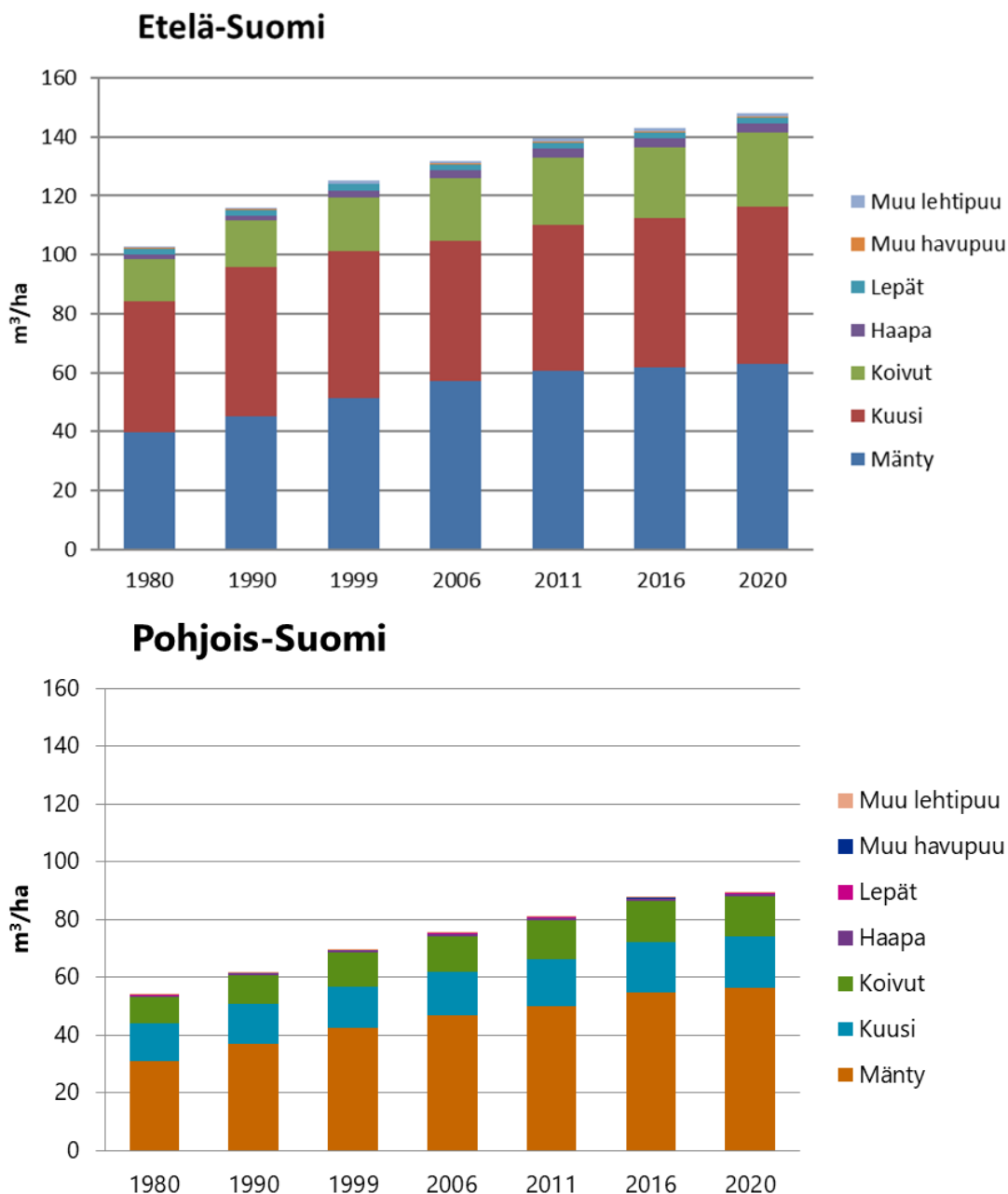
	VMI8 (1988– 1994)	VMI9 (1996– 2003)	VMI10 (2004– 2008)	VMI11 (2009– 2013)	VMI12 (2014– 2018)	VMI12/13 (2019– 2022)
Yhden tai lähes yhden puulajin metsät <sup>1</sup> , %	61,5	54,6	51,3	56,4	54,3	54,9
Sekametsät <sup>2</sup> , %	12,0	13,3	14,2	13,8	13,8	13,8
Lehtipuuvallaiset metsät, %	8,2	9,5	9,5	9,9	10,0	10,0
Koivun osuus puuston tilavuudesta <sup>3</sup> , %	14,7	15,4	16,6	16,7	16,6	16,6
Muun lehtipuun osuus puuston tilavuudesta <sup>3</sup> , %	3,1	3,4	3,4	3,6	3,3	3,4

<sup>1</sup> Yhden puulajin vallitsevuus > 95 %.

<sup>2</sup> Yhden puulajin vallitsevuus alle 75 %.

<sup>3</sup> Puuntuotannon metsä- ja kitumaalla.

Inventoiduissa metsissä esiintyvien puulajien määrän perusteella monipuolistumista lienee kuitenkin jonkin verran tapahtunut viimeisen 20 vuoden aikana. Yhden puulajin metsien osuus on vähentynyt, kahden säilynyt ennallaan ja muiden luokkien (puulajeja kolme tai yli neljä) lisääntynyt. Puulaji on luettu mukaan, jos sitä on ollut vähintään 5 % VMI-koealan pohjapinta-alasta tai runkoluvusta. Tosin tulokset eivät ole kokonaan vertailukelpoisia, koska menetelmää muutettiin VMI10 ja VMI11 välillä.



**Kuva 9.** Eri puulajien keskitilavuus metsämaalla Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

Puulajisuhteiden muutokset ovat ensisijainen syy 188 punaisen listan metsälajin (12 % punaisen listan metsälajeista) ja yksi syy 18 metsäluontotyypin (53 %) uhanalaisuudelle (Hyvärinen ym. 2019). Lehtipuuvältaisten varttuneiden ja vanhojen metsien vähyys on aiheuttanut vanhasta järeästä lehtipuusta ja sen myöhemmin muodostamasta lahoppuusta riippuvaisen lajiston taantumisen ja uhanalaistumisen (Hyvärinen ym. 2019). Tilannetta vaikeuttaa se, että viime vuosikymmeninä kasvaneet hirvieläinkannat ovat vähentäneet tai jopa estäneet lehtipuiden käyttöä metsänuudistamisessa (esim. Koivula ym. 2023). Lisäksi hirvieläimet vähentävät syönnillään luontaisesti uudistuneen lehtipuuston määrää.

Sekametsien merkitystä monimuotoisuudelle ja muille ekosysteemipalveluille on käsitelty kolmessa pohjoismaisessa katsausartikkelissa (Felton ym. 2010, 2016, Huuskonen ym. 2021), ja Siitonen ja Huhta (2023) ovat tehneet aiheesta tuoreen yhteenvedon. Kaikilla puulajeillamme

on vähintään kymmeniä juuri kyseiselle puulajille erikoistuneita seuralaislajeja. Siksi sekapuustoinen metsikkö ylläpitää rikkaampaa eliölajistoa kuin yhden valtapuulajin metsikkö. Monet lehtipuiden eliölajit ovat erikoistuneet tiettyyn isäntäpuulajiin, eivätkä pysty elämään sellaisissa metsiköissä, joista niiden vaatimat puulajit puuttuvat. Lehtipuut ovat monille uhanalaisille lajeille tärkeitä elinympäristöjä. Lajimäärä kasvaa puun iän myötä, ja uhanalaisia lajeja elää erityisesti järeissä vanhoissa ja kuolleissa puissa. Korkeampi lajimäärä edellyttää monipuolista puuston ikä- ja latvusrakennetta. Sekametsissä elävät uhanalaiset lajit ovat etupäässä riippuvaisia vanhoista elävistä lehtipuista ja järeästä lehtilahopuusta.

Lehtipuulajeista vanhat elävät ja kuolleet haavat tarjoavat elinympäristön erityisen monelle uhanalaiselle lajille (esim. Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Vanhojen haapojen uurteinen ja emäksinen kuori on tärkeä kasvualusta monelle uhanalaistuneelle epifyyttijäkälälajille. Haavan ohella raita ja pihlaja ovat punaisen listan epifyyttijäkälille ja -sammalille tärkeitä elinympäristöjä. Haavalla yleinen haavankääpä lahottaa haavan sydänpuuta puun vielä kasvaessa, ja ontto puu tarjoaa pitkäaikaisen elinympäristön monille harvinaisille lahopuulajeille sekä kolopesijöille, kuten tikoille ja liito-oravalle. Myös muilla lehtipuulajeilla elää juuri niihin erikoistuneita spesialisteja. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021.)

Sekapuustoisuus ja lehtipuiden osuuden kasvu vaikuttavat positiivisesti mm. metsälintujen lajimäärään (esim. Koivula ym. 2022, 2024). Paikkalintujen lajimäärät ovat yleisesti ottaen korkeampia varttuneissa havu-lehtisekametsissä kuin vanhoissa (yli 120-vuotiaissa) havumetsissä tai nuoremmassa talousmetsissä. Esimerkiksi pyy vaatii elinympäristöltään 5–40 % lehtipuuta, erityisesti leppiä ja koivuja. Valkoselkätikka vaatii elinpiiriltään runsaasti vanhoja järeitä lehtipuita. Pyrstötiaisia tavataan säännöllisimmin metsäalueilla, joilla on vähintään viidennes lehtipuultaista metsää. Pääasiallisesti havupuilla ruokaileva pohjantikka suosii pesäpuunaan lehtipuita, erityisesti haapaa. Haapa ja siihen hakatut vanhat tikankolot ovat myös tärkeitä pesimäpaikkoja vähälukuisille kololinnuille, kuten helmi- ja varpuspöllölle. Lisäksi vanhat lehti-havusekametsät ovat pesimäympäristönä kanahaukan ja liito-oravan suosiossa. Lehti-havusekametsät ovat puhtaita havumetsiä suotuisampia myös metsäkanalintujen poikasympäristöinä. Hömötiaisen uhanalaistumiseen suurin syy on lehtilahopuun pitkään jatkunut väheneminen ja tämänhetkinen vähyys talousmetsissä. Pienillä puilla ja ohuemmillä oksilla kasvaa vähemmän epifyyttijäkälä kuin suurilla, mikä vaikuttaa oksajäkälien kasvustoissa talvehtivien selkärangattomien määrään, joka on talviajan pääravintoa metsätiaisille. (Koivula ym. 2022, 2024.)

Lehtisekapuuston ylläpitäminen vaikuttaa suotuisasti mm. linnuston, kasvillisuuden ja kasvillisuudesta riippuvaisen hyönteislajiston monimuotoisuuteen (mm. Lindblad ym. 2022, Koivula ym. 2024). Suurin osa lehtipuista ja lehtisekapuustosta riippuvaisista punaisen listan lajeista elää kuitenkin vanhoilla tai kuolleilla lehtipuilla – pelkkä sekametsäisyys ei siis auta tätä osaa lajistosta. Järeiden haapojen säästäminen päätehakkuussa ja myöhemmissä harvennushakkuissa on tärkeä sekapuustoisuutta ylläpitävä keino. Sekametsäisyyden ylläpitäminen tulevaisuudessa edellyttää sitä, että taimikon hoidosta lähtien metsissä säilytetään riittävä lehtipuusekoitus (Felton ym. 2010, 2016, Huuskonen ym. 2021, Keto-Tokoi & Siitonen 2021, Rätty ym. 2022, Siitonen & Huhta 2023, Hämäläinen ym. 2024), ja erityisen tärkeitä ovat järeät lehtipuut, joilla on enemmän lajistolle tärkeitä mikroympäristöjä (Jansone ym. 2023).

### 3.1.4 Ekologian teoria: lajiston vaatima resurssimäärä ja lajien säilyminen

Keskeiset sisällöt:

- Tietystä elinympäristöstä riippuvainen eliölajisto käy sitä suppeammaksi, mitä vähäisemmäksi elinympäristön määrä käy; aluksi väheneminen on hidasta, mutta saattaa myöhemmin kiihtyä.
- Lajin tai lajiryhmän esiintymisen tai pysyvän säilymisen edellyttämää elinympäristön tai resurssin minimimäärää voidaan kutsua kynnsarvoksi.
- Eri lajit saavuttavat häviämiskynnsarvonsa elinympäristön vähenemisen eri vaiheissa ja reagoivat elinympäristön määrään eri mittakaavoissa, joten elinympäristön määrän ja kokonaislajimäärän suhteessa ei yleensä esiinny teräviä taitekohtia.
- Elinympäristön määrän ja lajimäärän suhde muistuttaa tavallisimmin ylöspäin kuperaa käyrää, jonka kulma loivenee asteittain elinympäristön määrän lisääntyessä; suhteessa voidaan silti hahmottaa kynnsarvoja tai kynnsarvovälejä, jos käyrä on muodoltaan äkillisesti loiveneva tai jyrkkenevä.
- Yksittäisten lajien häviämiskynnsarvojen tasot vaihtelevat riippuen lajien ominaisuuksista ja niiden vaatiman resurssin alueellisesta jakautumisesta maisemassa.
- Empiirisissä tutkimuksissa lajien häviämisten kiihtymiskynnsarvo on usein paikannettu välille, jossa jäljellä oleva elinympäristö kattaa 10–40 % maisemasta.

#### 3.1.4.1 Elinympäristön määrän ja lajimäärän suhde

Ekologinen teoria ennustaa, että tietystä elinympäristöstä riippuvainen eliölajisto käy sitä suppeammaksi, mitä vähäisemmäksi elinympäristön määrä hupenee. Elinympäristön määrän vähetessä lajien yksilömäärät yleensä pienenevät. Pienissä populaatioissa eliöiden on vaikeampaa löytää pariutumiskumppania, ja sisäsiirtoisuus voi lisäksi heikentää yksilöiden elinkykyä. Myös satunnaiset demografiset tai ympäristöön liittyvät vaihtelut voivat johtaa lajin paikalliseen häviämiseen helpommin, kun yksilöitä on vähän (Amarasekare 1998, Stephens ym. 1999). Näistä syistä johtuen lajin populaatio alkaa ajautua vääjäämättä kohti paikallista sukupuuttoa siinä vaiheessa, kun elinympäristön määrä alittaa lajin kannalta pienimmän kestävän tason, eli häviämiskynnsarvon. Häviämiskynnsarvon alittuminen ei silti välttämättä merkitse lajin välitöntä katoamista maisemasta, sillä populaatiot reagoivat elinympäristön vähenemiseen viipeellä (Tilman ym. 1994). Lisäksi laji voi edelleen esiintyä maisemassa alueen ulkopuolelta saapuvien satunnaisten harhailijoiden varassa, vaikka edellytyksiä pysyvälle populaatiolle ei enää olisi.

Yksittäisten lajien häviämiskynnsarvojen tasot voivat vaihdella samankin elinympäristö- tai resurssityypin osalta riippuen lajien ominaisuuksista ja niiden vaatiman resurssin alueellisesta jakautumisesta maisemassa. Häviämiskynnsarvojen mahdollisia vaihteluvälejä on selvitetty laskennallisissa simulaatiotutkimuksissa (katso alla), joissa tarkastelukohteena oleva kaksiulotteinen maisema jakautuu kohdelajien tai lajiryhteisöjen näkökulmasta elinympäristöksi kelpaavaan ja kelpaamattomaan alueeseen. Tällaisissa malleissa häviämiskynnsarvoa vastaava elinympäristön osuus voi vaihdella yli 90 %:sta alle 10 %:in riippuen maiseman ja lajien ominaisuuksista sekä niiden vuorovaikutuksista.

Maisemarakenteen osalta mallinnustutkimukset ovat osoittaneet, että elinympäristön osuuden vähentyessä:

- Häviämiskynnysarvo saavutetaan sitä aikaisemmin, mitä voimakkaammin elinympäristölaikut pirstoutuvat pieniksi toisistaan erillisiksi saarekkeiksi (Dykstra 2004, Swift & Hannon 2010 viitteineen).
- Pirstoutuneisuuden vaikutukset tulevat esille pääsääntöisesti vasta, kun jäljellä olevan elinympäristön osuus on esimerkiksi alle 20 % (Fahrig 1997, 1998) tai alle 30–50 % (Flather & Bevers 2002). Jos elinympäristön väheneminen tapahtuu maisemassa satunnaisesti, elinympäristölaikkujen eriytyneisyys toisistaan kasvaa nopeasti sen jälkeen, kun elinympäristön osuus on vähentynyt alle 40 % tason (Gustafson & Parker 1992).
- Pirstoutuneisuuden vaikutus riippuu siitä, missä määrin lajit pystyvät levittäytymään toisistaan eriytyneiden elinympäristölaikkujen välillä (Hill & Caswell 1999, With & King 1999) ja kuinka herkästi ne reagoivat reunavaikutuksiin ja laikun kokoon (With & King 2001, Schrott ym. 2005). Reunavaikutuksilla tarkoitetaan tilannetta, joissa elinympäristön reunaosat ovat olosuhteiltaan poikkeavia ja sen vuoksi elinympäristövaatimuksiltaan erikoistuneiden lajien kannalta heikompilaatuisia. Esimerkiksi avoimeen alueeseen rajautuvassa metsässä reunan vaikutus valon määrään, lämpötilaan, ilman sekä maan kosteuteen ja kasvillisuuden koostumukseen voivat näkyä kymmeniä metrejä metsän sisäosiin.
- Häviämiskynnysarvo saavutetaan sitä aikaisemmin, mitä lyhytikäisempiä elinympäristölaikut ovat, kun oletetaan, että yksittäisillä laikuilla on rajallinen elinkaari ja niitä syntyy ja tuhoutuu tietyssä tahdissa (Keymer ym. 2000, Wimberly 2006).

Lajien ominaisuuksien osalta mallinnukset osoittavat, että elinympäristön osuuden vähentyessä häviämiskynnysarvo saavutetaan sitä aikaisemmin, mitä...

- pienempi jälkeläistuotto lajilla on (With & King 1999, 2001, Keymer ym. 2000, Fahrig 2001),
- heikompi levittäytyjä laji on (Lamberson ym. 1992, With & King 1999),
- suurempia laikkuja laji vaatii (With & King 2001, Schrott ym. 2005), ja
- herkempi laji on reunavaikutuksille (With & King 2001, Schrott ym. 2005).

Koska eri lajit saavuttavat häviämiskynnysarvonsa elinympäristön vähenemisen eri vaiheissa ja reagoivat elinympäristön määrään eri aluemittakaavatasoilla, elinympäristön määrän ja lajirunsauden suhteessa ei yleensä esiinny teräviä taitekohtia (Ranius & Jonsson 2007, van der Hoek ym. 2015). Elinympäristön määrän ja lajimäärän suhde muistuttaakin tavallisimmin ylöspäin kuperaa käyrää, jonka kulma loivenee asteittain elinympäristön määrän lisääntyessä. Myös tällaisessa käyräviivaisessa suhteessa voidaan silti hahmottaa kynnsarvoja tai kynnsarvovälejä, mikäli käyrä on muodoltaan äkillisesti loiveneva, eli kulmakerroin muuttuu tietyllä kapealla elinympäristön muutoksen välillä voimakkaasti. Tällöin voidaan puhua kriittisestä kynnsarvosta lajimäärän suhteen (Swift & Hannon 2010).

Luonnonhoidon näkökulmasta tiettyyn elinympäristöön tai resurssityyppiin liittyvän kriittisen kynnsarvon voidaan nähdä edustavan tasoa, jonka yläpuolella resurssin määrän tulisi säilyä, mikäli siitä riippuvaista lajistoa halutaan turvata merkittävä osa. Kynnsarvon alapuolella lajikadon voidaan odottaa olevan erityisen jyrkkää, ja vastaavasti resurssin palauttamisen matalammalta tasolta kriittisen kynnsarvon tasolle voidaan odottaa tuottavan suurimman suhteellisen lajilisäyksen. Lajiston palautuminen edellyttää lisäksi, että yksilöitä on suhteellisen

lähellä ja että ne myös kykenevät sieltä resurssinpalautuskohteelle siirtymään. Kynnysarvon yläpuolella resurssin määrän muutos tuottaa suhteellisesti pienemmän muutoksen lajimäärään, mutta toisaalta nämä lajit ovat yleensä kaikkein harvinaisimpia ja uhanalaisimpia.

Empiirisissä tutkimuksissa, joissa on pyritty tunnistamaan kriittisiä kynnysarvoja elinympäristön määrän ja lajirunsauden välisessä suhteessa, kynnysarvo on paikannettu yleensä välille, jossa jäljellä oleva elinympäristö kattaa 10–40 % maisemasta (Liite A).

### 3.1.5 Monimuotoisuudelle tärkeät rakennepiirteet luonnon- ja talousmetsissä

Keskeiset sisällöt:

- Talousmetsien luonnonhoidon päätarkoitus on turvata sitä lajistoa, jonka taantumiseen metsätaloudella on ollut suuri vaikutus; suurimmat panostukset on hyvä ohjata sellaisiin elinympäristöihin ja puuston rakennepiirteisiin, joiden väheneminen on eniten aiheuttanut lajiston taantumista.
- Metsälajisto on evolutiivisen historiansa aikana sopeutunut metsien luontaiseen häiriödynamiikkaan ja sen tuottamiin rakennepiirteiden määriin.
- Ekologian teorian ja empiiristen havaintojen perusteella tiedetään, että jos elinympäristön määrä vähenee luonnontilaiseen tasoon nähden alle 10–30 %, kyseisestä elinympäristöstä riippuvaisten lajien esiintyminen vaarantuu ja runsaus vähenee voimakkaasti.
- Jos teorian mukaista 10–30 % tasoa sovelletaan rakennepiirteisiin (suhteessa niiden luontaiseen määrään), se tarkoittaa Suomen talousmetsille keskimäärin noin 9–28 m<sup>3</sup>/ha kuollutta puustoa ja 4–13 kpl/ha vanhoja, järeitä eläviä puita. Taantuneiden lajien esiintyvyyttä käsittelevä pohjoismainen tutkimus (luku 2.1.7) viittaa siihen, että tällaisia lajeja tavataan säännöllisesti metsissä, joissa lahopuumäärä on teorian antamassa haarukassa; vanhoille, järeille puille vastaavaa empiiristä tutkimusta ei ole.
- Rakennepiirteiden määriä tarkastellaan tässä Etelä- ja Pohjois-Suomen havupuuvaltaisissa kangasmetsissä ja vallitsevilla kasvupaikkatyypeillä. Tämä rajausta tehtiin siksi, että valtaosa hakkuista kohdistuu näille yleisille kasvupaikkatyypeille, ja koska lehtipuuvallaisuudesta ei ole vastaavia luonnontilaisen metsän määräärvioita kuin kuolleesta puustosta ja järeistä, vanhoista puista.
- Luonnontilainen taso laskettiin olettamalla konservatiivisesti, että 50 % metsistä olisi vanhoja, vähintään 150-vuotiaita metsiä; on huomattava, että korkeampi osuus muuttaisi järeiden elävien ja kuolleiden puiden määräärvioita. Luonnontilan kasvupaikkatyyppi- ja ikäluokkajakaumien arvioinnissa noudatettiin metsäluontotyyppien uhanalaisuusarvioinnin menetelmiä.
- Luonnontilaisilla kankailla (i) vanhojen, järeiden puiden määrä on vaihdellut muutamasta yli sataan kpl/ha, ja (ii) kuolleen puuston määrä on vaihdellut muutamasta kymmenestä muutama sataan m<sup>3</sup>/ha, alueesta, kasvupaikkatyyppistä ja kehitysvaiheesta riippuen.

Talousmetsien luonnonhoidon perimmäinen tarkoitus on turvata sitä lajistoa, jonka taantumiseen metsätaloudella on ollut suuri vaikutus. Tämän vuoksi luonnonhoidon suurimmat panostukset on kohdistettu sellaisiin elinympäristöihin ja puuston rakennepiirteisiin, joiden väheneminen on aiheuttanut lajiston taantumisen. Tässä ja sitä seuraavassa luvussa (2.1.5–2.1.6) keskitytään näihin rakennepiirteisiin sekä niiden luontaisista määristä johdettuihin tavoitetasoihin talousmetsissä, ja myöhemmissä luvuissa tarkastellaan empiirisiä havaintoja näitä tavoitetasoja koskien (2.1.7) sekä keinoja näihin tavoitetasoihin pääsemiseksi. On syytä

huomata, että tavoitetasot eivät täysimääräisinäkään toteutuessaan luultavasti turvaisi koko uhanalaista lajistoa, eivätkä ne korvaa lisäsuojelua – koska osalle taantuneista lajeista olosuhteiden yhdistelmät (varjostus, kosteus, rakennepiirteiden määrä, laatu ja jatku mot) talousmetsissä säilyisivät edelleen epäsuotuisina –, mutta ne luultavasti kääntäisivät metsälajien uhanalaistumiskehityksen suunnan.

Kolme merkittävintä lajiston taantumisen syytä ovat vanhojen (tässä yli 150-vuotiaiden, ellei toisin ilmoiteta) puiden ja vanhojen (tässä Etelä-Suomessa puustoltaan yli 120- ja Pohjois-Suomessa yli 160-vuotiaiden) luonnontilaisen kaltaisten metsien (nk. vanhat metsät, old-growth forests; katso luku 2.1.3) pitkäaikainen väheneminen ja nykyinen vähyyys, kuolleen puun väheneminen ja nykyinen vähyyys sekä puulajisuhteiden muutos eli etenkin vanhan lehtipuuston väheneminen (Hyvärinen ym. 2019). Myös Suomen luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa todettiin näiden samojen kolmen tekijän olevan kaikkein merkittävimmät metsäluontotyyppien tulevaisuuden uhkatekijät (Kouki ym. 2018). Luonnonhoidolla pyritään kohentamaan mainittujen rakennepiirteiden määrää talousmetsissä ja näin auttamaan niistä riippuvaista taantunutta lajistoa (katso tarkemmin luku 2.1.9).

### **3.1.5.1 Luonnonhoidon ekologia ja talousmetsien tavoitetasojen asettamisen perusteet**

Menestyksellä talousmetsien luonnonhoito perustuu metsälajiston elinympäristövaatimusten tuntemukseen ja luonnonhoitotoimenpiteiden riittävään mitoittamiseen tämän tietämyksen perusteella (Koivula ym. 2022).

Metsälajisto on evolutiivisen historiansa aikana sopeutunut metsien luontaiseen häiriödynamiikkaan ja sen vaihteluun erilaisissa metsissä. Nykykäsityksen mukaan luonnontilassa valtaosa metsistä – 50–95 % – on ollut vanhoja, vähintään 150-vuotiaita ja loput nuorempia, erilaisten luontaisen häiriöiden, kuten metsäpalojen, jälkeen syntyneitä lehtipuuvaltaisempia metsiä (Berglund & Kuuluvainen 2021). Kaikissa metsien kehitysvaiheissa on luonnontilassa ollut sekä vanhoja eläviä puita että järeää kuollutta puustoa (Kouki ym. 2018). Näiden määrä on vaihdellut kasvupaikkatyyppin, metsän kehitysvaiheen ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Metsäluontotyyppien uhanalaisuuden arviointiryhmä on tehnyt tutkimustietoon perustuvan koosteen näiden rakennepiirteiden määrästä luonnontilassa (Kouki ym. 2018). Lehtipuustoisuudesta vastaavaa arviota ei ole tehty (katso kuitenkin yksi mahdollinen lähestymistapa julkaisussa Mönkkönen ym. 2022), mutta myös lehtipuista riippuvaisen metsälajiston kohdalla erityisesti vanhojen lehtipuiden ja kuolleen lehtipuuston väheneminen ovat uhanalaistumisen takana. Näiden mainittujen rakennepiirteiden luontaisen vaihtelun tunteminen luo pohjan talousmetsien luonnonhoitotoimien riittävälle mitoittamiselle lajiston turvaamisen näkökulmasta.

Ekologian teorian ja empiiristen tutkimusten pohjalta tiedetään, että mikäli tietyn elinympäristön määrä vähenee luonnontilaiseen tasoon nähden alle 10–30 prosenttiin, niin kyseisestä elinympäristöstä riippuvaisen lajien esiintyminen vaarantuu ja runsaus vähenee selvästi (katso luvut 2.1.1 ja 2.1.4). Näistä lähtötiedoista voidaan periaatteessa määrittää talousmetsien luonnonhoidolle tavoitetasot myös elävien, vanhojen puiden sekä kuolleen puuston määrille, joita tarkastellaan tässä elinympäristönä tai resurssina näistä riippuvaiselle lajistolle. Määritettyjä tasoa tarkastellaan jäljempänä myös empiiristen havaintojen valossa.

Luonnonmetsien dynamiikkaa ja rakennetta koskevien tutkimusten perusteella pystytään arvioimaan, että luonnontilassa kuolleen puun määrä olisi koko Suomen tasolla ollut keskimäärin

yli 90 kuutiometriä hehtaarilla ja vanhojen, järeiden puiden määrä yli 40 runkoa hehtaarilla (Kouki ym. 2018; laskenta, katso Mönkkönen ym. 2022). Sovellettaessa edellä kuvatun elinympäristön vähenemisen vaikutusta kuolleen puun ja vanhojen elävien puiden varassa elävään metsälajistoon, 10–30 % tavoitetaso suhteessa luontaiseen kuolleen puun ja vanhojen puiden määrään olisi siten koko Suomen talousmetsien tasolla keskimäärin suuruusluokkaa 9–28 kuutiometriä kuollutta puustoa ja 4–13 runkoa vanhoja, järeitä eläviä puita hehtaarilla. Empiiriset taantunutta lajistoa koskevat havainnot, katso luku 2.1.7.

Seuraavassa tarkastellaan kuolleen puun ja järeiden (tässä vähintään 40 cm, ellei toisin ilmoiteta) elävien puiden tavoitetasoja tarkemmin pinta-alaltaan merkittävimmillä kangasmetsien kasvupaikkatyypeillä, Etelä-Suomessa hemi-, etelä- ja keskiboreaalisella metsäkasvillisuusvyöhykkeellä sekä Pohjois-Suomessa pohjoisboreaalisella metsäkasvillisuusvyöhykkeellä. Tämä vastaa metsäluontotyyppien uhanalaisuustarkastelussa (Kouki ym. 2018) käytettyä aluejakoa. Tarkastelussa pitäydytään havupuuvaltaisissa kangasmetsissä ja vallitsevilla kasvupaikkatyypeillä. Tämä siksi, että lehtipuuvaltaisuudesta ei ole samalla tavalla luonnontilaisuuden arviointeja käytettävissä kuin kuolleesta puustosta ja järeistä, vanhoista puista, sekä siksi, että valtaosa talousmetsien hakkuista kohdistuu näille yleisille (havupuuvaltaisille) kasvupaikkatyypeille. Lisäksi kaikkein rehevimpien ja karuimpien kasvupaikkatyyppien pienen pinta-alan vuoksi valtakunnan metsien inventointiaineistoista (VMI) laskettavat tunnusluvut olisivat niille osuvan vähäisemmän koealamäärän vuoksi epäluotettavampia.

Luonnontilainen taso on laskettu tätä tarkastelua varten sillä konservatiivisella oletuksella, että 50 % metsistä olisi vanhoja, vähintään 150-vuotiaita metsiä (luonnontilassa tällaisia metsiä on luultavimmin ollut 50–95 %, mistä tähän tarkasteluun otettiin alaraja; katso edellä) ja loput metsistä ovat tasaisesti jakautuneita nuorempiin ikäluokkiin (Berglund & Kuuluvainen 2021; vertaa Mönkkönen ym. 2022). Nämä nuoremmat ikäluokat jaettiin karkeasti nuoriin, alle 40-vuotiaisiin ja varttuneisiin, 41–150-vuotiaisiin kehitysvaiheisiin samaan tapaan kuin metsäluontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa (Kouki ym. 2018). Kasvupaikkatyyppien jakauma luonnontilassa arvioitiin samalla tavalla kuin luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa tehtiin, eli käyttämällä VMI5:n (1964–1970) tulosten mukaista kasvupaikkatyyppitietoa ajalta ennen voimakkaampaa rehevöitymiskehitystä. Tämä siksi, että 1960-luvulla alkanut rehevöityminen on muuttanut kasvupaikkatyyppien keskinäistä pinta-alajakaumaa (Kouki ym. 2018). Ikäjakaumaoletus tehtiin samalla tavalla kaikille kasvupaikkatyypeille, mutta myös siten, että oletettiin kuivan kankaan metsien ikäluokkajakauman eroavan ravinteisempien kangasmetsien ikäjakaumasta näillä tyypeillä vallitsevan hieman erilaisen häiriödynamiikkatyyppijakauman takia (elektroninen liitetaulukko S5 julkaisussa Berglund & Kuuluvainen 2021).

### **3.1.5.2 Rakennepiirteet luonnontilassa eri kasvupaikkatyypeillä ja kehitysvaiheissa eri metsäkasvillisuusvyöhykkeillä**

Seuraavissa laskelmissa lähtöaineistona käytetään luonnontilaisten metsien järeiden puiden (taulukko 5.20 julkaisussa Kouki ym. 2018) ja kuolleen puuston (taulukko 5.19 julkaisussa Kouki ym. 2018) määriä kasvupaikkatyypeittäin ja ikäluokittain, ja kasvupaikkatyyppien pinta-alajakauma on VMI5:n aineistojen mukainen (taulukko 5.18 julkaisussa Kouki ym. 2018).

Luonnontilassa vanhojen, järeiden puiden määrä on vaihdellut kankailla muutamasta puusta yli sataan puuyksilöön hehtaarilla alueesta, kasvupaikkatyyppistä ja kehitysvaiheesta riippuen (Taulukko 12; Kouki ym. 2018). Hemi-keskiboreaalisella vyöhykkeellä järeiden puiden määrä alenee siirryttäessä kuivempiin luontotyyppihin, mutta pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä

trendi näyttää päinvastaiselta, määrien ollessa korkeimmillaan kuivahkoilla kankailla. Jälkimmäisen, intuitiivisesti erikoisen havainnon selittänevät luontotyyppien uhanalaisarviointityössä järeälle puulle käytetty alempi läpimittaraja pohjoisessa kuin etelässä, pirstaleinen havaintoaineisto (tarkemmin, katso Kouki ym. 2018) sekä maantieteellisesti vaihteleva metsien häiriödynamiikka; pohjoisen kuivahkoja kankaita ovat historiallisesti leimanneet taajat pintakulot ja männyn pitkäikäisyys (Tuomas Aakala, Itä-Suomen yliopisto, kirj. ilm.).

**Taulukko 12.** Vanhojen, järeiden puiden lukumäärä hehtaarilla (kpl/ha) luonnontilaisilla kangasmetsien luontotyypeillä hemi–keskiboreaalisen ja pohjoisboreaalisen metsäkasvillisuusvyöhykkeellä (Kouki ym. 2018). Varttuneiden ja vanhojen lehtomaisten ja tuoreiden kankaiden luontotyypeistä tässä käsitellään vain havupuuvaltaisia luontotyyppejä.

Luontotyyppi	Metsäkasvillisuusvyöhyke	
	Hemi–keskiboreaalinen	Pohjoisboreaalinen
<b>Lehtomaiset kankaat:</b>		
- nuoret lehtomaiset kankaat	1	2
- varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	38	28
- vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	113	61
<b>Tuoreet kankaat:</b>		
- nuoret tuoreet kankaat	1	2
- varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	31	28
- vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	40	61
<b>Kuivahkot kankaat:</b>		
- nuoret kuivahkot kankaat	2	7
- varttuneet kuivahkot kankaat	20	27
- vanhat kuivahkot kankaat	33	125
<b>Kuivat kankaat:</b>		
- nuoret kuivat kankaat	2	7
- varttuneet kuivat kankaat	8	27
- vanhat kuivat kankaat	21	74

Luonnontilassa kuolleen puuston määrä on vaihdellut kankailla muutamasta kymmenestä kuutiometristä muutama sataan kuutiometriin hehtaarilla alueesta, kasvupaikkatyypistä ja kehitysvaiheesta riippuen (Taulukko 13; Kouki ym. 2018).

**Taulukko 13.** Kuolleen puuston määrä hehtaarilla ( $m^3/ha$ ) luonnontilaisilla kangasmetsien luontotyypeillä hemi–keskiboreaalisella ja pohjoisboreaalisella metsäkasvillisuusvyöhykkeellä (Kouki ym. 2018). Varttuneiden ja vanhojen lehtomaisten ja tuoreiden kankaiden luontotyypistä tässä käsitellään vain havupuuvaltaiset luontotyypit.

Luontotyyppi	Metsäkasvillisuusvyöhyke	
	Hemi–keskiboreaalinen	Pohjoisboreaalinen
<b>Lehtomaiset kankaat:</b>		
- nuoret lehtomaiset kankaat	400	200
- varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	80	40
- vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	120	60
<b>Tuoreet kankaat:</b>		
- nuoret tuoreet kankaat	300	150
- varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	60	30
- vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	100	50
<b>Kuivahkot kankaat:</b>		
- nuoret kuivahkot kankaat	200	100
- varttuneet kuivahkot kankaat	80	40
- vanhat kuivahkot kankaat	80	40
<b>Kuivat kankaat:</b>		
- nuoret kuivat kankaat	150	80
- varttuneet kuivat kankaat	60	30
- vanhat kuivat kankaat	60	30

### 3.1.6 Rakennepiirteiden tavoitetasojen laskenta talousmetsille

Keskeiset sisällöt:

- Keskimääräinen luonnontilainen taso kuolleen puuston ja vanhojen puiden määrälle eri kasvupaikkatyypeissä arvioitiin olettamalla puolet metsistä vanhoiksi ja laskemalla nuorten, varttuneiden ja vanhojen ikäluokkien pinta-alapainotetut keskiarvot kullekin kasvupaikkatyypille.
- Luonnontilassa kasvupaikkatyypikohtainen (i) järeän elävän puuston määrä vaihteli reilusta kymmenestä yli 70 kpl/ha, ja (ii) kuolleen puuston määrä vaihteli reilusta 30 yli 140  $m^3/ha$ ; häiriödynamiikkatyypien todennäköisyysvaihtelun huomioiminen kasvupaikkatyypien välillä vaikutti 3–15 % järeiden puiden ja 1–6 % kuolleen puun arvioihin.
- Vanhojen, järeiden puiden tavoitemäärä vaihtelee hemi- ja keskiboreaalisella vyöhykkeellä 1–21 ja pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä 4–22 kpl/ha, kasvupaikkatyypistä ja ikäluokkajakaumaoletuksesta riippuen.
- Kuolleen puuston tavoitemäärä vaihtelee hemi- ja keskiboreaalisella vyöhykkeellä 7–43 ja pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä 3–22  $m^3/ha$ , kasvupaikkatyypistä ja ikäluokkajakaumaoletuksesta riippuen.

- VMI11 ja VMI13 välillä puustohavainnot sopivat Etelä- ja Pohjois-Suomen pitkäaikaisiin lahoppuutrendeihin: (i) lahoppumäärät ovat muuttuneet kasvupaikkatyypistä, ikäluokasta ja maantieteellisestä sijainnista riippuen eri suuntiin, yleisimmin enintään joitakin kuutioita; Etelä-Suomen suojelluissa ja suojelemattomissa metsissä positiivisia muutoksia on lähes kolme kertaa useammassa kategoriassa kuin negatiivisia, mutta Pohjois-Suomessa negatiivisia muutoksia on enemmän; (ii) järeiden puiden tiheysmuutokset ovat enimmäkseen positiivisia, useimmiten enintään joitakin puita hehtaaria kohti, olleen melko suuria vanhoilla havupuuvaltaisilla lehtomaisilla kankailla ja Pohjois-Suomen vanhoilla kuivilla kankailla; ja (iii) lehtipuuston osuudet ovat yleisesti ottaen erilaisia suojeltujen (vähenemistä) ja suojelemattomien (kasvua) metsien välillä.
- Edellä kuvattujen luonnon- ja talousmetsiä koskevien tuloksien perusteella laskettiin ekologian teorian ja sitä tukevien empiiristen havaintojen määrittämät rakennepiirteiden tavoitetasot kasvillisuusvyöhykkeittäin ja kasvupaikkatyypeittäin.
- Lahoppuun lisäystarve näyttää Etelä-Suomen karuimpia kasvupaikkoja lukuun ottamatta vähäiseltä suojelumetsissä, mutta Etelä-Suomen talousmetsissä on paljon vajausta, jonka suuruusluokka on 4–37 m<sup>3</sup>/ha kasvupaikkatyypistä ja tavoitetason asetannasta (10–30 %) riippuen.
- Järeiden puiden lisäämistarve näyttää hyvin vähäiseltä Etelä-Suomen suojelemattomia ja Pohjois-Suomen kuivimpia suojelemattomia metsiä lukuun ottamatta; järeitä puita on siis metsissä keskimäärin enemmän kuin minimitavoitetason vaihteluväli (10–30 %). Tässä on tärkeää huomata puiden yleinen järeytyminen metsänhoidon ja jalostuksen myötä. Järeä nykypuu ei välttämättä ehdi kasvattaa sellaista kuoren rakennetta, joka mahdollistaisi esimerkiksi harvinaisten epifyyttijäkälien asuttamisen, vaan näille lajeille puiden olisi samalla oltava huomattavan vanhoja.
- Laskelma lisäystarpeesta sellaisille puille, jotka ovat sekä järeitä että vanhoja, viittaa siihen, että lisäystarve olisi suurin Etelä-Suomessa, missä suuruusluokka olisi suojelemattomissa metsissä noin 1–19 kpl/ha kasvupaikkatyypistä ja tavoitetasosta riippuen, mutta olisi suuri myös karumpien kasvupaikkojen suojelemattomissa Pohjois-Suomen metsissä.
- Tässä raportissa ei tarkasteltu turvemaiden talousmetsiä. Rakennepiirteiden määrät ja mahdollinen lisäystarve lienevät kuitenkin samaa suuruusluokkaa rehevämmissä korvissa mm. puronvarsilla. Niukkapuustoisemmillä turvemaiden kuolleen puun tilavuus voi olla hyvin alhainen esimerkiksi siksi, että niillä on ylipäättään vähän puuta tai siksi, että kuolleet maapuut hautautuvat nopeasti turpeeseen (Syrjänen ym. 2024). Metsätaloutta varten ojitetuilla soilla on melko vähäinen merkitys uhanalaiselle lajistolle.

### 3.1.6.1 Rakennepiirteet luonnontilassa metsämaisematasolla

Keskimääräinen luonnontilainen taso kuolleen puuston ja vanhojen puiden määrälle arvioitiin eri kasvupaikkatyypeille olettamalla, että puolet metsistä olisi vanhoja yli 150-vuotiaita metsiä ja loput olisivat tasaisesti jakautuneet nuorempiin, luontaisten häiriöiden synnyttämiin ikäluokkiin (Berglund & Kuuluvainen 2021). Tämä on konservatiivinen arvio vanhojen metsien määrästä. Arviot tehtiin laskemalla nuorten, varttuneiden ja vanhojen ikäluokkien pinta-alapainotetut keskiarvot kullekin kasvupaikkatyypille olettamalla sama nuori–keski-ikäinen–vanha -ikäluokkajakauma (13–37–50 % kangasmetsien luontotyyppien ikäluokkiin sovelletuna), mutta myös vaihtoehdoisella ikäluokkajakaumalla, joka huomioi karkeasti eri häiriödynamiikkatyyppien – aukko-, tasaikäis- ja kohorttidynamiikan – todennäköisyyksien vaihtelun kasvupaikkatyyppien välillä (elektroninen liitetaulukko S5 julkaisussa Berglund &

Kuuluvainen 2021). Jälkimmäisen lähestymistavan kohdalla tässä käsiteltävissä kangasmet-  
sissä kyse on dynamiikkatyyppien esiintymistodennäköisyyksien eroista kuivien, karujen kan-  
kaiden ja muiden kankaiden välillä. On syytä huomata, että jos vanhojen metsien osuus olisi-  
kin ollut selvästi yli puolet – esimerkiksi 80 tai 90 % – järeiden elävien ja kuolleiden puiden  
määräarviot kasvaisivat jonkin verran.

Edellä kuvatulla tavalla laskettu keskimääräinen luonnontilainen taso vanhojen puiden ja  
kuolleen puuston määrälle esitetään alla (Taulukko 14 ja Taulukko 15). Taulukoista nähdään,  
että häiriödynamiikkatyyppien todennäköisyysvaihtelun huomioiminen kasvupaikkatyyppien  
välillä vaikuttaa jonkin verran vanhojen puiden ja kuolleen puuston määrän arvioihin: ero on  
3–15 % vanhojen puiden ja 1–6 % kuolleen puun määrärajoissa, suurimmillaan kuivien kan-  
kaiden kohdalla. taulukossa

**Taulukko 14.** Järeiden puiden määrä (kpl/ha) luonnontilaisilla lehtomaisilla, tuoreilla, kuivah-  
koilla ja kuivilla kankailla ikäluokkajakaumaoletuksen ollessa sama kaikille kasvupaikkatyypeille  
(10a) tai häiriödynamiikkatyyppien todennäköisyyksien vaihdellessa kasvupaikkatyyppin mu-  
kaan (10b).

Kasvupaikkatyyppi - dynamiikkatyyppien jakauma kasvupaikka- tyyppien välillä:	Hemi–keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	10a: sama	10b: vaihtelee	10a: sama	10b: vaihtelee
Lehtomainen	71	66	41	39
Tuore	32	31	41	39
Kuivahko	24	23	73	67
Kuiva	14	16	48	56

**Taulukko 15.** Kuolleen puuston määrä (m<sup>3</sup>/ha) luonnontilaisilla lehtomaisilla, tuoreilla, kuivah-  
koilla ja kuivilla kankailla ikäluokkajakaumaoletuksen ollessa sama kaikille kasvupaikkatyypeille  
(11a) tai häiriödynamiikkatyyppien todennäköisyyksien vaihdellessa kasvupaikkatyyppin mu-  
kaan (11b).

Kasvupaikkatyyppi - dynamiikkatyyppien jakauma kasvupaikka- tyyppien välillä:	Hemi–keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	11a: sama	11b: vaihtelee	11a: sama	11b: vaihtelee
Lehtomainen	142	144	71	72
Tuore	111	113	56	56
Kuivahko	96	98	48	49
Kuiva	72	68	37	34

### 3.1.6.2 Rakennepiirteiden tavoitetasot talousmetsissä metsämaisematasolla

Vanhojen, järeiden puiden ja kuolleen puuston määrien tavoitetasoiksi talousmetsissä määri-  
tettiin 10–30 % luonnontilaisista keskimääräisistä arvoista. Vanhojen, järeiden puiden tavoite-  
määrä vaihtelee etelässä (hemi–keskiboreaalisella vyöhykkeellä) 1–21 puun välillä ja pohjoi-  
sessa (pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä) 4–22 puun välillä hehtaarilla kasvupaikkatyyppistä ja  
ikäluokkajakaumaoletuksesta riippuen (Taulukko 16).

**Taulukko 16.** Järeiden puiden tavoitemäärä (kpl/ha) talousmetsissä lehtomaisilla, tuoreilla, kuivahkoilla ja kuivilla kankailla tavoitetason ollessa 10–30 % luonnontilaisesta määrästä ja luonnontilaisen ikäluokkajakaumaoletuksen ollessa sama kaikille kasvupaikkatyypeille (12a) tai ikäluokkajakaumaoletuksen vaihdeltaessa kasvupaikkatyypin mukaan (12b).

Kasvupaikkatyyppi - dynamiikkatyyppien jakauma kasvupaikka- tyyppien välillä:	Hemi–keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	12a: sama	12b: vaihtelee	12a: sama	12b: vaihtelee
Lehtomainen	7–21	7–20	4–12	4–12
Tuore	3–9	3–9	4–12	4–12
Kuivahko	2–7	2–7	7–22	7–20
Kuiva	1–4	2–5	5–14	6–17

Vastaavasti kuolleen puuston tavoitemäärä vaihtelee etelässä (hemi–keskiboreaalisella vyöhykkeellä) 7–43 m<sup>3</sup>/ha ja pohjoisessa (pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä) 3–22 m<sup>3</sup>/ha kasvupaikkatyypistä ja ikäluokkajakaumaoletuksesta riippuen (Taulukko 17).

**Taulukko 17.** Kuolleen puuston tavoitemäärä (m<sup>3</sup>/ha) talousmetsissä lehtomaisilla, tuoreilla, kuivahkoilla ja kuivilla kankailla tavoitetason ollessa 10–30 % luonnontilaisesta määrästä ja luonnontilaisen ikäluokkajakaumaoletuksen ollessa sama kaikille kasvupaikkatyypeille (13a) tai ikäluokkajakaumaoletuksen vaihdeltaessa kasvupaikkatyypin mukaan (13b).

Kasvupaikkatyyppi - dynamiikkatyyppien jakauma kasvupaikka- tyyppien välillä:	Hemi–keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	13a: sama	13b: vaihtelee	13a: sama	13b: vaihtelee
Lehtomainen	14–42	14–43	7–21	7–22
Tuore	11–33	11–34	6–17	6–17
Kuivahko	10–29	10–29	5–14	5–15
Kuiva	7–22	7–20	4–11	3–10

### 3.1.6.3 Rakennepiirteiden laskenta valtakunnan metsien inventointiaineistoista

Seuraavassa esitetään valtakunnan metsien inventointiaineistoista (VMI) samalla alue- ja kasvupaikkatyyppi- jaotuksella lasketut kuolleen puuston keskitilavuudet sekä vanhojen puiden korvikemuuttujana eli surrogaattina käytettävien järeiden puiden määrät hehtaarilla sekä lehtipuuston tilavuusosuus erikseen talousmetsille ja suojelualueille sekä tarkastellaan näiden määrien kehitystä tällä vuosituhanella vertailemalla VMI11:n (2009–2013) ja VMI13:n (2019–2022) aineistoista laskettuja tuloksia. Nykytilannetta verrataan luonnontilasta johdettuihin talousmetsien tavoitetasoihin. Lopuksi tarkastellaan keinoja, joilla luonnontilasta johdetut tavoitetasot voitaisiin saavuttaa niiltä osin, kun niitä ei vielä ole saavutettu.

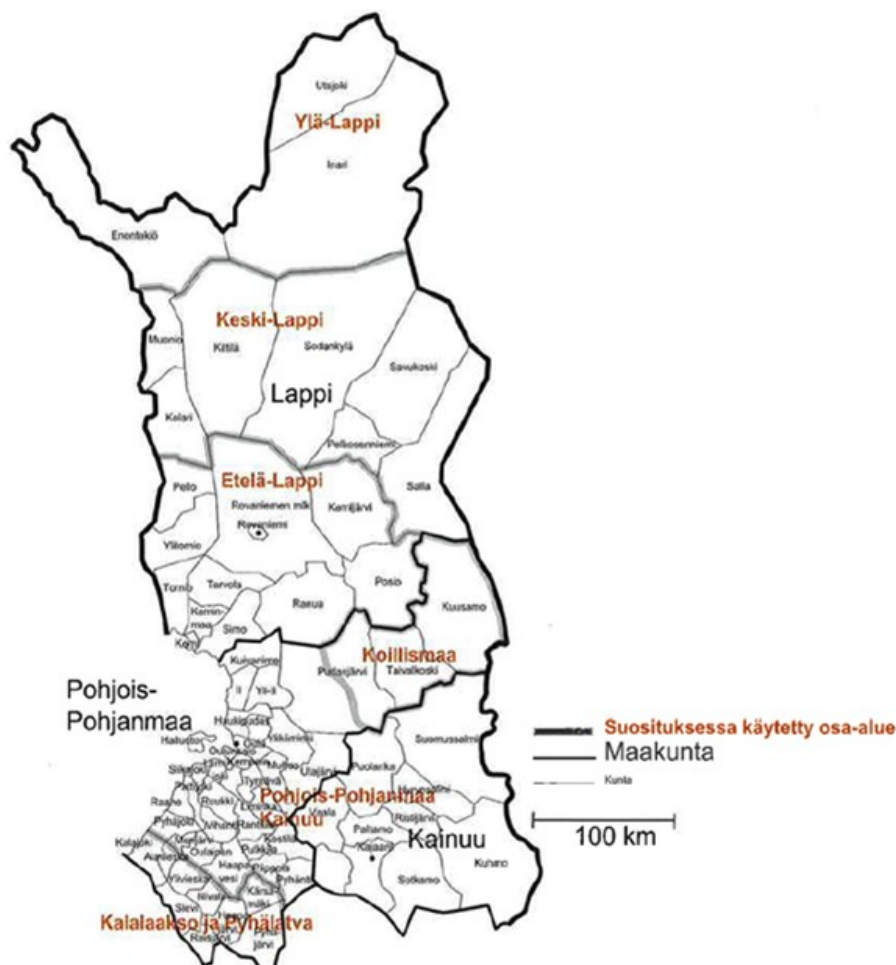
Valtakunnan metsien inventointiaineistoista lasketaan samat rakennepiirremuuttujat, joita käytettiin metsien luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa laatumuuttujina kangasmetsien osalta: järeän kuolleen puun määrä (m<sup>3</sup>/ha), järeiden puiden määrä (kpl/ha, läpimittaraja hemi–keskiboreaalisella vyöhykkeellä 40 cm ja pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä 30 cm; korvikemuuttuja vanhoille puille) ja lehtipuuston tilavuusosuus (% puuston kokonaistilavuudesta) (Kouki ym. 2018).

Tiedot raportoidaan VMI11 (2009–2013) ja VMI13 (2019–2022) inventoinneista erikseen ta-  
lousmetsille (puuntuotannon metsille) ja suojelualueiden metsille (puuntuotannon ulkopuoli-  
sille metsille). Aluejakona käytetään luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnin aluejakoa: (1)  
hemi-keskiboreaalinen metsäkasvillisuusvyöhyke vs. (2) pohjoisboreaalinen metsäkasvillisuus-  
vyöhyke.

Tunnukset lasketaan kasvupaikkatyyppitason lisäksi uhanalaisuuden arvioinnissa esitetyille  
ikäluokille (nuoret, varttuneet ja vanhat metsät) kankaiden yleisimpien kasvupaikkatyyppien  
kohdalla (lehtomaiset, tuoreet, kuivahkot ja kuivat kankaat). Karukkokankaiden, kalliomaiden  
(sis. hietikot ja vesijättömaat) ja lehtojen osalta tarkempaa jakoa ei tehdä niiden kattaman  
pienen pinta-alan vuoksi, mutta rakennepiirretiedon tuottaminen myös näistä on tämän  
hankkeen puitteissa kiinnostavaa. Nuoren ja varttuneen metsän ikäraja on 40 vuotta kaikilla  
kasvupaikkatyypeillä. Varttuneen ja vanhan metsän ikäraja vaihtelee alueittain ja kasvupaikka-  
tyypeittäin taulukossa 18 esitetyllä tavalla. Metsien uhanalaisuuden arvioinnissa ikäluokituk-  
sessa käytettiin tarkempaa aluejakoa pohjoisboreaalaisella alueella kuvassa 10 esitetyn kartan  
mukaisesti – tässä työssä pyritään mahdollisuuksien mukaan samaan aluejakoon.

**Taulukko 18.** Kangasmetsien yleisimpien kasvupaikkatyyppien puustoltaan varttuneen ja van-  
han metsän ikärajat etelässä (hemi- ja keskiboreaalinen metsäkasvillisuusvyöhyke) ja pohjoi-  
sessa (pohjoisboreaalinen metsäkasvillisuusvyöhyke). Puustoltaan nuoren ja varttuneen metsän  
raja oli kaikilla kasvupaikkatyypeillä 40 vuotta.

Alue	Kasvupaikkatyyppi			
	Kuiva	Kuivahko	Tuore	Lehtomainen
<b>Hemi-keskiboreaalinen</b>	160	140	140	120
<b>Pohjoisboreaalinen</b>				
Pohjois-Pohjanmaa–Kainuu	200	160	140	140
Koillismaa ja Etelä-Lappi	200	180	160	160
Keski-Lappi	200	200	200	180
Ylä-Lappi ja suojametsäalue	220	200	200	200



**Kuva 10.** Aluejako varttuneen ja vanhan metsän ikärajan määrittämisessä Pohjois-Suomessa metsäluontotyypin uhanalaisuuden arvioinnissa on Hyppösen ym. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksen karttaesityksen mukainen (Hyppönen ym. 2001).

### 3.1.6.4 Rakennepiirteiden määrien vaihtelu VMI11 ja VMI13 välillä

VMI11 ja VMI13 välillä lahopuumäärät ovat muuttuneet kasvupaikkatyyppistä, ikäluokasta ja maantieteellisestä sijainnista riippuen eri suuntiin; yleensä muutokset ovat olleet enintään joi-takin kuutioita (Taulukko 19). Luvuissa herättää huomiota Pohjois-Suomen suojelemattomien metsien yleinen lahopuun väheneminen (yhdeksän 12:sta kasvupaikkatyyppin ja ikäluokan kombinaatiosta), joskin siellä suojeltujen metsien lahopuumäärä VMI11:ssä näyttää luultavasti sattuman (vähäisen koealamäärän) takia huomattavan korkealta. Etelä-Suomen suojelluissa ja suojelemattomissa metsissä positiivisia muutoksia on lähes kolme kertaa useammassa kategoriassa kuin negatiivisia, mutta Pohjois-Suomessa negatiivisia muutoksia on enemmän. Nämä havainnot sopivat Etelä- ja Pohjois-Suomen pitkäaikaisiin eri suuntaisiin lahopuutren-deihin (Kärkkäinen ym. 2023).

**Taulukko 19.** Metsämaan lahopuun keskimäärät ( $m^3/ha$ ) kasvupaikkatyypeittäin VMI 11 ja VMI13 mukaan. Lehdot, karukkokankaat, kalliomaat ja muut pinta-alaltaan vähäiset ympäristöt on jätetty taulukosta pois (katso teksti). Tyhjä solu tarkoittaa, että koela-aineistoa ei ollut riittävästi määrän arvioimiseen. Suojellut ja suojelemattomat metsät on eroteltu.

Kasvupaikkatyyppi	VMI11				VMI13			
	Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen		Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen	
	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu
Lehtomaiset kankaat:								
-nuoret lehtomaiset kankaat	44,6	2,8	0,0	1,5	2,0	3,4		0,0
-varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	22,7	6,1	150,5	10,1	36,8	9,4	19,7	3,2
-vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	19,0	16,1	0,0	2,7	70,7	16,0		3,7
Tuoreet kankaat:								
-nuoret tuoreet kankaat	5,0	2,3	3,1	6,4	1,6	3,6	0,0	5,9
-varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	8,7	4,3	22,5	7,5	26,4	5,9	17,3	7,1
-vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	28,6	18,3	43,0	26,3	33,7	20,9	37,9	18,7
Kuivahkot kankaat:								
-nuoret kuivahkot kankaat	9,5	2,2	0,0	6,7	1,1	2,6		7,2
-varttuneet kuivahkot kankaat	6,6	3,7	10,4	11,3	7,3	4,1	11,0	8,6
-vanhat kuivahkot kankaat	28,6	6,4	17,6	17,7	22,6	6,0	26,5	17,9
Kuivat kankaat:								
-nuoret kuivat kankaat	0,0	0,9	0,0	2,9	8,6	1,4		1,6
-varttuneet kuivat kankaat	0,2	4,9	5,7	8,0	0,7	5,0	14,8	7,5
-vanhat kuivat kankaat	0,0	0,0	10,1	18,6		2,9	15,5	4,6

Järeiden puiden muutokset VMI11 ja VMI13 välillä ovat myös enimmäkseen positiivisia (Taulukko 20). Muutokset ovat useimmiten enintään joitakin puita hehtaaria kohti, mutta ovat huomattavan suuria vanhoilla havupuuvaltaisilla lehtomaisilla kankailla (ainakin osin varttuneiden metsien siirtyessä vanhojen luokkaan) ja myös Pohjois-Suomen vanhoilla kuivilla kankailla (katso myös Korhonen ym. 2020). Vähenemistä taas näyttää tapahtuneen Etelä-Suomen vanhoilla kuivilla kankailla sekä Pohjois-Suomen kuivahkoilla ja kuivilla kankailla.

**Taulukko 20.** Metsämaan järeiden (hemi- ja keskiboreaalaisella vyöhykkeellä Etelä-Suomessa vähintään 40 cm, pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä Pohjois-Suomessa vähintään 30 cm) elävien puiden keskimäärät (kpl/ha) kasvupaikkatyypeittäin VMI11 ja VMI13 mukaan. Lehdot, karukko-kankaat, kalliomaat ja muut pinta-alaltaan vähäiset ympäristöt on jätetty taulukosta pois (katso teksti). Tyhjä solu tarkoittaa, että koeala-aineistoa ei ollut riittävästi määrän arvioimiseen. Suojellut ja suojelemattomat metsät on eroteltu.

Kasvupaikkatyyppi	VMI11				VMI13			
	Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen		Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen	
	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu
Lehtomaiset kankaat:								
-nuoret lehtomaiset kankaat	0,8	1,1	0,0	1,9	3,0	1,7		2,7
-varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	42,2	19,7	59,5	33,5	35,7	20,6	38,5	41,6
-vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	45,7	56,8	0,0	66	88,5	62,7	39,1	117,4
Tuoreet kankaat:								
-nuoret tuoreet kankaat	1,4	0,8	4,4	2,7		1,1		2,2
-varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	11,2	5,9	31,9	16,9	15,2	6,3	33,3	16,3
-vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	19,5	20,6	61,1	59	15,9	20,4	61,8	59,6
Kuivahkot kankaat:								
-nuoret kuivahkot kankaat	1,8	0,4	31,8	6		0,7		2,9
-varttuneet kuivahkot kankaat	2,1	1,7	26,4	10,1	5,3	1,8	31,2	10,4
-vanhat kuivahkot kankaat	13,9	11,9	63,2	50,1	19,1	11,9	66,8	56,4
Kuivat kankaat:								
-nuoret kuivat kankaat	0,0	0,2	20,5	4,7		0,2		1,8
-varttuneet kuivat kankaat	1,4	0,7	36,3	5,7	4,9	0,7	41,4	8,5
-vanhat kuivat kankaat	13,2	4,4	43,0	10,0			69,1	39,4

Lehtipuuston osuuden muutokset VMI11 ja VMI13 välillä ovat yleisesti ottaen erilaisia suojeltujen (vähenemistä) ja suojelemattomien (kasvua) metsien välillä (Taulukko 21). Jälleen muutokset kasvupaikkatyyppien ja ikäluokkien eri kombinaatioissa ovat useimmiten vähäisiä. Pohjois-Suomen lehtomaisten kankaiden suurilta vaikuttavat muutokset johtunevat ainakin osittain näiden metsien vähyydestä ja (siitä johtuen) niille osuvien koealojen niukkuudesta. Suoje-lualueilla yleisesti näkyvä väheneminen johtunee näiden metsien varttumisesta ja havupuu-valtaistumisesta (esim. Korhonen ym. 2020).

**Taulukko 21.** Metsämaan lehtipuuston tilavuusosuus (%) kasvupaikkatyypeittäin VMI11 ja VMI13 mukaan. Lehdot, karukkokankaat, kalliomaat ja muut pinta-alaltaan vähäiset ympäristöt on jätetty taulukosta pois (katso teksti). Tyhjä solu tarkoittaa, että koela-ainestoa ei ollut riittävästi määrän arvioimiseen. Suojellut ja suojelemattomat metsät on eroteltu.

Kasvupaikkatyyppi	VMI11				VMI13			
	Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen		Hemi-keski-boreaalinen		Pohjois-boreaalinen	
	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu
Lehtomaiset kankaat:								
-nuoret lehtomaiset kankaat	38,9	43,9	70,2	48,9	46,2	44,5		69,3
-varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	30,7	22,5	32,2	35,8	33,5	24,9	34,1	50,8
-vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	15,3	8,6	0,0	5,7	6,3	12,9	19,8	15,7
Tuoreet kankaat:								
-nuoret tuoreet kankaat	29,8	23,0	24,0	16,1	25,3	27,7	19,9	16,7
-varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	22,4	15,1	21,1	16,8	18,5	14,3	19,9	15,5
-vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	12,6	8,6	11,1	10,1	8,7	9,8	10,9	10,7
Kuivahkot kankaat:								
-nuoret kuivahkot kankaat	12,5	11,7	18,1	8,6	20,3	13,9	12,5	9,0
-varttuneet kuivahkot kankaat	8,1	6,6	12,0	4,2	7,2	6,1	8	4,7
-vanhat kuivahkot kankaat	5,7	5,6	4,5	3,7	4,8	5,6	3,8	3,1
Kuivat kankaat:								
-nuoret kuivat kankaat	15,8	6,4	0,0	1,3	1,4	9,0		0,0
-varttuneet kuivat kankaat	6,5	2,9	1,6	1,6	1,2	3,0	3,9	
-vanhat kuivat kankaat	4,1	1,6	0,6	0,0		3,3	2,6	0,3

### 3.1.6.5 Rakennepiirteiden laskennallinen lisästarve kasvupaikkatyypeittäin eri osissa Suomea

Edellä tarkasteltujen kolmen metsien laatua kuvaavan muuttujan (kuollut puusto, järeä puusto, lehtipuuosuus) laskennassa tuotettiin myös kasvupaikkatyypittaiset pinta-alat kahdelle kasvillisuusvyöhykkeelle, erikseen talousmetsille ja erikseen suojelualueille (Taulukko 22). Tätä tietoa käytettiin rakennepiirteiden lisästarpeen arvioinnissa tässä alaluvussa.

**Taulukko 22.** Kasvupaikkatyypikohtaiset pinta-alat kasvillisuusvyöhykkeittäin tarkastelluille kasvupaikkatyypeille sekä lehdoille ja muille pienipinta-alaisille kasvupaikkatyypeille (nämä on yhdistetty) VMI13 mukaan. Suojellut ja suojelemattomat metsät on eroteltu. Luvut ovat tuhansia hehtaareja.

Kasvupaikkatyyppi	Hemi-keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu
Lehtomaiset kankaat:				
-nuoret lehtomaiset kankaat	7,32	1 065,40		8,54
-varttuneet havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	30,97	954,83	9,31	17,01
-vanhat havupuuvaltaiset lehtomaiset kankaat	6,24	27,92	2,53	0,98
Tuoreet kankaat:				
-nuoret tuoreet kankaat	22,62	2 344,23	6,84	556,23
-varttuneet havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	115,67	2 677,72	303,80	1 279,12
-vanhat havupuuvaltaiset tuoreet kankaat	54,34	80,85	229,35	169,94
Kuivahkot kankaat:				
-nuoret kuivahkot kankaat	12,49	1 194,34	2,53	370,32
-varttuneet kuivahkot kankaat	54,44	1 269,91	190,09	899,63
-vanhat kuivahkot kankaat	20,30	69,44	89,70	69,31
Kuivat kankaat:				
-nuoret kuivat kankaat	5,76	143,84		21,09
-varttuneet kuivat kankaat	19,22	154,14	23,60	59,42
-vanhat kuivat kankaat	0,55	3,46	12,13	3,96
Lehdot:	8,64	353,24	4,88	3,92
Muut:				
-nuoret	1,85	11,88		
-varttuneet	2,85	43,48	1,36	1,18
-vanhat	1,30	3,96	1,36	

Lahopuun lisästarve näyttää Etelä-Suomen karuimpia kasvupaikkoja lukuun ottamatta vähäiseltä suojelumetsissä, mutta Etelä-Suomen talousmetsissä on paljon vajausta, jonka suuruusluokka on 4–37 m<sup>3</sup>/ha kasvupaikkatyypistä ja tavoitetason (10–30 %) asetannasta riippuen (Taulukko 23). Pohjois-Suomessa vajausta näyttää olevan lehtomaisilla kankailla, jotka tosin ovat siellä suhteellisen harvinaisen kasvupaikkatyyppi ja joista merkittävä osa on jo suojeltu (Taulukko 22). Suojelumetsissä lahopuutilanteen voi olettaa korjautuvan itsestään, tai ennallistamistoimin, mutta talousmetsissä lisäys edellyttäisi aktiivisia toimenpiteitä (katso luku 3.1.9).

**Taulukko 23.** Lahopuun lisästarve (m<sup>3</sup>/ha) metsämaalla kasvupaikkatyypeittäin. Lähtötaso, katso Taulukko 19 (laskennassa käytetty kolmen ikäluokan pinta-alapainotettuja keskiarvoja); tavoitetaso, katso Taulukko 17.

Kasvupaikkatyyppi / Dynamiikkatyyppi	Hemi-keskiboreaalinen				Pohjoisboreaalinen			
	Suojeltu		Ei suojeltu		Suojeltu		Ei suojeltu	
	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee
Lehtomaiset kankaat	0–6	0–7	8–36	8–37	0–6	0–7	5–19	5–20
Tuoreet kankaat	0–7	0–8	6–28	6–29	0	0	0–9	0–9
Kuivahkot kankaat	0–19	0–19	7–26	7–26	0	0	0–5	0–6
Kuivat kankaat	5–20	5–18	4–19	4–17	0	0	0–5	0–4

Taulukossa 24 on esitetty laskennallinen järeiden puiden lisäämistarve laskennallisen minimi-tason saavuttamiseksi. Lisäämistarvetta on Etelä-Suomen suojelemattomissa ja Pohjois-Suomen kuivimmissa suojelemattomissa metsissä, mutta muissa kasvupaikkatyypeissä järeitä puuta on keskimäärin enemmän kuin tavoitetaso vaihteluvälin minimi. Toisaalta lisästarvetta voi olla paikallisesti. On kuitenkin tärkeää huomata, että puusto on varsinkin eteläisessä Suomessa järehtynyt 1900-luvun alkupuolelta huomattavasti (Henttonen ym. 2019), eikä pelkkä järeys näin ollen nykyään ole hyvä esimerkiksi suojeleuarvon mittarina. Uhanalainen, vanhoista puista riippuvainen lajisto – erityisesti monet epifyyttijäkälät – edellyttää isäntäpuilta järeiden ohella syväuurreista pintarakennetta, jota nuoremmilla järeillä puilla ei vielä juuri ole (esim. Keto-Tokoi & Siitonen 2021). Henttonen ym. (2019) VMI-aineistoihin pohjautuvassa tutkimuksessa havaittiin, että järeitä (>40 cm) ja samalla vanhoja (yli 150-vuotiaita) puuyksilöitä oli metsämaalla koko maassa keskimäärin vain noin 1,0 kpl/ha. Tässä tarkastellut järeät puut eivät kuitenkaan ole uhanalaisuuden kannalta merkityksellisiä etenkin silloin, jos ne voidaan säästää pysyvästi ja niiden annetaan vanheta ja aikanaan tuottaa järeää kuollutta puuta (esim. Koivula & Vanha-Majamaa 2020).

**Taulukko 24.** Järeiden (Etelä-Suomessa >40 cm, Pohjois-Suomessa >30 cm) puiden lisästarve metsämaalla kasvupaikkatyypeittäin. Lähtötaso, katso Taulukko 20 (laskennassa käytetty kolmen ikäluokan pinta-alapainotettuja keskiarvoja); tavoitetaso, katso Taulukko 16.

Kasvupaikkatyyppi / Dynamiikkatyyppi	Hemi-keskiboreaalinen				Pohjoisboreaalinen			
	Suojeltu		Ei suojeltu		Suojeltu		Ei suojeltu	
	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee
Lehtomaiset kankaat	0	0	0–10	0–9	0	0	0	0
Tuoreet kankaat	0	0	0–5	0–5	0	0	0	0
Kuivahkot kankaat	0	0	0–5	0–5	0	0	0–11	0–9
Kuivat kankaat	0	0–1	1–4	2–5	0	0	0–6	0–9

Laadimme myös suuntaa antavan laskelman lisästarpeesta sellaisille puille, jotka ovat sekä järeitä (Etelä-Suomessa vähintään 40 cm, Pohjois-Suomessa vähintään 30 cm) että vanhoja (vähintään 150-vuotiaita; Henttonen ym. 2019). Koska käytettävissämme olleessa VMI-aineistossa oli puiden ikätietoja rajallisesti, sovelsimme Henttonen ym. (2019) arvioita järeiden ja samalla vanhojen puiden osuudesta kaikista järeistä puista; Etelä-Suomelle käytimme 20 % ja Pohjois-Suomelle 50 % osuutta. Nämä osuusarvot eroavat hieman Henttonen ym. (2019) luvuista, koska kyseisessä tutkimuksessa oli eritelty hemi-, etelä- ja keskiborealiset vyöhykkeet ja Pohjois-Suomelle oli käytetty samaa järeän puun alarajaa kuin Etelä-Suomellekin (40 cm).

Suhteellisen pieni VMI13-kairapuuaineisto näyttäisi tukevan käyttämiämme osuusarvoja; Etelä-Suomessa 119:sta yli 30 cm kairapuusta 8 oli yli 150-vuotiaita, ja vastaavasti Pohjois-Suomessa 68:sta yli 30 cm kairapuusta 32 oli yli 150-vuotiaita. Lisäksi, koska Henttonen ym. (2019) eivät erotelleet kasvupaikkatyyppejä, käytämme samaa kerrointa kaikille Etelä- ja Pohjois-Suomen kasvupaikkatyypeille. Näiden oletuksien vuoksi laskelmaan tulee suhtautua varauksella, vaikkakin uskomme sen näyttävän järeiden ja samalla vanhojen puiden lisästarpeen suuruusluokan sekä tämän tarpeen vaihtelun suojelluissa ja ei-suojelluissa metsissä kasvupaikkatyypeittäin.

**Taulukko 25.** Tiheysarviot (kpl/ha) sellaisille puille, jotka ovat sekä järeitä (Etelä-Suomessa yli 40 cm, Pohjois-Suomessa yli 30 cm) että vanhoja (yli 150-vuotiaita), eroteltuna kasvupaikkatyypeittäin, suojelustatuksen mukaan (suojeltu tai ei suojeltu) ja kasvillisuusvyöhykkeittäin nyky metsissä. Aineisto: VMI.

Kasvupaikkatyyppi	Hemi-keskiboreaalinen		Pohjoisboreaalinen	
	Suojeltu	Ei suojeltu	Suojeltu	Ei suojeltu
Lehtomaiset kankaat	7,5	2,3	19,3	15,9
Tuoreet kankaat	2,7	0,8	22,5	8,0
Kuivahkot kankaat	1,6	0,3	21,1	5,4
Kuivat kankaat	0,7	0,1	25,4	4,1

Taulukon Taulukko 25 sekä järeille puille laskettujen tavoitetasojen (Taulukko 16) avulla arvioimme karkealla tasolla lisästarpeen sellaisille puille, jotka ovat sekä järeitä että vanhoja (Taulukko 26). Tällaisten puiden lisästarve näyttää suurimmalta Etelä-Suomessa, mutta on korkea myös karumpien kasvupaikkojen suojelemattomissa Pohjois-Suomen metsissä. Suuruusluokka näyttäisi Etelä-Suomen suojelemattomissa metsissä olevan kasvupaikkatyyppistä ja asetettavasta tavoitetasosta riippuen noin 1–19 kpl/ha. Jossakin määrin lisästarvetta on myös suojelluissa metsissä, joissa lisäys hoituu itsestään puuston vanhetessa, mutta talousmetsissä saavuttaminen edellyttää järeiden puiden pysyvää säästämistä. Pohjois-Suomessa lisästarvetta ei näytä olevan suojelluissa metsissä, mutta suojelemattomissa karumpien kasvupaikkojen metsissä tarve on samaa luokkaa kuin Etelä-Suomenkin suojelemattomissa metsissä (Taulukko 26). Käytetty häiriödynamiikkaoletus (sama tai vaihteleva) eri metsiköikäluokille (katso alaluku 3.1.6.1) vaikutti tuloksiin vain vähän.

**Taulukko 26.** Lisästarpeen arvio sellaisille puille (kpl/ha), jotka ovat sekä järeitä (Etelä-Suomessa yli 40 cm, Pohjois-Suomessa yli 30 cm) että vanhoja (yli 150-vuotiaita), eroteltuna kasvupaikkatyypeittäin, suojelustatuksen mukaan (suojeltu tai ei suojeltu), kasvillisuusvyöhykkeittäin ja erilaisin häiriödynamiikkaoletuksin.

Suojelustatus	Hemi-keskiboreaalinen				Pohjoisboreaalinen			
	Suojeltu		Ei suojeltu		Suojeltu		Ei suojeltu	
	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee	Sama	Vaihtelee
Lehtomaiset kankaat	0–13	0–12	5–19	5–18	0	0	0	0
Tuoreet kankaat	0–6	0–6	2–8	2–8	0	0	0–4	0–4
Kuivahkot kankaat	0–5	0–5	2–7	2–7	0–1	0	2–17	2–15
Kuivat kankaat	0–3	1–4	1–4	2–5	0	0	1–10	2–13

### 3.1.7 Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden minimitaso empiiristen havaintojen valossa

Keskeiset sisällöt:

- Tietystä rakennepiirteestä riippuvaisen lajin elinympäristövaatimusten täyttyminen edellyttää rakennepiirteen tiettyä tiheyttä sellaisella pinta-alalla, joka riittää ylläpitämään elinkykyistä populaatiota.
- Pohjoismaisissa lahoppuututkimuksissa on todettu uhanalaisten lajien esiintyvyyden kasvavan nopeasti, kun lahoppuuta on vähintään 20 m<sup>3</sup>/ha.
- Vanhojen ja/tai suurikokoisten elävien puiden määriin tai tiheyksiin taikka varttuneiden ja vanhojen lehtipuuvältaisten metsien osuuksiin liittyvistä kynnsarvoista on erittäin vähän pohjoismaista boreaaliseen metsälajistoon liittyvää tutkimusta. Vähät tutkimukset viittaavat 10–20 % varttuneiden lehtipuuvältaisten metsien vähimmäisosuuteen maisematasolla.

Yksittäisiin elinympäristöspesialistilajeihin keskittyvissä tutkimuksissa riittävän elinympäristön määrän vasteena on käytetty useimmiten lajin esiintymistodennäköisyyttä. Pohjoismaissa esiintyvistä metsälajeista elinympäristön määrän kynnsarvoja suhteessa lajien esiintymiseen on arvioitu metsäkanalinnuille, tikkalajeille ja liito-oravalle (Taulukko 27).

Erityisesti metsälajien osalta sopivan elinympäristön määrän arvioiminen puhtaasti pinta-alapohjaisina osuuksina voi olla ongelmallista pienipiirteisesti vaihtelevissa metsämaisemissa, joissa on sekä luontaista että ihmisen tuottamaa elinympäristön laadun vaihtelua. Todellisuudessa tietystä metsän rakennepiirteestä, kuten lahoppuusta, riippuvaisen lajin elinympäristövaatimusten täyttyminen edellyttää rakennepiirteen esiintymistä tietyllä tiheydellä sellaisella pinta-alalla, joka riittää ylläpitämään elinkykyistä populaatiota. Arvioita tällaisista elinympäristön laadun (resurssitiheyden) ja pinta-alan yhdistävistä tavoitetasoista on esitetty joillekin lahoppuusta riippuvaisille tikkalajeille (Taulukko 28). Lahoppuumäärien osalta on esitetty myös yleisempiä tavoitetasoja perustuen tutkimuksissa estimoituihin lajikertymäkäyriin tai vaatelimaan lajiston esiintymistodennäköisyyksiin (Taulukko 29).

Penttilä ym. (2004) esittivät käävällä uhanalaisen lajiston ylläpitämiseen riittäväksi lahoppuun kynnsarvoksi 20 m<sup>3</sup>/ha. Viimeaikaiset tutkimustulokset ovat päätyneet samankaltaisiin arvoihin. Hekalan ym. (2023) mukaan lahoppuun kynnsarvo Etelä-Ruotsin havumetsissä on 22,4 m<sup>3</sup>/ha, jonka yli menevillä lahoppuumäärillä uhanalaisten lajien (sienet, jäkälät, sammaleet ja putkilokasvit) esiintymistodennäköisyys kasvaa merkittävästi. Vastaavasti Pohjois-Ruotsissa lahoppuumäärän kynnsarvo on 20 m<sup>3</sup>/ha (ibid.). Nordénin ym. (2018) mukaan järeillä kuusimaapuilla eläville indikaattorilajeille kynnsarvo on 29 m<sup>3</sup>/ha.

Edellä kuvatut lahoppuun määrän kynnsarvot voivat hyvinkin riittää monen uhanalaisen lahoppulajin säilymiseen ja tätä kautta lopulta uhanalaistumiskehityksen pysäyttämiseen, mutta luonnonhoitotoimien kohdentaminen etelään ja rehevimmille kasvupaikoille kasvattaisi huomattavasti tätä todennäköisyyttä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi lahoppuun lisäysoimista pääosa tehtäisiin mainituilla seuduilla ja kasvupaikoilla eikä samalla pienellä mitoituksella kaikkialla. Keskittämisen tarve johtuu siitä, että pääosa uhanalaisista metsälajeistamme on eteläisiä, ja huomattava osa niistä elää lehdoissa tai rehevimmillä kangasmailla (Hyvärinen ym. 2019). Lisäksi samassa osassa maata on lukuisia pinta-alaltaan tai rakennepiirteiltään heikentyneitä luontotyyppisiä (Kouki ym. 2018). Jos tavoitteeksi asetettaisiin koko

lahopuulajiston turvaaminen, Evo-kokeen alustavien tulosten (katso luku 3.1.3) sekä julkaistujen kääpä- ja kovakuoriaislajiston kertymäfunktioiden muodon (katso esim. Koivula ym. 2022) perusteella lahopuumäärien pitäisi olla selvästi suurempia kuin 20 m<sup>3</sup>/ha. Määrän pitäisi myös olla erilainen eri kasvupaikkatyypeille ja kasvillisuusvyöhykkeille (mitä edellisten lukujen laskelmissa on tavoiteltu) ja eliöryhmille, koska esimerkiksi luonnostaan runsaslahopuustoisemmissa kasvupaikkatyypeissä on yleisesti ottaen enemmän kyseisiin olosuhteisiin sopeutunutta lajistoa. Lisäksi määrittelyä vaikeuttaa, että suuri osa lahopuulla elävistä lajeista vaatii juuri tietyn tyyppistä kuollutta puuta ja sen jatkumoa; mikä hyvänsä puukappale ei niille kelpaa (puulaji, järeys, lahoaste, maakontakti, esilahottajat jne.; Stokland ym. 2012). Suuremmassa määrässä kuollutta puuta kuitenkin myös kuolleen puun vaihtelu ja näin ollen kullekin lajille tarjolla oleva resurssimäärä ovat yleisesti ottaen suurempia (ibid.). Huomionarvoista on myös se, että kynnsarvon pitäisi ylittyä koko hakkuukierron ajan lahopuujatkumon ylläpitämiseksi. Tässä tosin mahdolliset runsaslahopuustoiset naapurikuviot voivat olla avuksi. Suomen ta-  
lousmetsien lahopuumäärät ovat varsinkin taimikkovaiheessa huomattavasti kuvailtuja kynnsarvoja alempia (katso edellä).

Vanhojen ja/tai suurikokoisten elävien puiden määrien tai varttuneiden ja vanhojen lehtipuuvaltaisten metsien osuuksien kynnsarvoista on erittäin vähän pohjoismaista borealisella metsälajistolla tehtyä tutkimusta (Taulukko 27). Jälkimmäisen osalta vähät tutkimukset viittaavat 10–20 % varttuneiden lehtipuuvaltaisten metsien vähimmäisosuuteen maisematasolla (Suomen metsistä noin 10 % on tällä hetkellä lehtipuuvaltaisia, mikä siis on vähimmäisosuuden alarajalla; luku 2.1.2). Suurten ja samalla hyvin vanhojen puiden tiheyden vaikutuksesta esimerkiksi epifyyttijäkäläin ei löytynyt julkaistuja tutkimuksia.

**Taulukko 27.** Kynnsarvoja elinympäristön osuuden suhteesta yksittäisten lajien esiintymiseen.

Elinympäristö	Laji	Kriittinen elinympäristön osuus maisemassa (%)	Kriittisyyden määre	Mittakaava	Alue	Viitteet
Vanhat havumetsät	Metso	34	Toimivan soittimen minimi	16 km <sup>2</sup>	Ruotsi	Angelstam 2004
Lehtipuuostoiset sekametsät	Liitorava	12–16 (ja avointen alueiden osuus alle 60 %)	Sukupuutto-kynnsarvo	1 km <sup>2</sup>	Pohjois-Suomi	Reunanen ym. 2004
Vanhat lehtipuumetsät	Pikkutikka	20	Poikastuoton onnistumisen minimi	200 ha	Etelä-Ruotsi	Wiktander ym. 2001
Vanhat lehtipuumetsät	Valkoselkätikka	9–17	Sukupuutto-kynnsarvo	Mallinnus	Suomi, Ruotsi	Carlson 2000

**Taulukko 28.** Lahopuuresurssien vähimmäistasoja suhteessa tikkalajien esiintymiseen.

Laji	Tyyppi	Vähimmäistaso	Esiintymistodennäköisyys vähimmäistasolla (%)	Mittakaava (ha)	Alue	Viitteet
Pohjantikka	Kuolleet pystykuuset	Pohjapinta-ala <b>0,5 m<sup>2</sup>/ha</b>	95	100	Keski-Ruotsi	Bütler ym. 2004a
Pohjantikka	Kuolleet pystykuuset (läpimitaltaan >21 cm)	<b>14 kpl/ha</b> (16–18 m <sup>3</sup> /ha)	90	100	Sveitsi	Bütler ym. 2004b
Pohjantikka	Kuolleet pystykuuset (läpimitaltaan >21 cm)	<b>5 kpl/ha</b>	50	100	Sveitsi	Bütler ym. 2004b
Pohjantikka	Kuolleet pystykuuset	Pohjapinta-ala <b>1,0 m<sup>2</sup>/ha</b>	90	100	Eteläinen-keskinen Ruotsi	Roberge ym. 2008
Pohjantikka	Kuolleet pystykuuset	Pohjapinta-ala <b>2,9 m<sup>2</sup>/ha</b>	90	100	Koillis-Puola	Roberge ym. 2008
Pohjantikka	Tuoreet kuolleet pystykuuset	<b>8 kpl/ha</b>	70–80	20	Bajjeri, Saksa	Zielewska-Büttner ym. 2018
Pikkutikka	Kuolleet pystylehtipuut	Pohjapinta-ala <b>0,3 m<sup>2</sup>/ha</b>	90	100	Etelä-Ruotsi	Roberge ym. 2008
Pikkutikka	Kuolleet pystylehtipuut	Pohjapinta-ala <b>1,2 m<sup>2</sup>/ha</b>	90	100	Koillis-Puola	Roberge ym. 2008
Valkoselkätikka	Kuolleet pystylehtipuut	Pohjapinta-ala <b>1,4 m<sup>2</sup>/ha</b> (8–17 m <sup>3</sup> /ha)	90	100	Liettua, Pohjois-Puola	Roberge ym. 2008

**Taulukko 29.** Lahopuumäärien kynnystasoja lajimäärien suhteen.

Lajiryhmä	Habitaatin tyyppi	Lahopuutyyppi	Kynnystaso ja sen peruste	Aluemittakaava	Alue	Viitteet
Saproksyylikovakuoriaiset	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Lahopuu yleisesti	<b>23,8–28,5 m<sup>3</sup>/ha</b> vähimmäismäärä viiden vaateliaan kovakuoriaislajien esiintymiselle	1 km <sup>2</sup> / 4 km <sup>2</sup>	Ostmarka, Norja	Økland ym. 1996
Saproksyylikovakuoriaiset	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Järeät kuolleet puut (läpimitaltaan >40 cm)	<b>4–7 kpl/ha</b> vähimmäismäärä kolmen vaateliaan kovakuoriaislajin esiintymiselle	1 km <sup>2</sup> / 4 km <sup>2</sup>	Ostmarka, Norja	Økland ym. 1996
Saproksyylikovakuoriaiset	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Lahopuu (läpimitaltaan ≥5 cm)	Lajikertymän tasaantuminen, kun määrä ylittää <b>20 m<sup>3</sup>/ha</b>	1 ha	Etelä-keski-boreaalinen Suomi	Martikainen ym. 2000
Käävät	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Lahopuu (läpimitaltaan ≥10 cm)	Vaatelioiden lajien säännöllinen esiintyminen, kun yli <b>20 m<sup>3</sup>/ha</b>	1 ha	Etelä-keski-boreaalinen Suomi	Penttilä ym. 2004
Käävät: Punaisen kirjan ja vanhojen metsien indikaattorilajit	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Lahopuu (läpimitaltaan ≥5 cm)	Lajikertymä alkaa nopeasti hidastua, kun määrä saavuttaa <b>20 m<sup>3</sup>/ha</b>	0,05–3,6 ha	Taivalkoski, Suomi	Ylisirniö ym. 2016
Käävät	Vanhat kuusivaltaiset metsät	Kuusimaapuut (läpimitaltaan 20–40 cm)	Vanhojen metsien indikaattorilajien esiintyminen todennäköistä, kun määrä saavuttaa <b>29 m<sup>3</sup>/ha</b>	4 ha	(Hemi)boreaalinen Skandinaavia	Nordén ym. 2018
Suojeluarvoa indikoivat putkilokasvit, sammaleet, makrosienet ja jäkälät	Vanhat havumetsät	Lahopuu (läpimitaltaan ≥10 cm)	Lajien esiintyminen todennäköistä, kun määrä ylittää <b>20–23 m<sup>3</sup>/ha</b>	2 ha	Ruotsi	Hekkala ym. 2023

### 3.1.8 Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden kohdentamistavat

Keskeiset sisällöt:

- EU:n monimuotoisuusstrategian yksi tavoite on rakentaa edustavampi ja paremmin kytkeytynyt suojelualueverkosto EU:ssa ja sen jäsenmaissa mm. suojelupinta-alaa kasvattamalla; lisäksi on tarvetta mm. kehittää talousmetsien potentiaalia tukea monimuotoisuutta. Tässä luvussa tarkastellaan kyseisen strategian mukaisia 10 % ja 30 % suojelupinta-alatavoitteita Zonation-työkalulla.
- Suojelusuunnitteluun liittyy usein erilaisten tavoitteiden ja näkökulmien yhteensovittamista, joten se tulisi tehdä yhdessä muun alueiden käytön ja maankäytön suunnittelun kanssa. Yhteensovittamisessa tulisi varmistaa lajiston, populaatioiden ja niiden levinneisyyksien säilyminen pitkällä aikavälillä siten, että lajien ja elinympäristöjen tasapainoinen ja riittävä edustus maisematasolla säilyvät.
- Spatiaalisen suojelupriorisoinnin keskeisimpiä tuotoksia ovat prioriteettikartat, joilla kuvataan lähtöaineiston ja priorisoinnin perusteella arvokkaimpien kohteiden sijainnit. Esimerkiksi Zonationin tulostulokset ovat monimuotoisuuspiirteiden täydentävyysperiaatteeseen perustuvia, rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja, jotka esittävät valitusta alueesta paikkaan sidotun prioriteettiluokituksen.
- Priorisointituloksien nojalla voidaan mm. arvioida luonnonhoidon ja suojelun vaikutuksia eri maankäyttökäytännöissä tai vertailla erilaisten kohdentamistapojen ekologista mielekkyyttä ja kustannustehokkuutta. Priorisointituloksia ei sellaisenaan voi käyttää lisäsuojelun kohdentamiseen.
- Lähtöaineistona Zonation-priorisoinneille tässä työssä oli joukko valtakunnallista lahoppuupotentiaalia kuvaavia piirrekerroksia. Metsien monimuotoisuutta kuvaavia muuttujia olivat kasvillisuusluokka, puulaji, puuston keskiläpimitta ja tilavuus puusto-ositteittain, punaisen listan metsälajien esiintymät, sekä kasvillisuusluokan ja puustotunnusten perusteella MOTTI-ohjelmalla laskettu kohteiden lahoppuupotentiaali.
- Zonationilla tarkastellut kolme esimerkkimaakuntaa (Uusimaa, Pirkanmaa, Kainuu) eroavat kasvupaikkatyypijakauman ja suojelualueverkoston kannalta sekä sen suhteen, kuinka paljon maakunnan olisi lisättävä suojelu- tai luonnonhoitopinta-alaa saavuttaakseen EU:n monimuotoisuusstrategian mukaiset pinta-alatavoitteet.
- Tarkasteluissa käytettiin neljää Zonation-varianttia, jotka hyödynsivät eri yhdistelmiä metsikön laadusta (lahoppuupotentiaali), metsänkäsittelyn aiheuttamasta arvonalenemasta, kytkeytyvyydestä metsälakikohteisiin, punaisen listan lajien esiintyvyydestä sekä kytkeytyvyydestä suojelualueisiin. Tuloksia tarkasteltiin ristiin suojelualueverkosto- ja Suomen metsäkeskuksen metsävara-aineiston kanssa suodattamalla 10 % ja 30 % korkeimman prioriteetin osuudet.
- Nykytilanteessa Uudellamaalla on 37 000 (4 %), Pirkanmaalla 37 000 (2,7 %) ja Kainuussa 147 000 ha (7,3 %) suojeltua metsä- ja kitumaata. Tiukan 10 % suojelutavoitteen lisäksi, mikäli tavoitellaan 30 % kokonaissuojelutasoa, monimuotoisuutta tukevia ("kevyen suojelun") alueita (OECM) tarvittaisiin Uudellemaalle 171 500 ha, Pirkanmaalle 240 400 ha ja Kainuuseen 349 100 ha.

- Kasvupaikkatyypittäiset arvokkaimpaan 30 % kohdejoukkoon osuvat pinta-alat vaihtelevat maakunnittain, ja Uudellamaalla näistä on jo suojeltu 19–33 %, Pirkanmaalla 7–19 % ja Kainuussa 8–25 %. Keskimäärin yli 60 % on nykyisten suojelualueiden ulkopuolella.
- Kytkeytyvyyden (suhteessa naapurikuvioihin, metsälakikohteisiin ja suojelualueisiin) huomiointi odotetusti nosti parhaiksi priorisoitujen kohteiden ryvästymistä maakunnasta riippumatta. On kuitenkin huomattava, että kytkeytyvyyden sisällyttäminen voi paikallisesti vähentää joidenkin korkealaatuisten, mutta huonosti kytkeytyneiden alueiden suhteellista arvoa.
- Jos tavoiteltaisiin kasvupaikkatyypijakaumaltaan edustavaa maakunnallista suojelualueverkostoa, uusia suojelukohteita täytyisi osoittaa Uudellamaalla ja Pirkanmaalla erityisesti lehtomaisilta ja tuoreilta kankailta ja Kainuussa tuoreilta ja kuivahkoilta kankailta.

### 3.1.8.1 Zonation-tarkastelun tavoitteet

Luonnonhoidon (tehostettu monimuotoisuudelle merkittävien puuston rakennepiirteiden säilyttäminen ja tuottaminen talousmetsissä) kohdentaminen on keskeistä, kun pyritään lisäämään toiminnan ekologista vaikuttavuutta ja kustannustehokkuutta. Tässä alaluvussa tarkastellaan EU:n monimuotoisuusstrategian mukaisia 10–30 % suojelupinta-alan lisäämistavoitteita alueellisesti. Tarkastelua voidaan hyödyntää niin lisäsuojelun kuin tehostetun luonnonhoidonkin teoreettisessa kohdentamisessa sekä niiden vaikuttavuuden arvioinnissa. Zonation-ohjelmisto (Moilanen ym. 2005) on spatiaalinen päätöstukianalyysityökalu, jonka avulla on aiemmin tuotettu paikkatietopohjaisia priorisointeja mm. monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueista (Mikkonen ym. 2018). Osana tätä tarkastelua Zonation-menetelmällä saatuja tuloksia jatkojalostetaan esimerkimaakunnittain (Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu), ja tuotetaan erilaisia tunnuslukuja ja visualisointeja maisematasolla. Tarkastelun tueksi on koottu taustatietoa esimerkimaakuntien suojelualueverkostosta sekä kasvupaikkatyyppien alueellisesta jakautumisesta. Tarkastelut taustoittavat ja tukevat luvun 2.1.9 VMI-aineistoihin perustuvaa selvitystä, jossa käytetään samoja esimerkimaakuntia.

Tavoitteenamme tässä luvussa on tarkastella ja vertailla kolmea luonnonmaantieteellisesti erilaista suomalaista maakuntaa (Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu) ja vastata seuraaviin kysymyksiin.

- Millainen on maakunnan suojelualueverkosto, ja kuinka kaukana nykyisten suojelualueiden pinta-alan kattavuus (%) on EU:n biodiversiteettistrategian 10 % tai 30 % pinta-alatavoitteista?
- Millainen on maakunnan kasvupaikkajakauma, ja miten eri kasvupaikkatyyppit osuvat suojelualueille sekä suojelualueiden ulkopuolelle?
- Miten lahoppuupotentiaaliltaan (Mikkonen ym. 2018, 2023) parhaat alueet sijoittuvat maakunnittain? Miten alueiden kohdentamiseen vaikuttaa se, jos valintakriteerinä huomioidaan myös kytkeytyvyys metsikkötasolla metsän lahoppuupotentiaaliin ja saman-kaltaisuuteen perustuen sekä kytkeytyvyys metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueverkostoon? Tässä toimii taustaoletuksena, että tavoitteena on muodostaa paremmin toisiinsa kytkeytynyt suojelualue- sekä rakennepiirteiden kannalta optimaalisin talousmetsien verkosto.

### 3.1.8.2 Tarkastelun taustaa

Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen kulmakiven Suomessa muodostaa koko maan kattava luonnonsuojelualueverkosto. Suomessa luonnonsuojelualueet jakautuvat sekä valtion mailla sijaitseviin, Metsähallituksen Luontopalveluiden hallinnoimiin suojelualueisiin, että yksityisillä mailla sijaitseviin suojelualueisiin. Lisäksi esim. metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ovat osa lakisääteisesti suojeltujen alueiden verkostoa. Näiden ns. lakisääteisten suojelualueiden metsien (2,46 miljoonaa hehtaaria) lisäksi suojelualueverkostoa tukevat läheisesti talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteet (0,48 miljoonaa hehtaaria). Vaikka suojelualueet on todettu toimivaksi keinoksi monimuotoisuuden turvaamisessa, nykyisten suojelualueiden pinta-ala ei yksinään riitä monimuotoisuuden turvaamiseen ja kansainvälisten monimuotoisuustavoitteiden saavuttamiseen (Hanski 2011). Suojelualueet eivät ole jakautuneet maantieteellisesti tasaisesti, vaan suojeluaste on suurin maan pohjoisosissa, missä metsälajiston monimuotoisuus on sen sijaan matalinta. Toisaalta myös pohjoisimmassa Suomessa esiintyy monimuotoisuuden kannalta alueellisesti tyypillistä ja arvokasta lajistoa, vaikka metsälajien määrä jääkin suhteellisesti eteläistä Suomea pienemmäksi. Toisaalta pohjoisten alueiden merkitys eteläisten lajien elinympäristönä voi tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen myötä muuttua.

Valtaosa tiedossa olevista EU:n biodiversiteettistrategian mukaisista luonnontilaisista ja vanhoista metsistä keskittyy todennäköisesti Pohjois-Suomeen ja valtion maille (Syrjänen ym. 2024). Tämä lisää edelleen suojelupaineita maan pohjoisosissa, jossa lisäsuojelulla voidaan edistää ekologista kytkeytyvyyttä laajalla pohjoisboreaalilla eliömaantieteellisellä alueella ja pitää yllä metsäisiä yhteyksiä Venäjän ja Ruotsin välillä. Ylä-Lapin lisäsuojelu ja tehostettu luonnonhoito liittyy samalla alkuperäiskansojen kulttuurillisten ja taloudellisten olosuhteiden parantamiseen Pohjoismaissa. Suomen suojelualueverkosto ei siis vielä nykyisellään muodosta alueellisesti tasapainoista, riittävän edustavaa ja kytkeytynyttä verkostoa (Kuusela ym. 2022), jolla voitaisiin vastata myös kansainvälisten monimuotoisuussopimusten tavoitteisiin (Tietolaatikko 1).

Viimeisen vuosikymmenen aikana sekä tieteellisessä tutkimuksessa että luontopolitiikassa on tunnistettu tarve löytää uusia keinoja monimuotoisuuden turvaamiseen suojelualueiden lisäksi. EU:n biodiversiteettistrategian yhtenä tavoitteena on rakentaa edustavampi ja paremmin kytkeytynyt suojelualueverkosto sekä EU-tasolla että jäsenmaissa (Euroopan komissio 2020, 2022). Strategian avaintavoitteita on suojelupinta-alan kasvattaminen niin, että 30 % EU:n maa- ja merialueista olisi oikeudellisen suojelun piirissä vuonna 2030, ja tästä pinta-alasta kolmasosa olisi tiukan suojelun piirissä. Pinta-alatavoitteeseen pääsemiseksi tarvitaan luontoarvojen turvaamista myös muualla kuin varsinaisilla luonnonsuojelualueilla. Yhdeksi keinoksi on tunnistettu muiden aluepohjaisten suojelukeinojen etsiminen, mm. Monimuotoisuutta tukevien alueiden (OECM- tai "kevyen suojelun" alue; Suomen ympäristökeskus 2024b) tunnistaminen ja kehittäminen. OECM-alueeksi voidaan tunnustaa selkeästi rajattu, luonnon monimuotoisuutta ylläpitävä tai edistävä alue, jota hoidetaan tai hallinnoidaan niin, että tunnistetut luontoarvot säilyvät pitkäjärteisesti (Heinonen & Alanen 2022).

Tarve uusille keinoille turvata monimuotoisuutta on kasvava. Suomen metsistä oli suojeltu 1.1.2022 yhteensä 2,94 miljoonaa hehtaaria eli 13 % metsäpinta-alasta (Luonnonvarakeskus 2022). Suojelualueita on tarkasteltu alaluvussa 3.1.3 ja taulukossa 30. Nykyinen valtakunnallinen suojelualueverkosto ei riitä vastaamaan YK:n biodiversiteettisopimuksen ja EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteisiin ja torjumaan luonnon monimuotoisuuden häviämistä.

Monimuotoisuutta tukevia toimia tulisi täten ulottaa myös suojelualueiden ulkopuolisille alueille ja tarkastella mm. talousmetsien potentiaalia tukea monimuotoisuutta. Luontokadon pysäyttämisen kannalta keskeinen kysymys on, miten rakennamme lajistollisesti edustavamman ja paremmin kytkeytyneen suojelualueverkoston, jota tukisi puuston rakennepiirteiden ja kytkeytyvyyden kannalta mahdollisimman optimaalinen talousmetsien verkosto.

### **Tietolaatikko 1. Kansainväliset suojelutavoitteet**

EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteena on pysäyttää luontokato ja kääntää luonnon monimuotoisuuden kehitys myönteiseksi vuoteen 2030 mennessä. Strategiassa asetetaan suojelutavoitteeksi vähintään 30 % maa-alasta, mukaan lukien sisävedet ja 30 % meristä (Euroopan komissio 2020). Tästä vähintään kolmanneksen (10 % maa-alasta ja 10 % meristä) tulee olla tiukasti suojeltua. Lisäksi kaikki jäljellä olevat vanhat ja luonnontilaiset metsät tulee suojella tiukasti. Tavoitteet perustuvat mm. siihen, että aiemmat YK:n Aichi -tavoitteet (17 % maa-alasta ja 10 % meristä) todettiin riittämättömiksi monimuotoisuuden tilan parantamiseksi (mm. Dinerstein ym. 2019).

Neljätoista muuta EU:n biodiversiteettistrategian tavoitetta liittyvät elinympäristöjen tilan parantamiseen suojelualueilla ja niiden ulkopuolella. Jäsenmaat sitoutuvat mm. pysäyttämään luonto- ja lintudirektiivien liitteiden lajien ja luontotyyppien heikkenemisen vuoteen 2030 mennessä sekä parantamaan suojelutasoa 30 %:lla niistä.

Monimuotoisuusstrategia ohjaa uutta suojelua alueille, joilla on jo nyt suuri merkitys monimuotoisuudelle tai suuri potentiaali, painottaen näiden alueiden olevan herkkiä ilmastonmuutokselle ja tarvitsevan tiukkaa suojelua. Luonnontilaisten ja vanhojen metsien (katso alaluku 2.1.2) lisäksi myös muut runsashiiliset ekosysteemit, kuten turvemaat, niityt, kosteikot, mangrovet ja meriruohoniityt tulee suojella. Strategia korostaa myös luonnontilaisia ekosysteemeitä ja luontopohjaisia ratkaisuja, mukaan lukien kosteikkojen, turvemaiden ja rannikkoekosysteemien suojelu, joilla lisätään hiilensidontaa ja sopeudutaan muuttuvaan ilmastoon (European Commission 2022).

Komissio edellyttää, että jäsenmaat antavat kaksi sitoumusta strategian toimeenpanoon liittyen.

Ensimmäinen sitoumus koskee sitä, miten jäsenmaat aikovat edistää EU:n yhteisen 30 % suojelupinta-alatavoitteen ja 10 % tiukan suojelun saavuttamista. Tiukan suojelun tavoitteeseen sisältyy kaikkien jäljellä olevien vanhojen ja luonnontilaisten metsien suojelu. Toinen sitoumus koskee jäsenmaiden toimia, joilla turvataan luonto- ja lintudirektiivin liitteiden lajien ja luontotyyppien suojelutaso sekä toimia, joilla suojelutasoa parannetaan 30 % lajeista ja luontotyypeistä. Suomen sitoumusten oli määrä valmistua vuoden 2023 aikana.

YK:n biodiversiteettisopimuksen osapuolikokouksen Kunming – Montrealin sopimuksessa on asetettu tavoitteita vuodelle 2030 ja päämääriä sekä visio vuoteen 2050 (Convention on Biological Diversity 2022). Tavoitteet ovat monimuotoisuuden osalta samantapaisia kuin EU:n biodiversiteettistrategia 2030:ssa. Kehyksen visiona on maailma, joka elää sopusoinnussa luonnon kanssa: "Vuoteen 2050 mennessä luonnon monimuotoisuutta arvotetaan, suojellaan, ennallistetaan ja käytetään viisaasti, säilyttäen ekosysteemipalvelut, ylläpitäen tervettä planeettaa ja tuottaen elintärkeitä hyötyjä kaikille ihmisille."

Tavoitteita sopimuksessa on yhteensä 23. Näistä luonnon monimuotoisuuden uhkien vähentäminen sisältää yhdeksän tavoitetta. Monimuotoisuustavoitteita voidaan pitää vastineena ilmastokriisin hillitsemistä ohjaavalle 1,5 asteen tavoitteelle. Ensimmäisenä tavoitteena on varmistaa, että kaikki alueet ovat osallistavan, kokonaisvaltaisesti luonnon monimuotoisuuden huomioivan aluesuunnittelun ja/tai tehokkaiden hoitokäytäntöjen piirissä, millä hillitään maan ja merenkäytön muutosten aiheuttamaa luonnon monimuotoisuuden vähenemistä, jotta luonnon monimuotoisuudelle erittäin tärkeiden alueiden, mukaan lukien ekologisesti eheiden elinympäristöjen, väheneminen saatetaan lähelle nollaa vuoteen 2030 mennessä, samalla kunnioittaen alkuperäiskansojen ja paikallisyhteisöjen oikeuksia.

Suurimman huomion julkisuudessa ovat saaneet tavoitteet kaksi ja kolme eli ns. 30+30-tavoite vuoteen 2030 mennessä. Kokouksen osapuolet pääsivät sopuun maailmanlaajuisesta 30 % suojelutavoitteesta, joka koskee maa-, sisävesi-, rannikko- ja merialueita. Lisäksi osapuolet sopivat siitä, että vähintään 30 % tilaltaan heikentyneistä maa- ja vesiekosysteemeistä tulee ennallistaa vuoteen 2030 mennessä. Kansallisesti 30 + 30 tavoitteen täyttämisen edellyttää suojelualueiden määrän ja luonnonhoidon toimien merkittävää lisäämistä erityisesti Etelä-Suomessa.

Vain pieni osa maapallosta on suojeltu, joten luonnon monimuotoisuuden turvaaminen edellyttää luonnon kestävää käyttöä myös suojelualueiden ulkopuolella. Neuvotteluissa sovittiin, että maa-, metsä- ja kalataloudessa sekä vesiviljelyssä tulee ottaa huomioon luonnon monimuotoisuus. Lisäksi tulee varmistaa, että luonnon kestävällä käytöllä turvataan luonnosta eniten riippuvaisten ja haavoittuvassa asemassa olevien ihmisten toiminta sekä alkuperäiskansojen ja paikallisten yhteisöjen luonnonvarojen kestävä käyttö.

### 3.1.8.3 Suomen suojelualueverkosto – eri maaluokat ja suojelukeinot

Suojelualueisiin kuuluu niin kasvullisen metsämaan (kasvu yli 1 m<sup>3</sup>/ha vuodessa) ja kitumaan (kasvu 0,1–0,99 m<sup>3</sup>/ha vuodessa) metsiä kuin hyvin harvapuustoisia tai kokonaan puuttomia joutomaita (joutomaalla kasvaa vain yksittäisiä, usein kituliaita tai pensastavia puita, ja puuston hehtaarikohtainen vuotuinen kasvu jää alle 0,1 kuutiometrin) sekä vesistöjä (sisävedet). Joutomaahan kuuluu monimuotoisuudelle merkittäviä ekosysteemejä, kuten mm. avosuot ja tunturipaljakat. Joutomaiden osuus suojelualueiden maapinta-alasta on Etelä-Suomessa noin 30 % ja Pohjois-Suomessa noin 40 %. Kitumaiden osuus suojelluista metsistä on Etelä-Suomessa noin 15 % ja Pohjois-Suomessa noin 50 % (Taulukko 31). Suojelualueisiin kuuluu vähäisessä määrin myös muuta metsätalousmaata, kuten esimerkiksi metsäautotiet, metsätalouden pysyvät varasto- ja tonttialueet, metsäkokonaisuuteen kuluvat sorakuopat ja riistapellot. Suojelualueiden pinta-alan jakautuminen eri maaluokkiin ja vesistöihin (sisävedet) on esitetty taulukossa 30.

**Taulukko 30.** Suomen suojelualueverkosto, eri tavoin suojellut alueet. Pinta-alat 1 000 ha. Lakisääteisiin suojelualueisiin kuuluvat luonnonsuojelulain mukaiset suojelualueet, erämaa-alueet ja metsälain 10 § erityisen tärkeät elinympäristöt. Alfanumeeriset lyhenteet, katso Taulukko 2. Pohjois-Suomeen kuuluvat Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa ja Lappi. Lähde: Luonnonvarakeskus, metsien suojelutilastot 2022.

Suojeluluokat (METI)	Metsä- maa	Kitu- maa	Metsä- ja kitumaa, yhteensä	Jouto- maa	Muu maa	Maapinta- ala, yhteensä	Vesistöt	Yhteensä
<b>ETELÄ-SUOMI</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	541	105	646	285	7	939	1 233	2 172
Lakisääteiset suojelu- alueet 1A+1B+1C	429	74	503	221	6	730	1 232	1 962
<b>POHJOIS-SUOMI</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	1 161	1 131	2 292	1 548	5	3 845	304	4 148
Lakisääteiset suojelu- alueet 1A+1B+1C	960	995	1 955	1 412	3	3 370	301	3 671
<b>KOKO MAA</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	1 702	1 236	2 939	1 833	12	4 783	1 537	6 320
Lakisääteiset suojelu- alueet 1A+1B+1C	1 389	1 069	2 458	1 633	9	4 100	1 533	5 633

Suojelualueverkostoon kuuluvat METI-työryhmän muistion mukaisesti määritellyt alueet (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Luokittelun kolme pääluokkaa ovat (1) lakisääteiset suojelualueet, (2) talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteet ja (3) luontoarvojen suojelua tukevat erityisalueet (Taulukko 2). Esimerkiksi lakisääteisiin suojelualueisiin kuuluvat mm. luonnonsuojelulain mukaiset suojelualueet (kuten kansallispuistot ja luonnonpuistot, muut valtion maiden suojelualueet sekä yksityiset suojelualueet), erämaalailla suojellut erämaa-alueet ja metsälain 10 § mukaiset erityisen tärkeät elinympäristöt (Taulukko 31). Luonnonsuojelulaki määrittelee maankäytön rajoitukset luonnonsuojelualueella, suojeluohjelma-alueella ja useimmilla Natura-alueilla, metsälaki- ja muut lait muilla alueilla. Luontoarvojen suojelua tukevia alueita ovat muut rajoitetun metsätalouksen erityisalueet kuten virkistysmetsät ja porotalouden sekä saamelaiskulttuurin erityisalueet (Maa- ja metsätalousministeriö 2015). Suojelualueverkon tarkastelussa on hyödynnetty kansainvälisiä ohjeita (mm. Dudley 2008, Stolton ym. 2013, IUCN:n suojelualueluokituksen soveltaminen Suomessa 2013).

**Taulukko 31.** METI-suojelualueluokitus (Maa- ja metsätalousministeriö 2015).

<b>1 Lakisääteiset suojelualueet (1A+1B+1C)</b>
1 A Perustetut luonnonsuojelualueet ja luonnonsuojelualueiksi varatut kohteet valtion ja yksityisen omistamalla alueella sekä Ahvenanmaalla.
1 B Muut suojelualueet valtion ja yksityisen omistamalla alueella sekä Ahvenanmaalla.
Sisältää muut kuin luonnonsuojelulain alaiset Natura-alueet, erämaa-alueet, metsälain erityiset elinympäristöt, valtion retkeilyalueet, metsähallituksen omalla päätöksellä suojelemat metsät ja luonnonsuojelulain laji- ja luontotyyppirajaukset.
1 C Määräaikaiset suojelualueet
Sisältää luonnonsuojelulla tai metsälalla (ympäristötuki) määräaikaisesti suojellut kohteet ja Ahvenanmaan maakuntahallinnon määräaikaisen suojelun.
<b>2 Talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteet</b>
2 A Talousmetsien erityiset monimuotoisuuskohteet
Sisältävät metsätalouden ulkopuolelle jätettäviä alueita, kuten metsähallituksen alue-ekologisen suunnittelun luontokohteita ja uhanalaisten lajien rajauksia sekä mm. luontojärjestöjen kanssa tehtyjä sopimus/dialogikohteita.
2 B Talousmetsien monimuotoisuuskohteet, rajoitetussa talouskäytössä
Valtionmailla osa Metsähallitus Metsätalous Oy:n ympäristöoppaan mukaisista yleisten yhteiskunnallisten velvoitteiden (YYV) monimuotoisuuskohteista on tällaisia. Pienten suojelualueiden tai -kohteiden välittömään läheisyyteen on esimerkiksi rajattu puskurialueiksi ns. monimuotoisuuden lisäämisalueita.
Yksityismailla voidaan rajata hyvän metsänhoidon suositusten mukaisia arvokkaita metsäelinympäristöjä (laajempi kuin metsälaki).
<b>3 Rajoitetussa metsätalouskäytössä olevat muut erityiskohteet</b>
Sisältää metsähallituksen, kuntien ja Ahvenanmaan maakunnan omalla päätöksellä tai esim. ulkoilulakiin ja kaavamääräyksiin liittyviä alueita.
Muut luontoarvojen suojelua tukevat alueet eivät ole ensisijaisesti monimuotoisuuden turvaamiseksi rajattuja erityisiä alueita, vaan niiden ensisijainen käyttötarkoitus on esimerkiksi metsätalous, poro- ja luontaistalous, tutkimus, virkistyskäyttö, maiseman tai kulttuuriympäristön suojelu

Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan vuoden 2022 alussa Suomessa oli suojeltuja metsiä yhteensä 2,94 miljoonaa hehtaaria. Ne koostuivat lakisääteisten suojelualueiden metsistä (2,46 miljoonaa hehtaaria) sekä talousmetsien monimuotoisuuden suojelukohteista (0,48 miljoonaa hehtaaria). Lisäksi rajoitetussa metsätalouskäytössä olevia erityiskohteita on yhteensä 0,42 miljoonaa hehtaaria koko maassa. Eri maaluokkien ja vesistöjen (sisävedet) osuudet (%) suojelualueverkostossa on esitetty taulukossa 32. Suojeltujen ja talousmetsien osuuksia Etelä- ja Pohjois-Suomessa on käsitelty myös alaluvussa 2.1.3.

**Taulukko 32.** Eri maaluokkien osuudet (%) suojelualueverkostossa. Lähde: Luonnonvarakeskus, metsien suojelutilastot 2022. Pohjois-Suomeen kuuluvat Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa ja Lappi.

	Maaluonnon osuus koko suojelupinta-alasta %	Metsämaan osuus suojellusta maapinta-alasta %	Metsä- ja kitumaan osuus suojellusta maapinta-alasta %	Kitumaan osuus suojellusta metsä- ja kitumaasta %	Joutomaan osuus suojellusta maapinta-alasta %	Jouto- ja kitumaan osuus suojellusta maapinta-alasta %	Vesistöjen osuus koko suojelupinta-alasta %	Jouto- ja kitumaan sekä vesistöjen osuus suojelun kokonaispinta-alasta %
<b>ETELÄ-SUOMI</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	43	58	69	16	30	42	57	75
Lakisääteiset suojelualueet 1A+1B+1C	37	59	69	15	30	40	63	78
<b>POHJOIS-SUOMI</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	93	30	60	49	40	70	7	72
Lakisääteiset suojelualueet 1A+1B+1C	92	28	58	51	42	71	8	74
<b>KOKO MAA</b>								
Suojellut metsät 1A+1B+1C+2A+2B	76	36	61	42	38	64	24	73
Lakisääteiset suojelualueet 1A+1B+1C	73	34	60	43	40	66	27	75

### 3.1.8.4 Kansainväliset suojelutavoitteet suhteessa Suomen nykyiseen suojelualueverkostoon

Kansainvälisesti suojelualueiden luokittelua on ohjeistanut IUCN. Euroopan Unionin lintu- ja luontodirektiivin asiantuntijaryhmä (Nature Directives Expert Group, NADEG) on laatinut ohjeistuksen suojelualueista ja 30 % suojelusta sekä 10 % tiukasta suojelusta EU:n jäsenvaltioissa (European Commission 2022). Kymmenen prosentin tiukan suojelun tavoite liittyy EU:n biodiversiteettistrategian 2030 tavoitteisiin, ja tiukasti suojellut alueet sisältyvät osana väljempään 30 % suojelutavoitteeseen. Kuitenkin kaikki EU:ssa jäljellä olevat luonnontilaiset ja vanhat metsät tulee suojella tiukasti, riippumatta siitä, onko jäsenvaltio jo saavuttanut 10 % tiukan suojelun tavoitteen (Euroopan komissio 2023). Tiukalla suojelulla tarkoitetaan ihmistoiminnan ulkopuolelle jääviä alueita, joilla tavoitteena on luontaisten ekosysteemien rakenteen ja lajistuksen sekä ekosysteemien toimintojen säilyttäminen tai palauttaminen (lisäksi mm. tutkimus, luonnonhoito ja kestävä käyttö mahdollisia, mukaan lukien paikallisten oikeudet, virkistyskäyttö ja matkailu). IUCN:n luokituksista mukaan voidaan lukea (tietyin varauksin) luokat (Ia) luonnonpuistot ja vastaavat (strict nature reserve), (Ib) erämaa-alueet (wilderness area) ja (II) kansallispuistot (national park) – etenkin jälkimmäiset kaksi mahdollisesti vain tietyiltä osin. Lisäksi kansallisella lainsäädännöllä tiukasti suojeltuja alueita voidaan tarkastella (näihin kuuluvat esim. luonnonsuojelulain perusteella pysyvästi ja tiukasti suojellut yksityiset suojelualueet).

Kansainvälisten suojelutavoitteiden osalta 10 % tiukan suojelun tavoite on Suomessa teoreettisesti saavutettu tai jopa ylitetty koko maata tarkastellessa, lukuun ottamatta luonnontilaisia ja vanhoja metsiä (katso luku 2.1.3). Sen sijaan 30 % suojelutavoitteesta ollaan kaukana, mutta toisaalta tavoitteena se on huomattavasti väljempi, sillä siihen voidaan sisällyttää alueita, joissa monimuotoisuutta edistetään eri tavoin osana muuta maankäyttöä (OECM-alueet). Näihin voidaan todennäköisesti lukea tehostetun luonnonhoidon kohteet, joissa monimuotoisuutta vahvistetaan talousmetsissä. Taulukossa 33 on hahmoteltu sitä, millainen maakuntien metsien suojelualueverkosto voisi pinta-alallisesti olla, jos tavoitellaan EU:n monimuotoisuusstrategian 10 % tai 30 % tavoitteita lisäsuojelun ja/tai tehostetun luonnonhoidon osalta. Esimerkiksi tehostettu luonnonhoito, jossa keskitetään lahopuuta (katso alaluku 2.1.3.5.2) ja säästöpuita, voi olla yksi mahdollinen vaihtoehto OECM-alueeksi. Jos alueet lisäksi pystytään sijoittamaan niin, että ne lisäävät nykyisten suojelualueiden ekologista kytkeytyvyyttä, saavutetaan monimuotoisuuden tilan parantaminen ekologisesti vaikuttavammin ja nopeammin.

**Taulukko 33.** Nykyisen suojelupinta-alan ja lisäsuojelun tai tehostetun luonnonhoidon edellyttämät tavoitteelliset pinta-alat karkeasti eri maakunnissa ja valtakunnallisesti (10–30 %). Pinta-alat ovat hehtaareja.

Maakunta	Maapinta-ala	Suojelualueiden maapinta-ala	10 % lisäsuojelun pinta-ala**	Kaikki suojelualuetyypit 1+2+3, pinta-ala	30 % lisäsuojelun/luonnonhoidon pinta-ala***	20 % (30 % lisäsuojelun ja 10 % tiukan suojelun erotus)
Ahvenanmaa	155 330	1 000	14 200	4 000	42 300	28 100
Varsinais-Suomi	1 066 283	39 000	67 400	39 000	281 000	213 600
Uusimaa	909 737	37 000	54 500	47 000	226 000	171 500
Kymenlaakso	455 910	12 000	33 700	15 000	122 000	88 300
Etelä-Karjala	532 831	8 000	45 800	15 000	145 000	99 200
Kanta-Häme	519 849	18 000	34 500	28 000	128 000	93 500
Päijät-Häme	571 420	11 000	46 100	20 000	152 000	105 900
Satakunta	748 788	28 000	47 300	31 000	194 000	146 700
Pirkanmaa	1 324 631	37 000	95 600	61 000	336 000	240 400
Etelä-Savo	1 265 231	109 000	17 200	72 000	307 000	289 800
Pohjanmaa	739 828	29 000	44 800	24 000	198 000	153 200
Etelä-Pohjanmaa	1 379 787	35 000	103 300	33 000	381 000	277 700
Keski-Suomi	1 604 187	46 000	114 800	80 000	401 000	286 200
Pohjois-Savo	1 734 346	42 000	131 100	72 000	449 000	317 900
Pohjois-Karjala	1 799 098	87 000	92 500	143 000	397 000	304 500
Keski-Pohjanmaa	501 938	39 000	115 900	32 000	118 000	2 100
ETELÄ-SUOMI	15 309 190	577 000	954 300	715 000	3 878 000	2 923 700
Pohjois-Pohjanmaa	3 681 208	284 000	84 100	280 000	825 000	740 900
Kainuu	2 019 741	147 000	54 900	202 000	404 000	349 100
Lappi	9 266 698	2 818 000	0	2 167 000	613 000	423 900
POHJOIS-SUOMI	14 967 650	3 249 000	0	2 649 000	1 842 000	1 666 800
KOKO MAA	30 276 840	3 826 000	0	3 364 000	5 719 000	4 921 000

\* Luonnonsuojelulakiin ja erämaalakiin perustuvat alueet

\*\* Suhteessa maakunnan maapinta-alaan, Luonnonsuojelu- ja erämaailalla suojellut, metsä- ja kitumaa huomioitu

\*\*\* kaikki suojelualueet 1+2+3 huomioitu

### 3.1.8.5 Spatiaalinen suojelupriorisointi menetelmänä

Luonnonsuojelualueiden ja -verkostojen suunnittelua ja ”optimointia” on tutkittu jo pitkään luonnonsuojelubiologian alalla ja omaksi tieteenalaksi muodostui 2000-luvun vaihteessa systemaattinen suojelusuunnittelu (*systematic conservation planning*, Margules & Pressey 2000). Suojelusuunnitteluun liittyy usein erilaisten tavoitteiden ja näkökulmien yhteensovittamista, eikä sitä tulisi tehdä irrallaan muusta alueiden käytön ja maankäytön suunnittelusta (Ferrier & Wintle 2009). Suojelusuunnittelun tavoitteena on varmistaa lajiston säilyminen sekä riittävät lajiston populaatiokoot ja levinneisyys pitkällä aikavälillä. Systemaattisessa suojelusuunnittelussa voidaan tunnistaa oma erillinen paikkatietoa ja laskennallisia menetelmiä hyödyntävä analyysi, jota kutsutaan usein spatiaaliseksi suojelupriorisoinniksi (*spatial*

*conservation prioritization*) (Kukkala & Moilanen 2013). Se pyrkii erilaisten monimuotoisuuden liittyvien piirteiden, kuten lajien tai elinympäristöjen esiintymistä kuvaavien piirteiden, tasapainoiseen ja riittävään edustustasoon suojelualueverkostossa sekä suojelualueiden sijoittamiseen maisematasolla.

Spatiaaliseen suojelupriorisointiin on kehitetty maailmalla useita laskennallisia menetelmiä ja tietokoneohjelmia, joista yksi tunnetuimmista on Helsingin yliopistossa kehitetty Zonation (Moilanen ym. 2005). Suojelusuunnitteluun ja priorisointiin kehitettyjen ohjelmien toimintaperiaatteissa on eroja, mutta kaikki tuottavat joukon tuloksia, joista prioriteettikartat ovat yksi keskeisimpiä. Nämä paikkatietokartat kuvaavat, missä lähtöaineiston ja priorisoinnin perusteella arvokkaimmat kohteet sijaitsevat. Zonationin tapauksessa tulokartat ovat rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja, jotka esittävät valitusta alueesta paikkaan sidotun prioriteetti-luokituksen niin, että jokaisella alueen rasteriruudulla on prioriteettia kuvaava arvo 0,0 (vähiten arvokas) ja 1,0 (arvokkain). Zonation-algoritmi priorisoi monimuotoisuuspiirteiden täydentävyyteen (komplementaarisuuteen) perustuen ja painottaen piirteiden harvinaisuutta. Priorisoinnin tuloksia voidaan myös jatkojalostaa jälkikäsitteilytyönä tulosten käyttötarkoitusta parhaiten tukevaan muotoon (Lehtomäki & Moilanen 2013).

Keskeistä spatiaalisessa priorisoinnissa on se, millainen ekologinen malli ja optimointi syöttöaineistojen mahdollistamana halutaan rakentaa (Lehtomäki & Moilanen 2013). Zonation ei siis tuota yhtä "oikeaa" vastausta, vaan erilaisia syöttöaineistoja hyödyntäen ja erilaisia analyysiversioita ("variantteja") tuottamalla voidaan pyrkiä vastaamaan erityyppisiin tutkimuskysymyksiin. Priorisointianalyysin perustan muodostavat tiedot monimuotoisuutta edustavista piirteistä, jotka voivat olla yksittäisiä lajeja, lajiryhmiä, luontotyyppejä, elinympäristöjä tai muuta ympäristön tilaa kuvaavaa tietoa. Kutakin piirrettä tyypillisesti edustaa analyysissä yksi piirrekerros eli rasteriaineisto, joka kuvaa piirteiden esiintymistä analyysialueella.

Zonation on työkaluna parhaimmillaan silloin, kun on tarve etsiä kohteita, joilla suojelusta tai hoidosta on eniten hyötyä monimuotoisuuden turvaamiselle. Suojelupriorisoinnin avulla voidaan arvioida esimerkiksi nykyisten suojelualueiden edustavuutta sekä tunnistaa potentiaalisia uusia alueita luonnonsuojelualueverkoston laajentamiseen (Mikkonen ym. 2013, Pouzols ym. 2014, Kukkala ym. 2016). Spatiaalisen priorisoinnin käyttömahdollisuudet eivät rajaudu pelkästään suojelualueverkostojen arviointiin ja suunnitteluun, vaan menetelmillä on mahdollista huomioida ja ratkaista myös toisenlaisia ekologisesti kestäväan maankäyttöön liittyviä suunnitteluongelmia. Suojelupriorisoinnin keinoin on löydettävissä kustannusvaikuttavia ratkaisuja haitallisen maankäytön ohjaamiseen monimuotoisuusarvoiltaan vähemmän tärkeille alueille (Kareksela ym. 2013), tunnistaa ekosysteemipalvelujen suojeluun sopivia alueita (Verhagen ym. 2017) tai etsiä potentiaalisia alueita luonnonhoidon ja ennallistamisen kohdentamiseen (Moilanen ym. 2011).

Spatiaalisten priorisointien tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa yleisesti luonnonhoidon ja suojelun vaikutuksia eri maankäyttökennarvissa. Lisäksi niitä voidaan käyttää vertailtaessa erilaisten toimenpiteiden kohdentamistapojen ekologista mielekkyyttä ja kustannustehokkuutta. Menetelmää ei ole tarkoitettu sellaisenaan lisäsuojelun kohdentamiseen. Spatiaalisen priorisoinnin tuloksia ei voida siis käyttää suorina alueiden käytön tai suojelun päätöksinä, vaan tuloksista voidaan saada viitteitä alueiden mahdollisista luonto- ja suojeluarvoista. Jos priorisoinnin tuloksia käytetään päätöksenteon tukena suojelussa tai tehostetun luonnonhoidon kohdentamisessa, alueiden luontoarvot tulisi aina käydä varmistamassa (validoimassa) maastossa.

### 3.1.8.6 Puustoisten elinympäristöjen Zonation-analyysijä

Puustoisia elinympäristöjä on aiemmin tutkittu runsaasti spatiaalisen suojelupriorisoinnin keinoin sekä Suomessa että maailmalla (Lehtomäki ym. 2009, Lehtomäki 2014). METSO-ohjelman (Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelma) tavoitteita tukevia Zonation-analyysijä on kehitetty vuodesta 2010 lähtien. Ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön yhdessä koordinoiman ja vuodesta 2008 toimineen METSO-ohjelman tavoitteena on suojella vapaaehtoisuuden kautta erityisesti luonnonarvoiltaan monipuolisia metsiä (Valtioneuvosto 2008, 2014). Spatiaalisen priorisoinnin tulokset ovat tukeneet METSON toteuttajia kohteiden ja toteutuskeinojen valinnassa sekä tarjonneet myös maanomistajille hyödyllisen tietoaineiston metsien luontoarvoista.

Ympäristöministeriön rahoittama Ekologiset päätösanalyysit yhteiskunnallisen päätöksenteon tukena -hanke (2015–2019) tuotti puustoisten elinympäristöjen luontoarvoja kuvaavia karttoja asiantuntijakäyttöön METSON toteuttamisen tueksi (Mikkonen ym. 2018, 2023, Suomen ympäristökeskus 2024). Analyysien tavoitteena oli tunnistaa valtakunnallisesti metsiä, joissa on potentiaalisesti paljon erilaista lahopuuta ja jotka ovat kytkeytyneet muihin laadukkaisiin metsä- ja suojelualueisiin.

### 3.1.8.7 Zonation-menetelmän hyödyntäminen, käytetyt aineistot ja menetelmät

Tyypillinen spatiaalisen suojelusuunnittelun tutkimuskysymys on, miten käytettävissä olevat resurssit (esimerkiksi tässä raportissa puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuuden kannalta tärkeiksi tunnistetut rakennepiirteet, katso luku 2.1.5.) voidaan kohdentaa ekologisesti perustellusti ja samalla hakien tasapainoa eri tavoitteiden saavuttamisen välillä, kuten esim. lisäsuojelu, talousmetsien käyttö ja muut maankäytön tarpeet. Tämän työn tavoitteena on demonstroida tapoja tunnistaa talousmetsän kohteita, joilla rakennepiirteiden lisäys tukee suojelualueverkostoa optimaalisesti, huomioiden EU:n monimuotoisuusstrategian tavoitteet suojelupinta-alan lisäämisestä 30 %:iin, mistä 10 % on tiukkaa suojelua. Jäsenmaita ei velvoiteta jyvittämään suojelupinta-alatavoitteita maakunnan tasolle, mutta Euroopan komissio suosittaa huomioimaan suojelualueiden tasaisemman jakautumisen valtakunnallisesti tai luonnonmaantieteellisten vyöhykkeiden tasolla (Euroopan komissio 2022). Myös tiedeyhteisö on suositellut suojelun tasaisemman alueellisen jakautumisen edistämistä (Hanski 2011), ja Suomen Luontopaneeli on painottanut maakunnallisten suojelualueverkostojen kattavuuden lisäämistä 10 %:iin (Kotiaho ym. 2021). Maakunnallinen tarkastelu tukee luonnonmaantieteellisten alueiden ja metsäkasvillisuusvyöhykkeiden sekä niiden lohkojen suojelutarpeen arviointia.

Koska lähtötilanteet suojelulle, rakennepiirteiden huomioimiselle ja lisäsuojelualueiden optimaaliselle kohdentamiselle vaihtelevat eri puolella Suomea, valitsimme tarkasteluun kolme erilaista maakuntaa: Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu. Tavoitteena on esitellä Zonation-menetelmällä tehtävän spatiaalisen suojelupriorisoinnin potentiaalia tunnistaa kustannustehokkaasti lisäsuojelun ja rakennepiirteiden säilymisen kannalta tärkeitä alueita näissä maakunnissa, huomioiden myös monimuotoisuuden kannalta arvokkaimpien metsien kytkeytyvyyttä. Käytämme tässä tarkastelussa valmiita maakunnittaisia Zonation-tuloksia monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueista (Suomen ympäristökeskus 2018, Mikkonen ym. 2018, 2023). Emme tuota varsinaista spatiaalista priorisointia, vaan hyödynnämme valmiita kartta-aineistoja eri tavoin paikkatietopohjaisesti jälkikäsitteilytyönä (katso Tietolaatikko 2 jälkikäsitteilyanalyysistä). Aineistojen hilakoko on 96 x 96 metriä.

Lähtöaineistona käytettyjen maakunnallisten Zonation-priorisointien pohjana oli 20 valtakunnallista lahoppupotentiaalia kuvaavaa piirrekerrosta (puulaji- ja kasvillisuusluokkien lahoppupotentiaalia kuvaavaa yhdistelmäpiirrekerrosta) (Mikkonen ym. 2018). Nämä 20 piirrekerrosta ovat siis ns. Zonation-syöttöaineistot. Lähtöaineiston metsien monimuotoisuutta kuvaavia muuttujia olivat kasvillisuusluokka, puulaji, puuston keskiläpimitta ja tilavuus puusto-ositteittain, sekä punaisen listan metsälajien esiintymät. Kasvillisuusluokan ja puustotunnusten perusteella syöttöaineistoihin on laskettu koko Suomeen kaikille puuta kasvaville alueille kohteiden lahoppupotentiaali MOTTI-ohjelman avulla (puuston kehitysennusteita kasvu- ja tuotomallien avulla tuottava ohjelma). Lisätietoja piirrekerroksista ja lähtöaineistona käytetyistä Zonation-priorisoinneista löytyy aineistokuvauksesta (Suomen ympäristökeskus 2018), priorisointituloksia esittelevästä raportista (Mikkonen ym. 2018) ja artikkelista, jossa kuvataan aineiston lahoppupotentiaalien mallintamista (Mikkonen ym. 2020).

Käytössämme oli Zonation-aineistojen lisäksi Suomen metsäkeskuksen metsävara-kuvioaineisto (sisältäen yksityismaita), jota on paikattu valtion maiden aineistoilla (Suomen metsäkeskus 2024). Metsävarakuvioiden kattavuus kuitenkin vaihtelee alueittain. Metsäkeskuksen lakisääteinen tehtävä ja pääpaino on yksityismetsissä, mutta perusinventointitietoa tuotetaan kaikista metsistä. Aineisto tarjoaa mahdollisuuden vertailla maakunnittaisia Zonation-priorisoinnin tuloksia kasvupaikkatyypeittäin sekä puuston ikäjakauman mukaan. Kasvupaikkaluokat vaihtelevat alueittain. Ne on kuvattu taulukossa 34. Aineistot mahdollistavat yhdessä suo- ja luomaskin kanssa myös metsävarakuviointaisen tarkastelun ei-suojeltuihin ja suojeltuihin kohteisiin sekä tarkastelun siitä, kuinka korkean prioriteetin metsävarakuviot saavat Zonationilla toteutetun priorisoinnin perusteella (esim. kuuluuko kuvio parhaaseen 10 tai 30 %:iin maakunnan pinta-alasta).

**Taulukko 34.** Kasvupaikkaluokkien selitykset Suomen Metsäkeskuksen metsävarakuviosta ki-vennäis- ja turvemaille. Lähde: [https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/myjate-koodisto-ja-tietokantakuvaus\\_0.xlsx](https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/myjate-koodisto-ja-tietokantakuvaus_0.xlsx)

Kasvupaikkaluokka nr	Kasvupaikkaluokan selitys
1	Lehto, letto ja lehtomainen suo (ja ruohoturvekangas)
2	Lehtomainen kangas, vastaava suo ja ruohoturvekangas
3	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas
4	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkaturvekangas
5	Kuiva kangas, vastaava suo ja varputurvekangas
6	Karukkokangas, vastaava suo (ja jäkäläturvekangas)
7	Kalliomaa ja hietikko
8	Lakimetsä ja tunturi

### 3.1.8.8 Zonationin priorisointivariantit ja kytkeytyvyyden huomioiminen

Käytämme tämän työn tarkasteluissa ELY-keskusalueittain tuotettuja eli maakunnallisia Zonation-priorisointivariantteja 1, 2, 3 ja 6 eli paikkatietopohjaisia tuloskarttoja (Taulukko 35). Priorisointikarttatasoilla pikselin arvot vaihtelevat välillä 0,0–1,0, kuvaten maakuntakohtaista korkeaa prioriteettia (1,0) tai vähäistä prioriteettia (0,0) perustuen ekologiseen malliin syöttöaineistojen mukaisesti (eli tässä tapauksessa kuvaten korkeaa prioriteettia

lahopuupotentiaalille). Zonation-variantti 1 edustaa nk. lähtötasoa eli se huomioi syöttöaineistojen mahdollistamana paikallista laatua pelkän lahopuupotentiaalin perusteella.

Kehittyneemmissä analyysiversioissa on otettu huomioon arvonalennus toteutuneiden tai ilmoitettujen metsänkäsittelyiden ja ojitustiedon perusteella (Zonation-variantti 2) sekä kytkeytyvyys eri tavoin (Zonation-variantit 3 ja 6) (Taulukko 35). Priorisointivariantissa 3 on tarkasteltu lähemmäksi sijaitsevien metsiköiden pirstoutuneisuutta ja variantti huomioi kytkeytyvyyttä metsikkötasolla metsän lahopuupotentiaaliin ja samankaltaisuuteen perustuen. Zonation-variantti 6 lisää huomattavasti painoarvoa kytkeytyvyyteen priorisoinnissa, sillä se huomioi kytkeytyvyyttä metsälain 10 §:ssä määritettyihin erityisen arvokkaisiin elinympäristöihin sekä pysyvien luonnonsuojelualueiden laatua ja läheisyyttä. Kytkeytyvyydellä tarkoitetaan näissä analyyseissä alueiden saavutettavuutta metsäisissä elinympäristöissä elävien lajien näkökulmasta. Variantissa 6 on huomioitu myös tiedossa olevat punaisen listan metsälajien esiintymät.

**Taulukko 35.** [Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet 2018 \(Zonation\) -aineisto](#) (Suomen ympäristökeskus 2018) koostuu 12 koko metsäisen Suomen kattavasta Zonation-analyysin tulokartasta (pois lukien Ahvenanmaa), jotka kuvaavat Suomen metsien monimuotoisuusarvoja (Mikkonen ym. 2018). Aineistot sisältävät sekä koko Suomen kattavia valtakunnallisia analyysejä että ELY-keskusalueittain tehtyjä analyysejä. Variantit on rakennettu siten, että edellisessä versiossa käytetyt syöttöaineistot ovat aina mukana myös kaikissa seuraavissa versioissa. Tässä tarkastelussa käytettiin ELY-keskusalueittain tehtyjä analyysejä pohja-aineistona (maakunnittaiset analyytit) ja käytetyt Zonation-suojelupriorisointien variantit on esitetty lihavoituna taulukossa.

Zonation-variantti	Kartta-aineiston kuvaus
<b>Zonation 1</b>	Paikallinen laatu lahopuupotentiaalin perusteella
<b>Zonation 2</b>	Paikallinen laatu lahopuupotentiaalin perusteella, jolle on tehty arvonalennus toteutuneiden tai ilmoitettujen metsänkäsittelyiden ja ojitustiedon perusteella
<b>Zonation 3</b>	Edellinen + kytkeytyvyys metsikkötasolla metsän lahopuupotentiaaliin ja samankaltaisuuteen perustuen
Zonation 4	Edellinen + punaisen listan metsälajeja koskevat havainnot
Zonation 5	Edellinen + kytkeytyvyys metsälain tärkeisiin elinympäristöihin kohteiden lahopuupotentiaaliin perustuen
<b>Zonation 6</b>	Edellinen + kytkeytyvyys pysyville suojelualueille niiden kohteiden lahopuupotentiaaliin perustuen

## Tietolaatikko 2. Maakunnallisten Zonation-aineistojen jälkikäsitteily- ja paikkatietotyöt

Lähtöaineistona käytettiin maakunnallisia Zonation-priorisointikarttatuloksia (Mikkonen ym. 2018), joiden pohjana oli käytetty 20 valtakunnallista lahoppuupotentiaalia kuvaavaa piirrekerrosta (puulaji- ja kasvillisuusluokkien lahoppuupotentiaalia kuvaavaa yhdistelmäpiirrekerrosta). Priorisoinnit on tuotettu maakunnan tasolla, jolloin on mahdollista vertailla eri alueita ja erityisesti korkeimman arvon saavia alueita maakunnan sisällä (eikä valtakunnallisesti arvokkaimpia alueita).

Tarkasteluissa käytettiin Zonation-variantteja 1, 2, 3 ja 6 ja näille aineistoille tehtiin jokaisen maakunnan (Uudenmaan, Pirkanmaan ja Kainuun) osalta paikkatietopohjaiset jälkikäsitteily-analyysit. Priorisointikarttatulosten lisäksi jälkikäsitteilyssä hyödynnettiin Suomen metsäkeskuksen metsävara-aineistoa ja suojelualueaineistoja, joiden avulla eri Zonation-variantteja sekä erilaisia alueita ja kuvioita voitiin tarkastella ristiin metsävaratietojen ja suojelustatukseen mukaan. EU:n monimuotoisuusstrategian tavoitteiden mukaisesti tarkastelimme ja suodatimme 10 % ja 30 % korkeimman prioriteetin osuudet prioriteettikartoilta. Zonationin tuottamat tuloskartat ovat rasterikarttoja, joissa pikselit saavat arvoja välillä 0,0–1,0 ja muodostavat näin syöttöaineistoihin perustuvan prioriteettijärjestyksen tarkastelualueelle.

Erotimme esimerkkimaakuntien metsävarakuviot (Metsäkeskuksen aineiston perusteella) ei-suojeltuihin ja suojeltuihin kuvioihin. Suojelustatuksen erottelussa käytettiin suojelu-aluemaskia, jossa oli mukana luonnonsuojelu- ja erämaa-alueita, luonnonsuojeluohjelmien alueita, Natura 2000-alueita sekä muita valtion suojelualueita. Suojelluksi kuvioksi laskettiin ne metsävarakuviot, jotka leikkasivat suojelualuetta. Jotta tämän jälkeen päästiin lahoppuun kannalta kaikkein potentiaalisimpien alueiden jäljille, maakunnittaisista prioriteettikartoista (Zonation-variantit 1, 2, 3, ja 6) suodatettiin korkeimman prioriteetin alueiden (10 % ja 30 %) metsävarakuviot, ja jaoteltiin ne suojeltuihin ja suojelun ulkopuolelle jääviin kuvioihin. Prioriteettikarttojen tiedot liitettiin metsävarakuvioiden QGIS:in Zonal Statistics-työkalun avulla. Erityisen kiinnostavia ovat kuviot, jotka kuuluvat Zonation-aineistojen mukaan 10 % parhaaseen osuuteen maakunnan alueesta ja ovat suojelualueiden ulkopuolella. Niille on todennäköisesti suurin potentiaali joko kohdentaa sekä lisäsuojelua että kehittämiseen tähtäviä tehostetun luonnonhoidon toimia.

Tuotimme osana tätä tarkastelua myös visualisointeja QGIS:illä. Esimerkkimaakunnista tuotettiin kohdentamisen mahdollisuuksien demonstroimiseksi maakuntien mittakaavassa karttaparit (Zonation 1 ja 6 variantin vertailut) sekä erilliset karttasarjat rajatuilta esimerkki-alueilta, joissa näkyy miten eri Zonation-variantteja (eli erilaisia painotuksia, valintoja ja ske-naarioita) hyödyntämällä voidaan saada spatiaalisesti hyvin erilaisia ratkaisuja kohdentamiseen.

Tarkemmat tiedot Zonation-aineistojen jälkikäsitteilymenetelmästä ja käytetty koodi ovat avoimesti saatavilla GitHubissa: <https://github.com/PossibleSolutions/ForestPriorityAreas>

### **3.1.8.9 Esimerkkimaakuntien potentiaali lisäsuojelun sekä tehostetun luonnonhoidon kohdentamiseen Zonation-analyyysien perusteella**

Tarkastelimme kolmea luonnonmaantieteellisesti hyvin erilaista suomalaista maakuntaa (Uusimaa, Pirkanmaa ja Kainuu), ja maakuntien erilainen lähtötilanne suojeluun ja talousmetsien luonnonhoitoon kuvastuu tuloksissa. Maakunnat eroavat toisistaan kasvupaikkatyyppien ja suojelualueverkoston kannalta sekä sen suhteen, kuinka paljon maakunnan olisi lisättävä pinta-alaa joko suojeluun tai tehostettuun, monimuotoisuutta huomioivaan metsänhoitoon, jotta EU:n monimuotoisuusstrategian mukaiset pinta-alatavoitteet saavutettaisiin. Tarkastelussa tuotettiin erilaisia tilastotietoja esimerkkimaakuntien kasvupaikkatyypeistä ja niiden jakautumisesta priorisointien perusteella tunnistettuun parhaaseen 10 % tai 30 % osuuteen maakunnan alueesta.

#### **Lisäsuojelun ja tehostetun luonnonhoidon tarve esimerkkimaakunnissa**

Uudellamaalla ja etenkin pääkaupunkiseudulla maankäyttö on intensiivistä, suojelualueiden kokonaispinta-ala on 37 000 ha ja suojelualueverkoston kattavuus koko maakunnan pinta-alaan nähden on vain noin 4 % (Taulukko 33). Metsä- ja kitumaan suojelun osalta Uudellamaalla tarvitaan 54 500 ha uusia suojelualueita EU:n monimuotoisuusstrategian 10 % pinta-alatavoitteen saavuttamiseksi. Myös Pirkanmaalla suojelualueiden kokonaispinta-ala on melko pieni, 37 000 ha, ja niiden suhteellinen osuus koko maakunnan pinta-alasta jää vain 2,7 %:iin. Metsä- ja kitumaata tulisi suojella maakunnassa 95 600 hehtaaria. Verrattuna Uudenmaan ja Pirkanmaan tilanteeseen, Kainuun nykyinen suojelupinta-ala on sen sijaan melko suuri, yhteensä 147 000 ha, ja se kattaa noin 7,3 % koko maakunnan pinta-alasta. Kainuulla on siis suhteellisesti vähiten kirittävää täyttääkseen EU:n monimuotoisuusstrategian mukaisen 10 % suojelutavoitteen. Maakunnan kokonaispinta-ala on kuitenkin eteläisiä maakuntia suurempi ja lisäsuojelun tavoite on 54 900 hehtaaria.

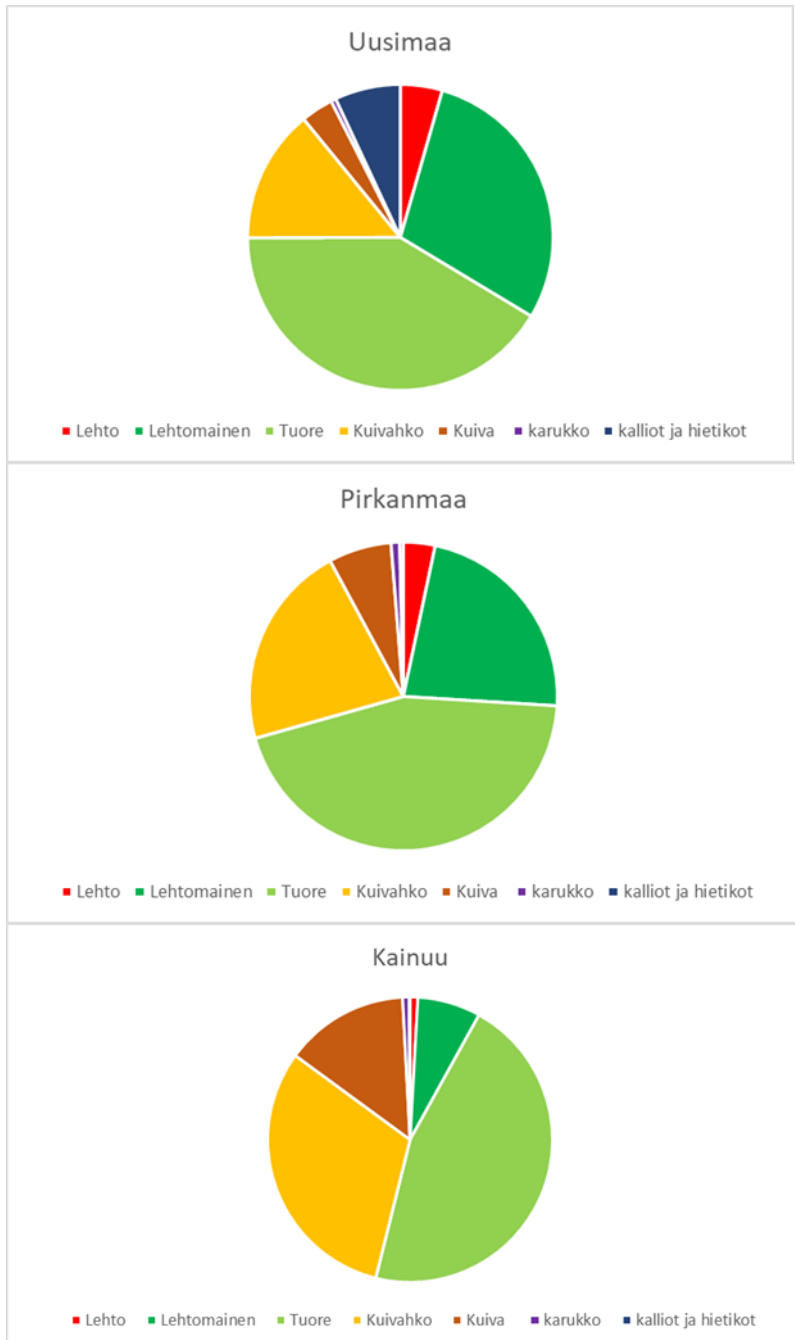
Tehostetun luonnonhoidon piiriin lasketaan kohteet, jotka potentiaalisesti täyttävät kevyen suojelun (OECM) alueen määritelmän. Näiden kohteiden voidaan katsoa edistävän EU:n biodiversiteettistrategian 30 % pinta-alatavoitteen saavuttamista. Tällaisia kohteita tulisi saada Uudellemaalle 171 500 ha, Pirkanmaalle 240 400 ha ja Kainuuseen 349 100 ha, mikäli halutaan vastata kansainvälisiin monimuotoisuustavoitteisiin ja saavuttaa maakunnallisesti 30 %:n tavoite (Taulukko 33).

#### **Kasvupaikkatyytit**

Kasvupaikkatyypeissä Uudellamaalla ja Pirkanmaalla lehtojen ja lehtomaisten kankaiden osuus on huomattavasti suurempi kuin Kainuussa (Taulukko 36, Kuva 11). Pirkanmaalla kasvupaikkatyyppien jakauma on Uudenmaan tilanteeseen verrattuna varsin samantapainen. Kainuussa kuivahkojen ja kuivien kankaiden osuus on selvästi suurempi kuin kahdessa eteläisemmässä maakunnassa. Tuoreita kankaita on kaikilla alueilla runsaimmin vaihdellen Uudenmaan 41 % ja Kainuun 46 % välillä. Uudenmaan ominaispiirteenä on kalliometsien suuri suhteellinen osuus (Kuva 11).

**Taulukko 36.** Kasvupaikkatyyppien osuudet koko pinta-alasta (sisältää maaluokat metsä-, kitu- ja joutomaa /km<sup>2</sup>) tarkasteltavissa maakunnissa. Lähde: Luonnonvarakeskus VMI laskentapalvelu (2024) <https://vmilapa.luke.fi/#/compute>

Maakunta	Lehto	Lehtomainen	Tuore	Kuivahko	Kuiva	Karukko	Kalliot ja hietikot	Pinta-ala km <sup>2</sup>
Uusimaa	4,4 %	29,2 %	41,3 %	14,1 %	3,4 %	0,5 %	7,0 %	5 517
Pirkanmaa	3,3 %	22,6 %	44,7 %	21,5 %	6,6 %	0,9 %	0,4 %	9 380
Kainuu	0,9 %	7,2 %	45,8 %	31,2 %	14,1 %	0,8 %	0,1 %	19 019



**Kuva 11.** Kasvupaikkatyyppien osuudet tarkasteltavissa maakunnissa. Osuus metsä-, kitu- ja joutomaiden yhteispinta-alasta. Lähde: Luonnonvarakeskus VMI laskentapalvelu (2024) <https://vmilapa.luke.fi/#/compute>

Tarkastelussa selvitetiin metsäkeskuksen metsävaratiedoista kasvupaikkatyyppien jakautumista suojelualueille (Taulukko 37). Verrattaessa lukuja Luken aineistoihin (Taulukko 36) huomataan, että metsävarakuvioiden kattavuus on merkittävästi matalampi kuin Luken käyttämän metsämaskin kattavuus. Metsäkeskuksen aineistot keskittyvät yksityismetsiin ja kasvupaikkatyyppien tarkastelu on tästä syystä vajaa etenkin valtionmaiden osalta, mikä näkyy etenkin Kainuun luvuissa. Uudellamaalla suojelualueverkostossa on runsaasti karukkokankaita (25 %) ja lehtoja (20 %), kuivia kankaita (18 %) ja kalliometsiä (13 %). Myös muiden kangasmetsien osuus on lähellä 10 % maakunnan metsistä.

Pirkanmaan tilanne on samansuuntainen kuin Uudellamaalla, sillä maakunnan karukkokankaista 33 % on suojelualueverkossa, lehdoista 15 %, kuivista kankaista 10 % ja kalliometsistä 8 %. Tuoreista ja kuivahkoista kankaista on suojeltu alle 5 % Pirkanmaalla. Kainuussa suojelualueverkko näyttäisi sisältävän etenkin reheviä kasvupaikkatyyppisiä kuten lehtoja ja lehtomaisia metsiä. Jos suojelualueverkoston halutaan edustavan alueellista kasvupaikkatyyppien jakaumaa, sitä tulisi kehittää maan eteläosissa lehtomaisten ja tuoreiden kankaiden osalta ja Kainuussa tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden osalta.

**Taulukko 37.** Kasvupaikkatyyppien pinta-alat tarkasteltavissa maakunnissa ja niiden osuus suojelualueverkostossa. Lähde: Suomen metsäkeskuksen aineistot. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/metsatietoaineistot/metsavaratiedot>

Kasvupaikkatyyppi	Uusimaa 1 000 ha	Uusimaa – osuus (%) suojelualue- verkostossa	Pirkanmaa 1 000 ha	Pirkanmaa – osuus (%) suojelualue- verkostossa	Kainuu 1 000 ha	Kainuu – osuus (%) suojelualuever- kostossa
Lehto	3,28	22	7,58	15	2,40	20
Lehtomainen kangas	119,94	9	179,37	6	27,66	10
Tuore kangas	248,69	9	449,13	4	440,86	6
Kuivahko kangas	85,40	8	220,81	3	418,44	4
Kuiva kangas	22,60	18	55,21	10	139,50	7
Karukkokangas	7,18	25	10,31	33	11,91	4
Kalliomaata ja hietikko	21,42	13	3,22	8	0,58	5
Lakimetsä ja tunturi	0	0	0	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>508,52</b>	<b>104</b>	<b>925,62</b>	<b>79</b>	<b>1 041,35</b>	<b>56</b>

### Lahopuupotentiaaliltaan arvokkaat alueet ja niiden osuus suojelualueilla

Tässä tarkastelussa käytössä olleet Zonation-varianttien 1 ja 2 prioriteettikartat heijastavat kohteiden paikallista arvoa lahopuupotentiaalin kannalta. Zonation-variantti 1 on nk. priorisointianalyysisarjan lähtötaso, jossa priorisointia ohjaa vain syöttöaineistot (ja niissä oleva monimuotoisuustieto, tässä tapauksessa paikallinen laatu lahopuun suhteen). Zonation-variantti 2 on jo sen sijaan edistyneempi analyysiversio, koska siinä on otettu huomioon mm. metsäkäsittelyilmoitukset ja kohteet, joihin kohdentunut hakkuuilmoitus on poistettu aineistoista.

Jos tarkastellaan Zonation-variantti 2:n lahopuupotentiaaliltaan parhaan 10 % mukaisia esimerkkimaakuntien alueita kasvupaikkatyypeittäin, huomataan, että merkittävä osa korkealatuimmista metsäkasvupaikoista sijaitsee jo suojelualueverkostossa (Taulukko 38). Uudelleen lehdoista ja tuoreista kankaista sijaitsee suojelualueilla 38 %, lehtomaisista kankaista 29 % ja kuivahkoista kankaista 28 %. Keskimäärin yli 60 % laadukkaimmista kohteista on silti edelleen suojelualueiden ulkopuolella. Pirkanmaalla suojellun alueen osuudet

korkealaatuisimmille metsäkasvupaikoille ovat selvästi alhaisempia: lehdoista 20 % ja tuoreista kankaista 25 % on mukana suojelualueverkostossa, mutta muista kasvupaikkatyypeistä vain alle 20 %. Pirkanmaalla keskimäärin yli 75 % lahoppupotentiaaliltaan parhaan 10 % mestistä jää suojelualueiden ulkopuolelle. Kainuussa parhaan lahoppupotentiaalilin lehdot (27 %) ja tuoreet kankaat (35 %) osuvat hyvin nykyiseen suojelualueverkkoon, mikä selittyy ainakin osin sillä, että Kainuun lehtokeskuksen lehtoja on onnistuttu saamaan melko hyvin suojelun piiriin. Toisaalta myös Kainuussa yli 60 % parhaan lahoppupotentiaalilin kohteista löytyy suojelualueverkoston ulkopuolelta.

**Taulukko 38.** Parhaassa 10 %:ssa olevat kasvupaikkatyyppien osuudet (%) suojelualueilla tarkasteltavissa maakunnissa (Zonation 2-variantin mukaan). Kasvupaikkatyyppien osuudet perustuvat metsäkeskusaineistoon.

Kasvupaikkatyyppi	Uusimaa	Pirkanmaa	Kainuu
Lehto	38	20	27
Lehtomainen kangas	29	12	17
Tuore kangas	38	25	35
Kuivahko kangas	28	16	22
Kuiva kangas	23	16	20
Karukkokangas	30	18	15
Kalliomaa ja hietikko	28	13	8
Lakimetsä ja tunturi	0	0	0

Jos tarkastellaan Zonation-variantti 2:n perusteella lahoppupotentiaaliltaan edustavimman 30 % mukaisia alueita kasvupaikkatyypeittäin, laajentuu potentiaalinen pinta-ala huomattavasti, mutta samaan aikaan kohteiden laatu laskee lahoppupotentiaalilin suhteen. Taulukossa 39 on kuvattu pinta-alat kasvupaikkatyypeittäin suojelualueiden ulkopuolella ja osuus suojelualueilla. Tietoa parhaimman 30 % alueista (lahoppupotentiaalilin kannalta) ja niiden jakautumisesta eri kasvupaikkatyypeille voidaan hyödyntää niin tehostetun luonnonhoidon kohdentamisessa kuin lisäsuojelun mahdollisuuksia tarkasteltaessa. Kasvupaikkatyyppien osuudet voivat ohjata kohdentamista maakunnissa.

**Taulukko 39.** Kasvupaikkatyyppien tilastotietoja esimerkkimaakunnissa parhaassa 30 %:ssa maakuntaa lahoppupotentiaalilin kannalta (Zonation-variantti 2:n perusteella). Kasvupaikkatyyppien pinta-alat on ilmoitettu suojelualueverkoston ulkopuolelta ja suojelualueilta on ilmoitettu kasvupaikkatyyppien suhteellinen osuus (%). Pinta-alat ovat hehtaareja.

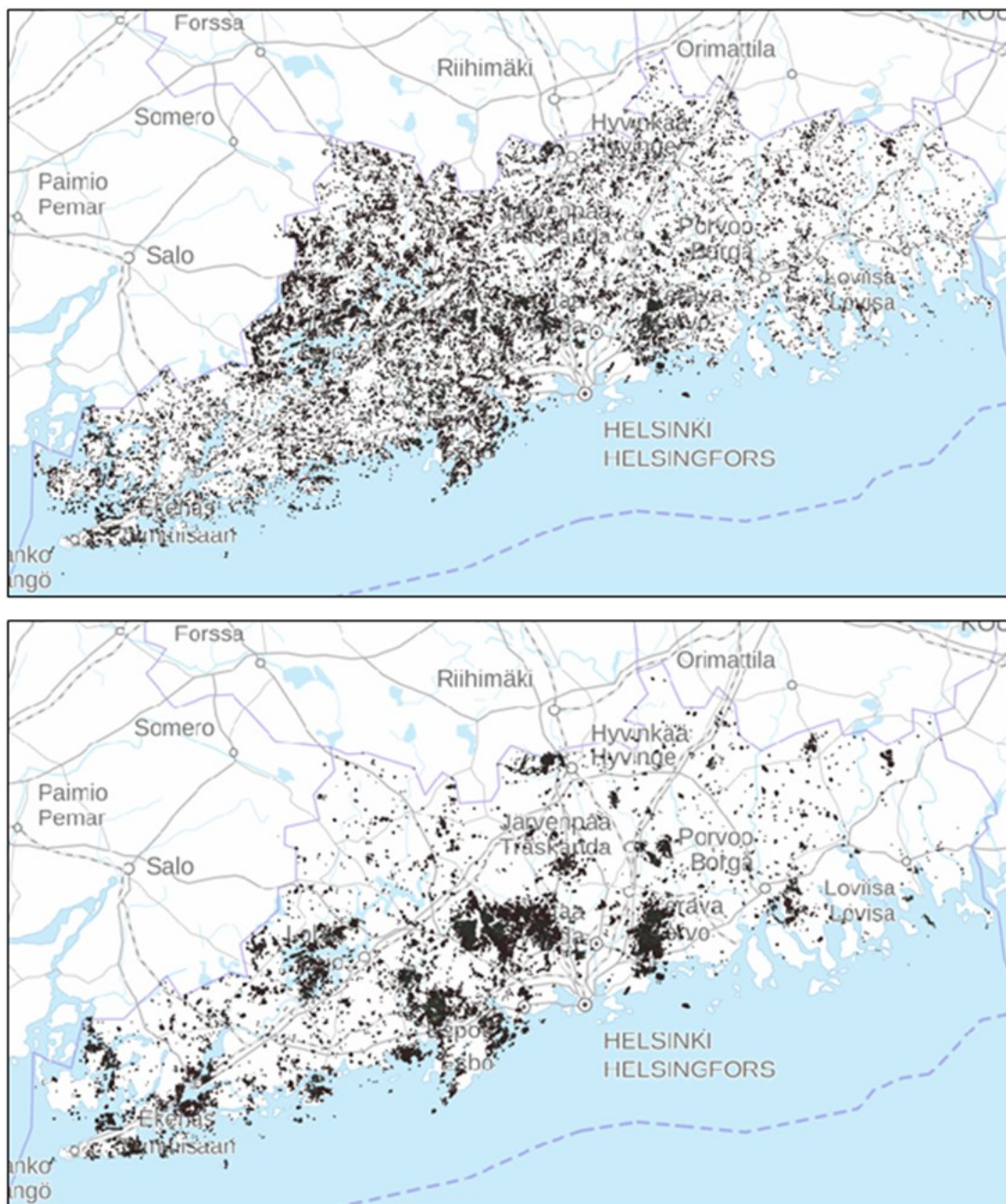
Kasvupaikkatyyppi	Uusimaa: määrä (ha) suojelun ulkopuolella	Osuus (%) suojelualueilla	Pirkanmaa: määrä (ha) suojelun ulkopuolella	Osuus (%) suojelualueilla	Kainuu: määrä (ha) suojelun ulkopuolella	Osuus (%) suojelualueilla
Lehto	1 583	33	5 111	19	1 599	25
Lehtomainen kangas	33 091	20	77 461	9	14 962	14
Tuore kangas	47 966	24	106 615	11	109 816	16
Kuivahko kangas	14 653	19	39 670	7	109 487	8
Kuiva kangas	6 701	21	12 548	10	33 185	8
Karukkokangas	2 430	26	1 208	14	1 057	8
Kalliomaa ja hietikko	7 809	22	1 317	16	239	8
<b>Yhteensä</b>	<b>114 233</b>		<b>243 930</b>		<b>270 345</b>	

## Kytkeytyvyys suojelualueisiin

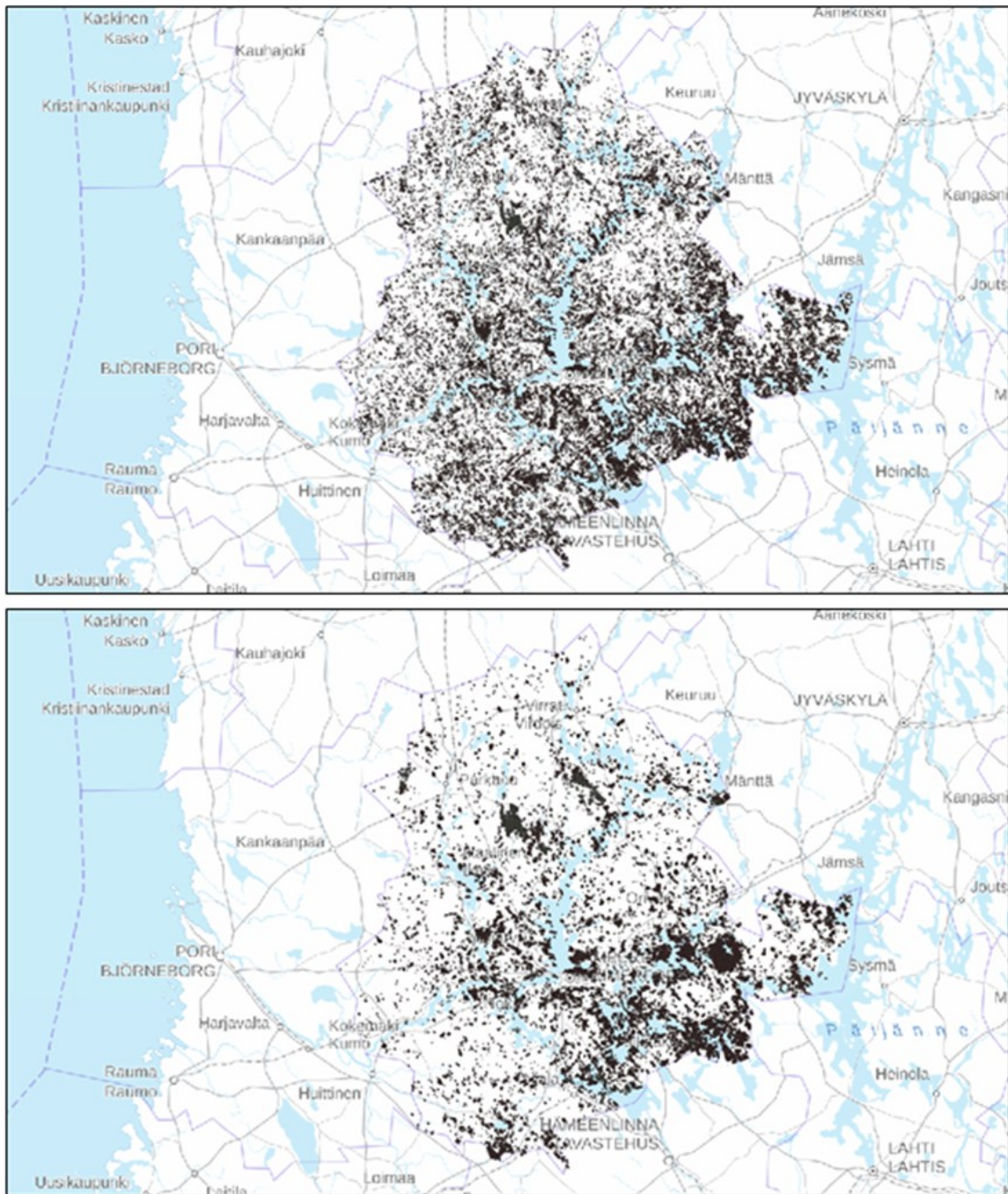
Aiempien tutkimusten perusteella tiedämme, että ekologisen kytkeytyvyyden huomioiminen spatiaalisessa priorisoinnissa tuottaa usein alueellisesti keskittyneempiä suojeluprioriteetteja (Lehtomäki & Moilanen 2013). Kun priorisoinneissa painotetaan kytkeytyvyyttä metsikkötsolla metsän lahoppuupotentiaaliin ja samankaltaisuuteen perustuen (Zonation-variantti 3) sekä lisäksi suojelualueisiin ja metsälain tärkeisiin elinympäristöihin (Zonation-variantti 6), kaikkien kolmen maakunnan osalta havaitaan, kuinka korkeamman prioriteetin saavat ne alueet, jotka optimaalisesti tukevat hyvin kytkeytyneen (suojelualue-)verkoston muodostumista.

Maakuntatason kartoilta, joissa on kuvattuna lahoppuupotentiaaliltaan 10 % paras osuus maakunnasta, huomataan, kuinka Zonation-variantti 6 tuottaa spatiaalisesti yhtenäisemmän lopputuloksen varianttiin 1 verrattuna, jossa kytkeytyvyyttä ei huomioitu, vaan priorisointia ohjasi paikallinen laatu lahoppuupotentiaaliltaan perusteella (Kuva 12–Kuva 14). Kainuun osalta Zonation-variantti 6:n karttatuloksessa on jopa nähtävissä pohjois-eteläsuuntaisen käytävän muodostuminen Suomussalmelta Sonkajärvelle (Kuva 14). Se asettuu Kainuun vaarajaksolle, joka tunnetaan metsäluonnoltaan arvokkaista alueista (Suomen ympäristökeskus 2024a). Vaarajakso on valtakunnallisesti merkittävä metsäyhteys, jonka vahvistaminen tukee myös metsälajiston siirtymismahdollisuuksia muuttuvassa ilmastossa.

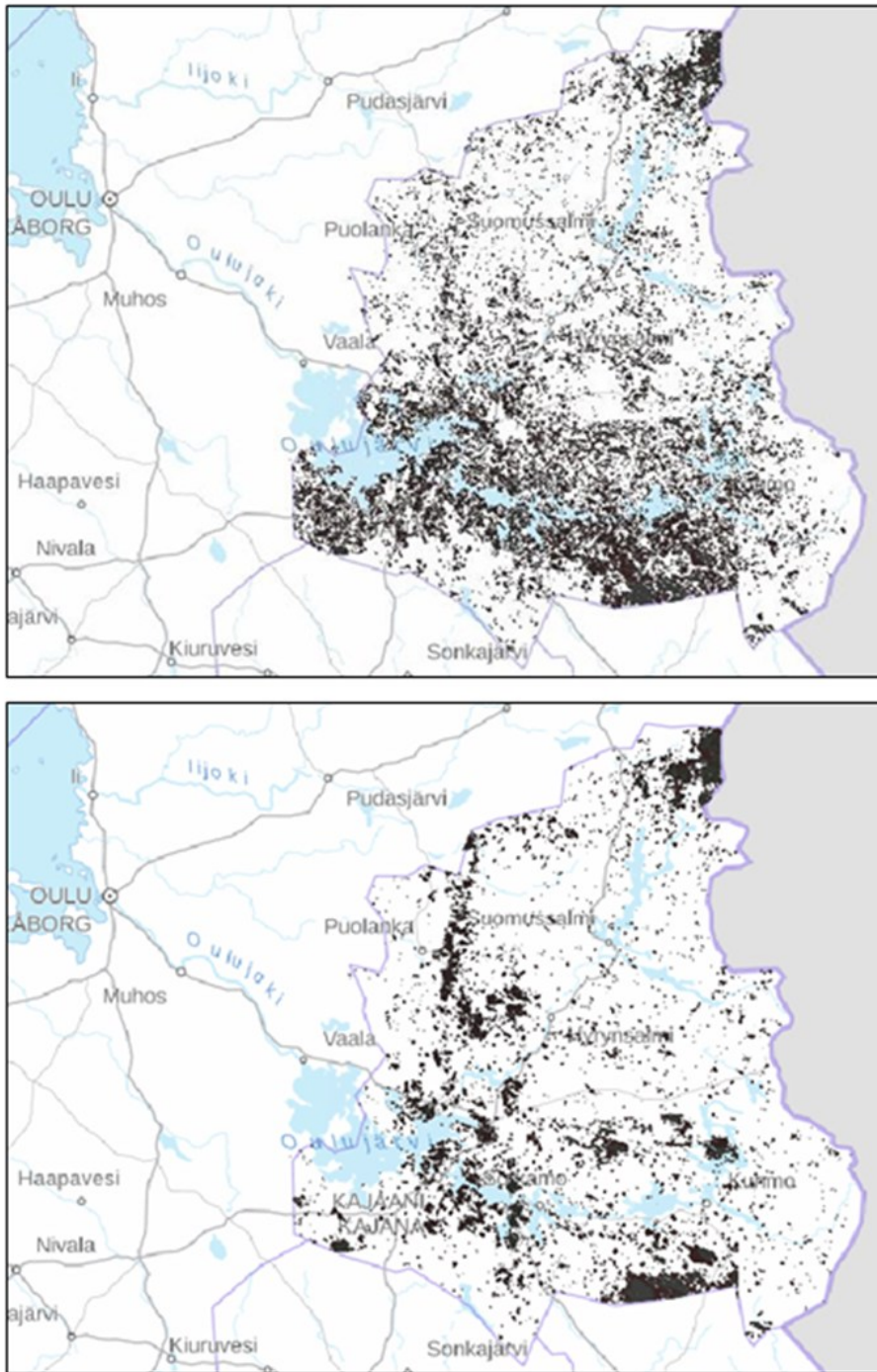
Zonation-varianteissa 1 ja 2 kytkeytyvyyttä ei huomioida, joten niissä lahoppuun kannalta parhaat alueet sijoittuvat hajautuneemmin ja muodostavat pienempiä alueita. Nämä pienialaisimmatkin kohteet ovat todennäköisesti merkittäviä niin suojelun kuin talousmetsien luonnonhoidon kohdentamisessa. Kohteissa on jo todennäköisesti puustorakenteita, joita voidaan hyödyntää mm. säästöpuuryhmiä valittaessa. On siis huomattava, että kytkeytyvyyteen ja paikalliseen laatuun rakennepiirteiden säilyttämisen kannalta saattaa liittyä valintatilanne. Kytkeytyvyyden korostaminen spatiaalisessa priorisoinnissa saattaa laskea paikallisesti joidenkin korkealaatuisten, huonosti kytkeytyneiden alueiden suhteellista arvoa (Lehtomäki 2014), ja ne voivat pudota pois korkeimman prioriteetin alueista (esim. parhaasta 10 ja 30 % osuudesta). Jos alueiden valinnassa painotetaan liiallisesti kytkeytyvyyttä esimerkiksi suojelualueisiin, voidaan menettää lahoppuupotentiaaliltaan joitakin pienialaisia arvokkaita kohteita. Jos taas priorisointia ohjaa vain lahoppuupotentiaali, lopputuloksena saadaan vähemmän kytkeytyneen alueiden verkosto, mikä ei taas välttämättä optimaalisimmin tue metsälajiston siirtymistä. Visualisoinneista (Kuva 15–Kuva 17) kuvastuu se, että erilaisia valintakriteereitä käyttämällä ja niitä yhdistelemällä voidaan saada erilaisia vaihtoehtoja ja skenaarioita lisäsuojelun ja tehostetun luonnonhoidon kohdentamiseen.



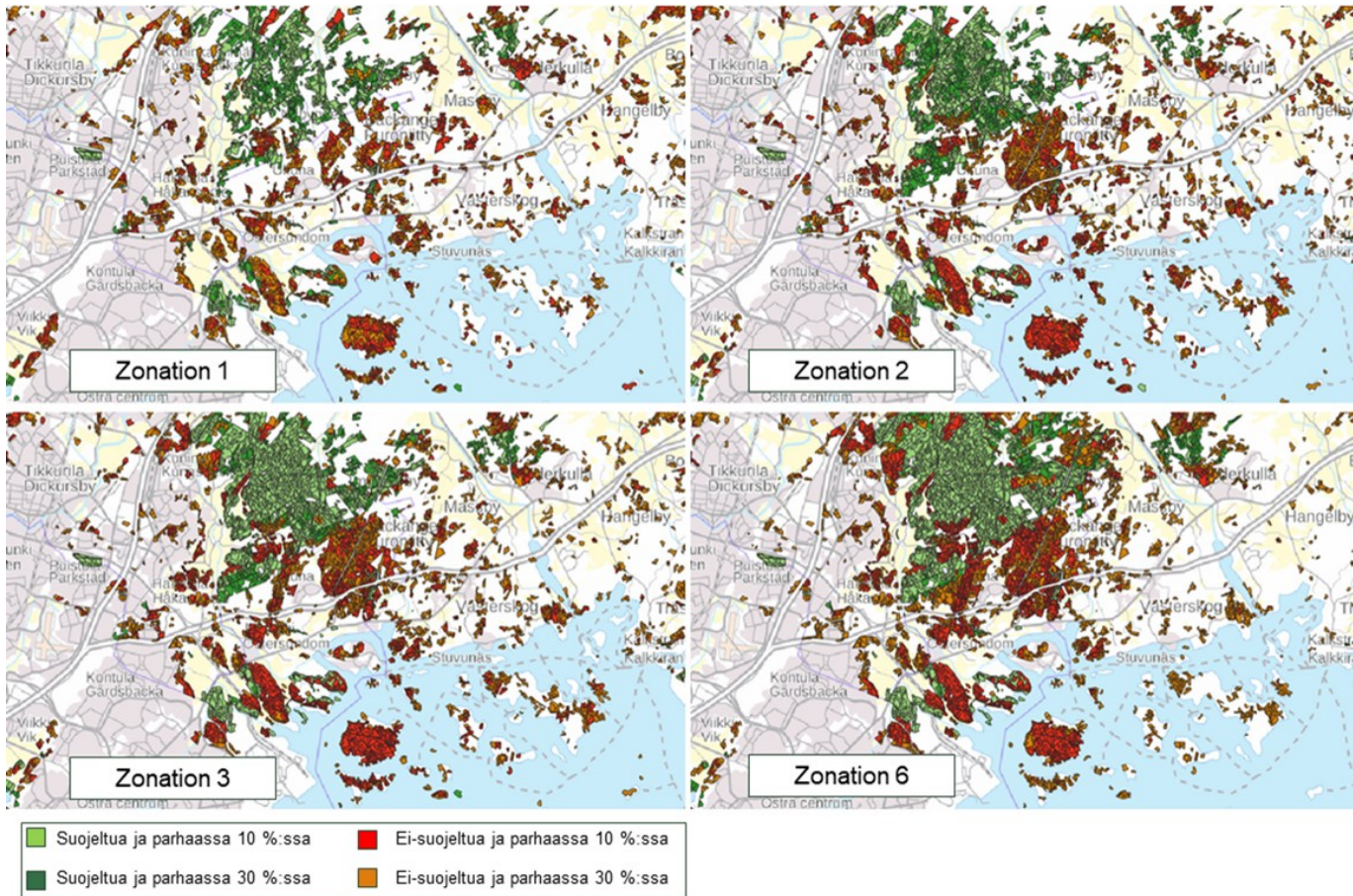
**Kuva 12.** Vertailu Uudeltamaalta kahden erilaisen spatiaalisen priorisoinnin (Zonation-variantti 1 ja 6) tuloksista. Molemmissa karttakuvissa mustalla värillä näkyvät korkeimman 10 % eli priorisoinnin perusteella tunnistetut arvokkaimmat alueet lahopuupotentiaalin kannalta. Ylemmässä karttakuvassa on esitetty priorisoinnin tulos painottamalla vain lahopuupotentiaalista arvokkaita alueita (Zonation-variantti 1). Kun priorisoinnissa painotetaan kytkeytyvyyttä sekä metsikkötasolla että metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueisiin (alempi karttakuva, Zonation-variantti 6), huomataan, että korkeamman prioriteetin alueet vaihtavat paikkaa lähemmäs suojelualueita ja muodostavat klustereita, tukien optimaalisesti kytkeytyneemmän alueverkoston muodostumista. Esimerkiksi Sipoonkorven ja Nuuksion alueet hahmottuvat alemmassa karttakuvassa selkeästi korkeamman prioriteetin klustereina.



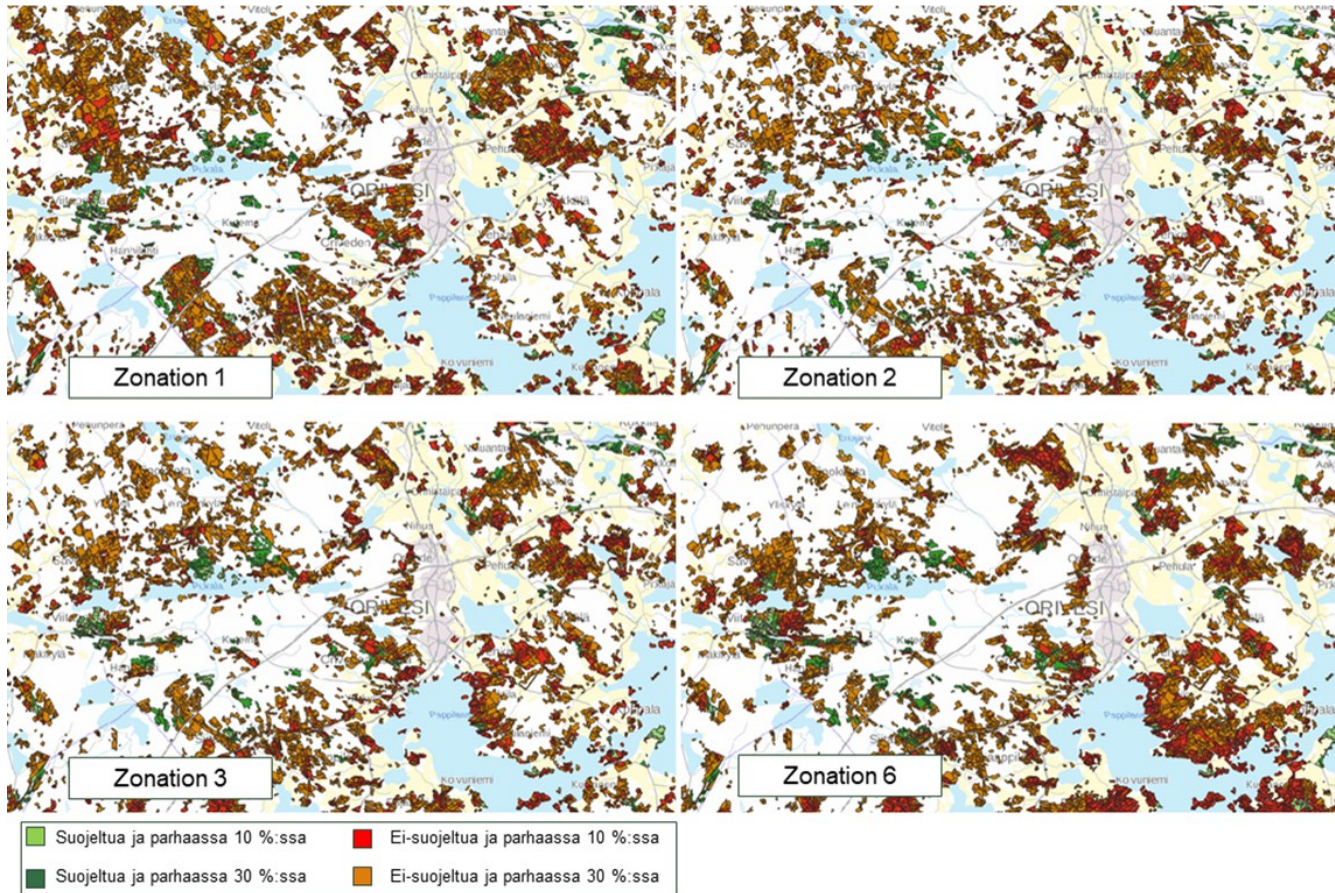
**Kuva 13.** Vertailu Pirkanmaalta kahden erilaisen spatiaalisen priorisoinnin (Zonation-variantti 1 ja 6) tuloksista. Molemmissa karttakuvissa mustalla värillä näkyvät korkeimman 10 % alueet eli priorisoinnin perusteella tunnistetut arvokkaimmat alueet lahoppuupotentiaalin kannalta. Ylemmässä karttakuvassa on esitetty priorisoinnin tulos, jossa huomioidaan vain paikallista laatua eli lahoppuupotentiaalilta arvokkaita alueita (Zonation-variantti 1). Kun priorisoinnissa painotetaan kytkettyvyyttä metsikkötasolla sekä metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueisiin (alempi karttakuva, Zonation-variantti 6), huomataan, että maakunnan korkeamman prioriteetin alueet vaihtavat paikkaa lähemmäs nykyisiä suojelualueita ja muodostavat selkeästi yhtenäisemmän aluerakenteen.



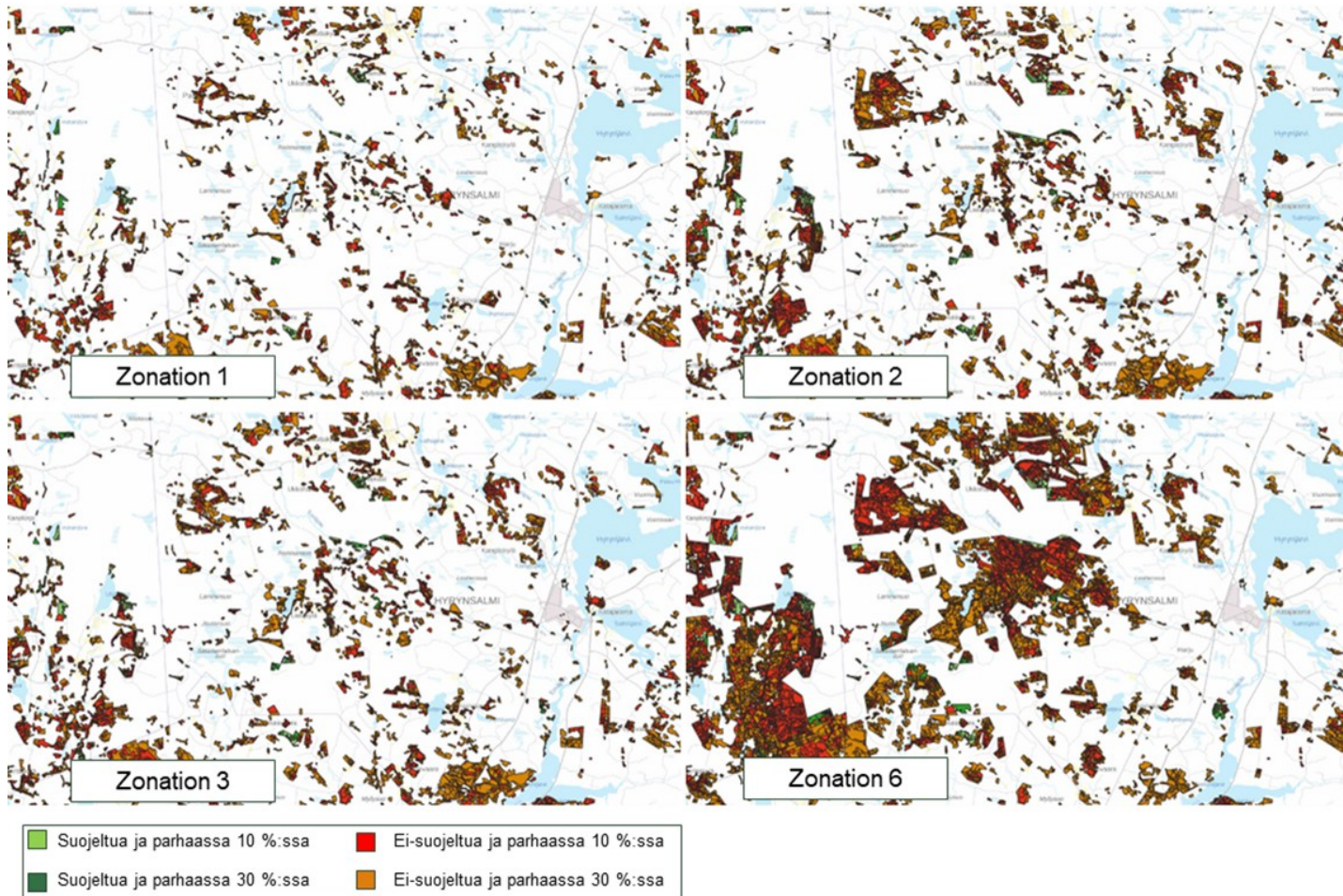
**Kuva 14.** Vertailu Kainuusta kahden erilaisen spatiaalisen priorisoinnin (Zonation-variantti 1 ja 6) tuloksista. Molemmissa karttakuvissa mustalla värillä näkyvät korkeimman 10 % alueet eli priorisoinnin perusteella tunnistetut arvokkaimmat alueet lahoppuupotentiaalin kannalta. Ylemmässä karttakuvassa on esitetty priorisoinnin tulos painottamalla vain paikallista laatua eli lahoppuupotentiaaliin arvokkaimpia alueita (Zonation-variantti 1), jolloin eteläisessä osassa maakuntaa sijaitsee selvästi enemmän korkeamman prioriteetin alueita. Kun priorisoinnissa sen sijaan painotetaan kytkeytyvyyttä metsikkötasolla sekä metsälain tärkeimpiin elinympäristöihin että suojelualueisiin (alempi karttakuva, Zonation-variantti 6), huomataan, että osa korkeimman prioriteetin alueista vaihtaa paikkaa ja ne muodostavat etelä-pohjoissuuntaisen käytävän Kainuun vaarajakson kohdalle. Myös aivan pohjoisessa ja eteläisessä osassa maakuntaa erottuu kaksi suurempaa korkeimman prioriteetin keskittymää.



**Kuva 15.** Karttasarja Zonation-priorisointivarianteista Uudeltamaalta. Kartoilla on näkyvissä Sipoonkorven alue Itä-Uudellamaalla. Kartoilta voidaan nähdä kuviokohtaisesti suojelemattomia (punaisella ja oranssilla värillä) ja suojeltuja (vihreällä värillä) lahoppupotentiaalin kannalta arvokkaita metsävarakuvioita. Kun verrataan Zonation-varianttia 1 (jossa priorisointia ohjaa vain lahoppupotentiaali) ja varianttia 6, jossa priorisoinnissa huomioidaan myös kytkeytyvyys metsikkötasolla sekä metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueisiin, korkeimman prioriteetit kuviot vaihtavat osin paikkaa. Toisin sanoen, variantissa 6 pienempiä ja hajallaan olevia korkeamman prioriteetin kuvioita muualta Uudeltamaalta menetetään, kun korkeimman prioriteetin alueiden valintaa ohjaa kytkeytyvyys. Esimerkiksi Sipoonkorven suojelualueiden läheisyyteen syntyy näin spatiaalisesti yhtenäisempi ja kytkeytyneempi potentiaalisten alueiden verkosto. Erityisen kiinnostavia jatkotarkastelujen kannalta olisivat kartoilla kirkkaan punaiset alueet eli ne alueet, jotka kuuluvat priorisoinnin perusteella parhaaseen 10 %:iin maakunnasta, mutta eivät ole vielä suojelun piirissä. Näistä kohteista olisi todennäköisesti suurin potentiaali löytää uusia kohteita lisäsuojeluun tai tehostetun luonnonhoidon kohdentamiseen.



**Kuva 16.** Karttasarja Zonation-priorisointivarianteista Pirkanmaalta, Oriveden läheisyydestä. Kartoilta voidaan nähdä kuviokohtaisesti suojelemattomia (punaisella ja oranssilla värillä) ja suojeltuja (vihreällä värillä) lahoppuupotentiaalilta arvokkaita kohteita. Kun verrataan Zonation-varianttia 1 (jossa priorisointia ohjaa vain paikallinen laatu lahoppuupotentiaalin suhteen) ja varianttia 2, (jossa paikallisen laadun lisäksi huomioidaan arvonalennus toteutuneiden tai ilmoitettujen metsänkäsittelyiden ja ojitustiedon perusteella), huomataan, että variantin 2 kartassa Oriveden länsipuolella ei enää olekaan useita parhaaseen 10 %:iin luokituttavia kuvioita (kirkkaan punaiset kuviot) kuten variantin 1 kartassa. Varianttien 1 ja 2 välinen visuaalinen vertailu osoittaa tässä esimerkissä hyvin sen, miten merkittävässä roolissa syöttötietoina käytetyt paikkatiedot ja niiden laatu ovat priorisoinnissa. Oriveden alueen esimerkistä on myös nähtävissä, kuinka kytkeytyvyyden painottaminen priorisoinnissa tuottaa spatiaalisesti yhtenäisemmän tuloksen ja alueelle syntyy varianteissa 3 (kytkeytyvyyden huomioiminen metsikkötasolla) ja 6 (kytkeytyvyyden huomioiminen lisäksi metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueisiin) useita prioriteettialueiden keskittymiä.



**Kuva 17.** Karttasarja Zonation-priorisointivarianteista Kainuusta, Hyrynsalmen läheisyydestä. Kartoilta voidaan nähdä kuviokohtaisesti suojelemattomia (punaisella ja oranssilla värillä) ja suojeltuja (vihreällä värillä) lahoppupotentiaaliltaan arvokkaita kohteita. Kun verrataan Zonation-varianttia 1 (jossa priorisointia ohjaa vain lahoppupotentiaali) ja varianttia 6, jossa priorisoinnissa huomioidaan myös kytkeytyvyys metsikkötasolla sekä metsälain tärkeisiin elinympäristöihin ja suojelualueisiin, Hyrynsalmen lähelle syntyy useampi pinta-alaltaan melko laaja suojelualueiden ulkopuolinen prioriteettialueiden keskittymä. Näissä keskittymissä on useita kohteita, jotka kuuluvat maakunnallisesti parhaaseen 10 %:iin (kirkkaan punaiset kuviot) sekä parhaaseen 30 %:iin (oranssit kuviot).

### 3.1.8.10 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä alaluvussa tutkittiin Zonation-menetelmällä mahdollisuuksia kohdentaa sekä lisäsuojelua että tehostettua luonnonhoitoa mahdollisimman optimaalisesti eli rakennepiirteitä (katso alaluku 2.1.5) maksimoiden. Tarkastelimme kohdentamisen kysymystä kolmen eri maakunnan esimerkkien kautta. Lähtötilanteet esimerkimaakunnissa (Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Kainuussa) olivat hyvin vaihtelevat sekä suojelun että tehostetun luonnonhoidon kohdentamisessa. Täten jokaisen maakunnan kohdalla nousee esiin alueellisesti erilaisia kysymyksiä sekä sitä kautta myös erilaisia kohdentamisen ratkaisumahdollisuuksia.

Tässä tarkastelussa yhtenä keskeisenä kysymyksenä oli EU:n monimuotoisuusstrategian mukaiset 10 % ja 30 % tavoitteet, ja kuinka niiden soveltaminen ja alueellinen kohdentaminen voisi tapahtua näissä kolmessa maakunnassa. Tulosten perusteella huomattiin, että Kainuulla on suhteellisesti vähiten kirittävää täyttääkseen EU:n biodiversiteettistrategian mukaisen 10 %:n suojelutavoitteen. Jokaisessa esimerkimaakunnassa 10 % tavoitteen saavuttaminen tarkoittaisi kuitenkin mittavaa lisäsuojelua (jokaisessa vähintään yli 50 000 hehtaarin lisäystä suojelupinta-alaan). Jos tavoite asetettaisiin vielä korkeammalle eli esimerkiksi saada jokaisen esimerkimaakunnan pinta-alasta 30 % suojeluun tai tehostetun luonnonhoidon piiriin, tehostetun luonnonhoidon vaikuttavuus kasvaisi kohdentamisessa. Tehostettuun luonnonhoitoon voidaan laskea sellaiset potentiaaliset kohteet, jotka täyttävät myös OECM-alueen määritelmän. Näillä alueilla tulee todennäköisesti olemaan merkittävä rooli EU:n biodiversiteettistrategian mukaisen kansallisen 30 % pinta-alatavoitteen saavuttamisessa. Tällaisia kohteita tulisi saada kuhunkin esimerkimaakuntaan satojatuhansia hehtaareja (171 500–349 100 ha), mikäli 30 % tavoite haluttaisiin saavuttaa maakunnallisesti.

Kasvupaikkatyypeissä löydettiin kolmen esimerkimaakunnan välillä eroja: Uudellamaalla ja Pirkanmaalla lehtojen ja lehtomaisten kankaiden osuus oli suurempi kuin Kainuussa. Kasvupaikkatyyppien jakauma vaihteli myös suojelualueilla. Jos tavoitteena olisi, että maakunnallinen suojelualueverkosto olisi alueellisen kasvupaikkatyyppien jakauman suhteen edustava, uusia kohteita tulisi löytää Uudellamaalla sekä Pirkanmaalla erityisesti lehtomaisilta ja tuoreilta kankailta ja Kainuussa tuoreilta ja kuivahkoilta kankailta.

Kasvupaikkatyyppien osuudet sekä nykyisillä suojelualueilla että erityisesti lahoppuupotentiaaliin parhaan 10 % kohteilla tarjoavat hyödyllistä tietoa lisäsuojelun ja tehostetun luonnonhoidon kohdentamisen suunnitteluun. Kun tarkastelimme priorisointitulosten perusteella lahoppuupotentiaaliin parhaan 10 % mukaisia alueita esimerkimaakunnissa, huomasimme, että merkittävä osa korkealaatuisimmista metsäkasvupaikoista (kuten lehdoista ja lehtomaisista sekä tuoreista kankaista) sijaitsee jo suojelualueverkostossa. Kuitenkin keskimäärin yli 60–75 % laadukkaimmista metsäkasvupaikkakohteista jää edelleen suojelualueiden ulkopuolelle. Erityisen kiinnostavia kohteita potentiaalisen lisäsuojelun kohdentamisen ja jatkotarkastelun kannalta ovat sellaiset kohteet, jotka saavat Zonation-priorisoinnissa hyvin korkeita prioriteetti-arvoja ja sijaitsevat suojelualueiden ulkopuolella. Jos tarkastellaan lahoppuupotentiaaliin edustavimman 30 % mukaisia alueita kasvupaikkatyypeittäin, laajentuu potentiaalinen kohdentamispinta-ala huomattavasti, mutta samaan aikaan kohteiden laatu monimuotoisuuden kannalta heikkenee. Toisaalta myös joillakin heikommilla kohteilla voi olla merkittävää arvoa ekologisten yhteyksien ja kytkeytyvyyden kehittämisen kannalta ja/tai niillä voi olla huomattavaa ennallistamispotentiaalia.

**Tämän tarkastelun tulokset antavat tietoa esimerkkimaakuntien eri alueiden teoreettisesta potentiaalista rakennepiirteiden määrän ja laadun osalta. Yksittäisten metsänomistajien palstoja ei tarkastella tästä tulokulmasta.** Näin ollen tuloksia ei voi hyödyntää yksityiskohtaisessa alueellisessa kohdentamisessa. Spatiaalinen priorisointi (Zonationilla) on käyttökelpoinen päätöksenteon menetelmätukena niin suojelutoimenpiteiden kuin talousmetsien tehostetun luonnonhoidon toimien alueellisessa kohdentamisessa. Priorisointianalyysit mahdollistavat erilaisten valintakriteerien käyttämisen ja skenaarioiden luomisen, kuten vaikkapa kytkeytyvyyden painottamisen.

Kytkeytyvyyttä voidaan huomioida Zonation-menetelmällä tehtävässä priorisoinnissa eri tavoin, esimerkiksi metsikkötasolla sekä suhteessa metsälain tärkeisiin elinympäristöihin tai suojelualueisiin. Ekologinen malli voidaan siis rakentaa monenlaisin perustein. Tässä tarkastelussa havaittiin kaikkien kolmen maakunnan osalta, kuinka painottamalla kytkeytyvyyttä saavutetaan huomattavasti tilajakaumaltaan yhtenäisempi prioriteettialueiden rakenne ja priorisoinnissa syntyy erilaisia korkeamman prioriteetin alueiden keskittymiä. Tällöin pienempiä ja kauempina toisistaan olevia korkeamman prioriteetin alueita voidaan menettää muualta tarkastelualueelta (eli tässä tapauksessa tarkasteltavan maakunnan alueelta). Nämä suhteellisesti pienet, suojelualueverkostosta kauempina sijaitsevat kohteet voivat olla sekä suojelun että talousmetsien tehostetun luonnonhoidon kannalta merkittäviä. Jos priorisointituloksia käytetään päätöksenteon tukena maankäyttö- ja suojelukohdennuksissa, niitä tehdessä tulisikin varmistaa, ettei pienempiä, mahdollisesti arvokkaita kohteita uhrata suoraan kytkeytyvyyden kustannuksella, vaan päätöksiä ohjaisivat myös tiedot kohteen ekologisista arvoista sekä alueellisista erityispiirteistä. Usein tämä tarkoittaa kohteiden luontoarvojen arviointia (validointia) maastossa ja maisematason ekologisten arvojen arviointia.

On huomattava, että priorisointianalyysin perustan muodostavat aina saatavissa olevat aineistot ja tiedot monimuotoisuutta edustavista piirteistä, jotka olivat tässä tarkastelussa erilaisia lahoppupotentiaalia kuvaavia monimuotoisuuspiirteitä. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että priorisoinnin syöttöaineistoissa oleva paikkatieto voi olla osin vanhentunutta tai sisältää epävarmuuksia. Priorisointi Zonation-menetelmällä ei siis sovellu suoraan maankäyttö- ja suojelupäätösten tekemiseen, vaan tuloksia tulkittaessa on aina huomioitava käytetyt aineistot ja niiden rajoitteet. Käytettävän aineiston resoluution tulisi olla mahdollisimman hyvin linjassa tutkimuskysymyksen sekä siihen liittyvien ekologisten prosessien kanssa (Lehtomäki 2014).

Aineiston yksityiskohtaisuus, laatu ja rakenne määrittävät siis suurilta osin, kuinka hyvin priorisointianalyysissä on mahdollista huomioida erilaisia metsäelinympäristöjä. Esimerkiksi rakennepiirteiltään hyvin vaihtelevat metsiköt, tai metsiköt, jotka muodostuvat pienipiirteisesti vaihtelevasta elinympäristöjen mosaiikista, ovat priorisoinnin kannalta hankalia. Tarkasteluun tulee aina virheitä: monimuotoisuudelle merkittäviä yksittäisiä kohteita putoaa pois ja vastaavasti rakennepiirteiltään tavanomaisia talousmetsiä saattaa tulla mukaan. Kytkeytyvyyttä painottaessa tarkasteluun tulee runsaasti kohteita, jotka eivät ole tällä hetkellä monimuotoisuudelle erityisen merkittäviä. Niissä on kuitenkin potentiaalia kehittyä merkittäviksi tehostetun luonnonhoidon keinoin. Priorisointianalyysin tuloksia käytäntöön sovellettaessa tulee aina tehdä kriittistä tarkastelua maastovastaavuudesta. Tässä tehdyssä teoreettisessa tarkastelussa lisäksi yhden merkittävän puutteen muodosti mm. se, että käytössä olleet Suomen metsäkeskuksen aineistot keskittyvät yksityismetsiin ja kasvupaikkaluokittelu jäi vajaaksi etenkin valtiomaiden osalta.

Lisäsuojelun ja tehostetun luonnonhoidon kohdentamisen jatkoanalyseissä olisi mahdollista rakentaa priorisointeja ja kohdentamisen skenaarioita eri tavoin. Mahdollisuuksia olisi esimerkiksi täydentää rakennepiirteitä kuvaavaa lähtöaineistoa, laajentaa tarkasteluja muihin maankuntiin tai ottaa mukaan priorisointiin muuta soveltuvaa maankäyttö- tai monimuotoisuustietoa. Priorisointeja voisi olla mahdollista tehdä, saatavilla olevien aineistojen sallimissa rajoissa, myös eri kasvupaikkatyyppien sisällä. Tarkastelua voisi myös laajentaa arvioimalla, kuinka paljon näiden kolmen maakunnan alueita nousee valtakunnallisessa priorisoinnissa lahoppuupotentiaalin kannalta arvokkaimpien alueiden joukkoon. Näin voitaisiin saada lisätietoa potentiaalisten lisäsuojelu- tai tehostetun luonnonhoidon kohteiden arvosta myös valtakunnallisesti.

### 3.1.9 Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden tuottamistavat

Keskeiset sisällöt:

- Eri rakennepiirteiden lisäämisestä hyötyvän lajiston tarkastelussa keskitytään uhanalaisiin ja silmälläpidettäviin metsälajeihin.
- Ekologisesti tehokkain keino vanhojen metsien lajiston turvaamiseksi on mahdollisimman laajojen, vanhojen ja luonnontilaisen kaltaisten metsäalueiden suojelu.
- Myös talousmetsissä olevien, luonnontilaisen kaltaisten elinympäristölaikkujen säästäminen parantaa vaatelioiden metsälajien selviämismahdollisuuksia maisematasolla. Tällöin niiden olisi hyvä olla ainakin hehtaarin-parin kokoisia reunavaikutuksen vähentämiseksi.
- Vesistöjen varsilla 10–15 m puustoinen suojavyöhyke pidättää tehokkaasti ravinteita, mutta lajiston kannalta vähintään noin 30 metrin suojavyöhyke on usein tarpeen.
- Säästöpuiden tarkoitus on turvata pitkällä aikavälillä järeän vanhan elävän puuston ja järeän lahoppuuston muodostuminen ja jatkuvuus myös nuorissa ja harvennusikäisissä metsissä. Tämä edellyttää niiden säästämistä pysyvästi.
- Järeät vanhat puut ovat avainympäristö mm. puiden rungoilla kasvaville epifyyttijäkelille.
- Säästöpuiden, säästöpuuryhmien ja lahoppuiden jättäminen kaikissa hakkuissa mahdollistaa vanhoille metsille ominaisten rakennepiirteiden lisääntymisen tulevaisuudessa myös nuorissa ja varttuneissa talousmetsissä.
- Tekopökköet ovat päätehakkuun tai harvennushakkuun yhteydessä elävistä puista katkaistuja, useimmiten noin 2–5 metrin korkuisia kantoja. Hyötyjiä on lahoppuulajistossa melko runsaasti, eritoten kovakuoriaisissa.
- Kiertoaikojen pidentäminen lisäänee talousmetsämaisemassa sellaisten vanhojen metsien määrää, joissa on nykyistä enemmän lajistolle tärkeitä rakennepiirteitä, kuten vanhoja eläviä puita ja järeää, eri lahoasteisiin kuuluvaa lahoppuuta.
- Sekapuustoinen metsikkö ylläpitää rikkaampaa eliölajistoa kuin yhden puulajin metsikkö, ja kaikilla puulajeilla elää omaa spesialistilajistoaan. Sekametsäisyyden ylläpitäminen tulevaisuudessa edellyttää riittävää lehtipuuston säilyttämistä taimikonhoidosta lähtien.
- Kulotus koskee nykyisin hyvin pientä metsäpinta-alaa, mutta se on vaikutuksiltaan potentiaalisesti hyvin merkittävä ja varsin pitkäkestoinen toimenpide. Hyötyjiä on niin kulonsuosija- kuin pidemmällä aikavälillä lahoppuulajistossakin.
- Lehtojen hoito on useimmiten kuusten poistoa ja lehtipuuston suosimista sekä puuston pitämistä harvana, kun taas paahdeympäristöjen hoidossa tärkeintä on varjostavan puuston vähentäminen, ja myös kulotus on niissä hyödyllinen toimenpide.

- Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus ei ole itsessään luonnonhoitokeino eikä se automaattisesti lisää arvokkaita rakennepiirteitä. Näin ollen rakennepiirteiden säilyttämisestä ja tuottamisesta on huolehdittava erikseen, kuten jaksollisessakin metsänkasvatuksessa.
- Luonnonhoitoon varatut resurssit kannattaa keskittää potentiaalisimpiin kohteisiin kaikilla mittakaavatasoilla (kuvio-, leimikko-, maisema- ja alueellisella tasolla) ennemmin kuin pyrkiä jakamaan ne tasaisesti ja ohuesti kaikille kuvioille.

### **3.1.9.1 Rakennepiirteiden tuottamiskeinojen tarkastelun reunaehdot**

Tässä luvussa tarkastellaan niitä keinoja, joilla lajiston kannalta kriittisten rakennepiirteiden ja elinympäristöjen määrää voidaan lisätä. Hyötyvän lajiston tarkastelussa keskitytään uhanalaiseen ja silmälläpidettäviin metsälajeihin, joita on yhteensä 1587 (Hyvärinen ym. 2019). Tämä on perusteltua kahdesta syystä. Ensinnäkin tähän lajiryhmään kuuluvat lajit ovat kärsineet eniten metsätaloudesta johtuvista metsien rakenteen muutoksista. Vaikka uhanalaiset lajit eivät sinänsä ole sen arvokkaampia kuin ei-uhanalaiset lajit, uhanalaisia lajeja voidaan kuitenkin pitää yhtenä tärkeänä indikaattorina metsäluonnon tilasta. Niiden taantumiseen ovat yleensä vaikuttaneet sellaiset muutokset metsien rakenteessa ja dynamiikassa, jotka vaikuttavat myös monien ei-uhanalaisten, elinympäristövaatimuksiltaan samankaltaisten, joskin vähemmän vaatelioiden lajien runsauteen. Toiseksi uhanalaiset ja silmälläpidettävät metsälajit on uhanalaisuuden arvioinnissa luokiteltu niiden ensisijaisen elinympäristön, elinympäristön lisämäärään sekä uhkatekijöiden mukaan. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida tietyistä rakennepiirteistä tai elinympäristöistä riippuvaisten lajien määriä (Siitonen & Huhta 2023). Koko metsälajistosta ei ole käytettävissä yhtä kattavia tietoja.

### **3.1.9.2 Arvokkaiden elinympäristöjen ja vesistöjen suojavyöhykkeiden rajaaminen käsittelyn ulkopuolelle**

Arvokkailla elinympäristöillä eli avainbiotoopeilla tarkoitetaan sellaisia yleensä pienialaisia luontokohteita talousmetsissä, joiden oletetaan olevan erityisen tärkeitä maisematason (metsikkötason huomattavasti suuremmat pinta-alat, esimerkiksi vähintään neliökilometri) monimuotoisuuden säilyttämisessä. Ne ovat pääsääntöisesti luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia kohteita, joissa vaatelioiden, harvinaisten ja uhanalaisten lajien esiintymisen oletetaan olevan todennäköisintä. Syynä metsäkohteen rajaamiseen hoidon ulkopuolelle voi olla esimerkiksi kohteen arvokas elinympäristötyyppi, puuston ikä tai puuston rakenne, metsikkötason jatkuvuus tai metsänkäyttöhistoria. Avainbiotooppien suojelu voi perustua joko luonnonsoojelulakiin, metsälakiin, sertifiointikriteereihin tai luonnonhoidon suosituksiin ja vapaaehtoiseen turvaamiseen.

Pohjoismaissa on tehty varsin paljon avainbiotooppien lajistoa koskevia tutkimuksia, joiden tuloksia on tarkasteltu kirjallisuuskatsauksissa (Timonen ym. 2011, Häkkinen ym. 2021). Tulosten mukaan avainbiotoopeissa on keskimäärin enemmän ja monipuolisempaa lahoppuuta, korkeampi kokonaislajimäärä sekä enemmän uhanalaisia ja silmälläpidettäviä lajeja (punaisen listan lajit) kuin ympäröivissä talousmetsissä. Tuloksissa oli kuitenkin maiden välisiä eroja. Ruotsissa punaisen listan lajeja oli avainbiotoopeissa selvästi enemmän kuin verrokkitalousmetsissä, mutta Suomessa avainbiotoopit ja verrokkitalousmetsät eivät eronneet merkittävästi toisistaan (Timonen ym. 2011). Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että Ruotsissa avainbiotoopit ovat kertaluokkaa suurempia kuin Suomessa (keskipinta-alat 5,6 ja 0,6 hehtaaria). Tämän lisäksi Ruotsin avainbiotoopit ovat pääasiassa vanhoja luonnontilaisen kaltaisia metsiä, ja

niiden kartoitukseen on otettu mukaan rakennepiirteiden lisäksi indikaattorilajisto, johon kuuluu myös punaisen listan lajeja (Siitonen & Huhta 2023).

Suomessa METSO-ohjelman avulla on pystytty turvaamaan selvästi avainbiotooppeja laajempia kohteita. Valtiolla pysyvästi lunastettujen suojelukohteiden keskipinta-ala oli 14 hehtaaria, yksityisten suojelualueiden 10 hehtaaria ja ympäristökisopimusten 4,2 hehtaaria vuosina 2008–2021 (Koskela ym. 2022). METSO-ohjelman kohteista noin puolet on monimuotoisuudelle merkittäviä, runsaslahopuustoisia ja pääasiassa vanhoja kangasmetsiä.

Ekologisesti tehokkain keino vanhojen metsien lajiston turvaamiseksi on mahdollisimman laajojen, vanhojen ja luonnontilaisen kaltaisten metsäalueiden lisäsuojelu (Lehtomäki ym. 2009, Hämäläinen ym. 2023). Kuitenkin myös talousmetsissä olevien, luonnontilaisen kaltaisten elinympäristölaikkujen rajaaminen hakkuiden ulkopuolelle parantaa vanhojen metsien lajien selviämismahdollisuuksia maisematasolla. Melko pientenkin, hehtaarin – kymmenen hehtaarin kokoisten laikkujen on todettu pystyvän säilyttämään vanhan metsän lajistoa vähintään vuosikymmeniä (Moor ym. 2021, Komonen ym. 2021). Lisäksi tällaiset elinympäristölaikut voivat toimia tärkeinä askelkivinä ja helpottaa lajien leviämistä laajempien suojelualueiden välillä (Laita ym. 2010, Saura ym. 2014).

Käsittelyn ulkopuolelle rajatut avainbiotoopit kehittyvät ajan mittaan puustoltaan kohti luonnontilaa, jolloin vanhojen järeiden puiden ja lahoppuun määrät niissä lisääntyvät. Tällöin niiden merkitys esimerkiksi punaisen listan kääpien kannalta voi kasvaa (Moor ym. 2021). Toisaalta pienialaisissa laikuissa esiintyvien vaatelioiden lajien paikallispopulaatiot ovat pieniä, ja tällaisilla populaatioilla on suuri häviämiskahva (Pykälä 2004, 2007). Alle hehtaarin kokoisissa laikuissa laadun paraneminen ei todennäköisesti kompensoi häviämiskahvaa, mutta jo muutaman hehtaarin kokoisten laikkujen kyky säilyttää niissä esiintyvä lajisto on huomattavasti parempi.

Vesistöjen varsille rajattavien suojavyöhykkeiden vaikutukset ovat samanlaisia kuin avainbiotooppien. Mikäli suojavyöhykkeet rajataan käsittelyn ulkopuolelle, ne lisäävät tulevaisuudessa järeiden vanhojen puiden, lahoppuun ja vanhan metsän laikkujen määrää. Suojavyöhykkeiden ekologisesta merkityksestä ja mitoituksista on tehty useita pohjoismaisia katsauksia (Gundersen ym. 2010, Nyberg & Eriksson 2001, Kuglerová ym. 2014, Keto-Tokoi 2018). Tutkimustulosten perusteella tarvitaan vähintään 10–15 metrin levyinen, puustoinen suojavyöhyke, jotta se pidättäisi tehokkaasti ravinteita. Lajiston turvaamisen kannalta tarvittaisiin usein vielä leveämpi, vähintään noin 30 metrin suojavyöhyke. Tasalevyiset suojavyöhykkeet eivät kuitenkaan ole optimaalinen ratkaisu, koska vesistöjen rantavyöhykkeiden häiriöherkkyys, luontoarvot ja lajisto vaihtelevat erilaisissa kasvupaikoissa (esim. Koivula ym. 2022).

### **3.1.9.3 Elävien ja kuolleiden säästöpuiden jättäminen sekä tekopötkelöiden tekeminen hakkuiden yhteydessä**

Hakkuissa jätettävien elävien ja kuolleiden puiden eli säästöpuiden avulla tavoitellaan kolmenlaisia positiivisia vaikutuksia lajistoon (Franklin ym. 1997, Gustafsson ym. 2010). Yksittäiset säästöpuut ja säästöpuuryhmät 1) voivat säilyttää vanhan metsän lajistoa uudistamisvaiheen yli (katso alempana), 2) ne lisäävät uuden puusukupolven rakenteellista monimuotoisuutta ja 3) lisäävät maisematasoa kytkeytyneisyyttä sekä helpottavat siten lajien leviämistä elinympäristölaikusta toiseen. Säästöpuiden tarkoitus on turvata pitkällä aikavälillä sekä järeän vanhan puuston että järeän lahoppuuston muodostuminen ja jatkuvuus nuorissa ja harvennusikäisissä metsissä, joista nämä tärkeät rakennepiirteet muuten puuttuvat.

Järeät vanhat puut ovat keskeinen elinympäristö puiden rungoilla kasvaville epifyyttijäkälille, joita Suomessa on noin 550 lajia (Pykälä 2019). Näistä peräti 279 lajia on arvioitu uhanalaiseksi tai silmälläpidettäväksi (Nirhamo ym. 2023). Punaisen listan epifyyttijäkälälajeista 52 % vaatii kasvualustakseen vanhoja, vähintään 120-vuotiaita puita (Nirhamo ym. 2023).

Ruotsalaisessa tutkimuksessa havaittiin, että säästöpuuhaavoilla kasvavien epifyyttijäkälien kokonaislajimäärä oli merkittävästi korkeampi vanhoilla, 10–16 vuotta sitten hakatuilla kuin tuoreilla uudistusaloilla (Lundström ym. 2013). Myös punaisen listan lajien määrä ja havaintomäärä olivat korkeammat vanhoilla kuin tuoreilla uudistusaloilla. Tulokset viittaavat siihen, että säästöpuuhaavat pystyvät säilyttämään vanhan metsän lajistoa uudistamisvaiheen yli ja tarjoamaan sopivia elinympäristöjä sukkession alkuvaiheen avoimiin metsiin sopeutuneille epifyyttilajeille. Toisessa tutkimuksessa havaittiin, että eri puulajeilla kasvava jäkälälajisto reagoi eri tavalla hakkuuseen (Ranlund ym. 2018). Kuusen lajisto taantui heti hakkuun jälkeen eikä palautunut vielä vanhemmillakaan hakkuilla. Sen sijaan sekä haavan, koivun että männyn lajisto runsastui hakkuun jälkeen, ja vanhemmilla hakkuilla lajisto oli runsastunut enemmän kuin tuoreilla hakkuilla. Eri puulajien sopeutuminen kasvamaan avoimissa tai sulkeutuneissa ympäristöissä heijastuu siten myös niiden seuralajistoon.

Säästöpuiden toinen tärkeä tehtävä on turvata järeän lahoppuun muodostuminen. Säästöpuiden kuolleisuutta koskevien tutkimusten mukaan noin puolet säästöpuustosta kuolee usein ensimmäisen kymmenen vuoden aikana hakkuun jälkeen, mutta tämän jälkeen kuolleisuus hidastuu (Rosenvald ym. 2008, 2019, Heikkala ym. 2014, Hallinger ym. 2016). Tulosten perusteella tarvitaan varsin suuri määrä säästöpuuta, noin 10–20 % puuston tilavuudesta, jos säästöpuiden avulla pyritään ylläpitämään sekä eläviä että kuolleita puita ja niihin sidoksissa olevaa lajistoa uudistushakatuilla aloilla pidemmällä aikavälillä. Pienemmälläkin säästöpuumäärillä pystytään kuitenkin luomaan häiriöistä riippuvaiselle lahoppuulajistolle lyhytkestoisempia elinympäristöjä. Tekopökkelöiden tuottaminen ja luonnonpoistuman säästäminen vähentävät säästöpuiden tarvetta.

Useissa pohjoismaisissa tutkimuksissa on verrattu kovakuoriaislajistoa kuolleissa haavoissa uudistusaloilla ja metsän sisällä (Martikainen 2001, Sverdrup-Thygeson & Ims 2002, Sahlin & Ranius 2009, Schroeder ym. 2011). Kuolleilta säästöpuuhaavoilta on tavattu runsaasti punaisen listan lajistoa. Suurin osa lajeista tulee toimeen sopivissa isäntäpuissa varjostuksesta riippumatta, mutta monet haapaan erikoistuneet, uhanalaiset ja harvinaiset lajit suosivat sukkession alkuvaiheen avointa ympäristöä. Puun järeiden kasvu lisää useimpien lajien esiintymistodennäköisyyttä (Sahlin & Ranius 2009). Kuolleet säästöpuuhaavat ovat merkittävä elinympäristö myös punaisen listan kääväksilajeille (Junninen 2007, Runnel ym. 2013).

Säästöpuiden, säästöpuuryhmien ja lahoppuuden jättäminen kaikissa hakkuissa johtaa siihen, että vanhoille metsille ominaiset rakennepiirteet lisääntyvät tulevaisuudessa myös nuorissa ja varttuneissa talousmetsissä. Tämä todennäköisesti hyödyttää osaa vanhojen metsien lajistosta – niitä lajeja, jotka ovat riippuvaisia yksittäisistä rakennepiirteistä, kuten vanhoista puista, mutta eivät välttämättä vanhoista metsistä elinympäristönä.

Tekopökkelöt ovat päätehakkuihin tai harvennushakkuihin yhteydessä elävistä puista katkaistuja, useimmiten noin 2–5 metrin korkuisia kantoja. Tekopökkelöiden avulla on tarkoitus tuottaa nopeasti lahoppuuta erityisesti sellaisille paikoille, joista järeä lahoppu muuten puuttuu. Pökkelön katkaistu latvaosa voidaan myös jättää metsään. Tekopökkelöillä esiintyvistä

lajistosta on julkaistu Pohjoismaissa yhteensä kolmisenkymmentä referoitua tutkimusta (Gustafsson ym. 2020).

Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa seurattiin uudistusaloilla neljän eri puulajin (kuusi, koivu, haapa, tammi) tekopökkelöissä kehittyneitä kovakuoriaislajistoa seitsemän vuoden jakso (Lindhe & Lindelöw 2004, Lindhe ym. 2004). Tulosten mukaan huomattava osa lahoppuusta riippuvaisista kovakuoriaisista, jopa noin 60 % paikalla esiintyvistä lajeista, voi lisääntyä tekopökkelöissä. Eri puulajien tekopökkelöissä kehittyi suureksi osaksi erilainen lajisto. Valtaosa lajeista on varjostuksesta riippumattomia tai suosii paahteessa olevia pökkelöitä. Tekopökkelöistä on pohjoismaisissa tutkimuksissa tavattu myös monia uhanlaisia kovakuoriaislajeja (Lindhe & Lindelöw 2004, Jonsell ym. 2019, Vinstad ym. 2020). Kovakuoriaisten lisäksi monet myrkkypistiäiset voivat elää uudistusalojen tekopökkelöillä (Westerfeld ym. 2015). Tekopökkelöiden merkitys lahottajasienille sekä epifyyttijäkilille näyttää olevan vähäisempi (Lindhe ym. 2004, Pasanen ym. 2019, Hämäläinen ym. 2021).

#### **3.1.9.4 Kiertoaikojen pidentäminen**

Keskimääräinen uudistamisikä on nykyisin noin 80 vuotta Etelä-Suomessa ja 100 vuotta Pohjois-Suomessa (Kniivilä ym. 2020). Varttuneet metsät alkavat muuttua rakenteeltaan vanhoiksi metsiksi, kun puusto saavuttaa vähintään noin 120 vuoden iän (Kouki ym. 2018). Kuten ruotsalaisten mänty- ja kuusivaltaisten metsien simulaatiotarkastelu (Felton ym. 2017) osoitti, kiertoaikojen pidentäminen lisäisi talousmetsämaisemassa sellaisten vanhojen metsien määrää, joissa on nykyistä enemmän lajistolle tärkeitä rakennepiirteitä, kuten vanhoja eläviä puita ja järeää, eri lahoasteisiin kuuluvaa lahoppuuta. Tällaiset metsät voisivat tarjota ainakin väliaikaisesti sopivia elinympäristöjä osalle vanhojen metsien lajeista. Tämä puolestaan lisää lajien säilymistodennäköisyyttä maisematasolla. Vaikutukset ovat rinnastettavissa ympäristötuen turvin tapahtuvaan määräaikaiseen suojeluun. Lisäksi pidennetty kiertoaika saattaa simulaatiotarkastelun (Roberge ym. 2016) mukaan mm. parantaa mustikan marjasatoa sekä maaperän ravinteisuutta mutta toisaalta altistaa juurikäpö- ja kaarnakuoriaistuhoille. Avohakkuun jälkeen uudistuneiden metsien kiertoaikojen pidentämisen vaikutuksista lajistoon tai lajiston elpymisen nopeudesta ei ole käytettävissä pohjoismaisia tutkimustuloksia.

#### **3.1.9.5 Harvennusvälien pidentäminen ja harvennusvoimakkuuden vähentäminen**

Harvennusvälien pidentäminen ja harvennusvoimakkuuden vähentäminen lisäävät kuolleen puun määrää nuorissa ja varttuneissa metsissä lisääntyneen puuston kilpailun ja itseharvennemen kautta. Harvennuksissa poistetaan usein heikentyneet puut sekä vähäarvoiset lehtipuut, koska kasvu pyritään keskittämään taloudellisesti arvokkaimpiin puihin. Harvennusvoimakkuutta vähentämällä voidaan lisätä lahoppuuston määrää sekä lehtipuuston määrää ja osuutta nuorissa metsissä. Tämän päättelyn mukaisesti mänty- ja kuusivaltaisten metsien simulaatiotarkastelussa (Tikkanen ym. 2012) havaittiin, että kiertoajan pidentäminen nosti lahoppuumäärää huomattavasti.

#### **3.1.9.6 Lehtipuuston osuuden lisääminen**

Sekapuustoinen metsikkö ylläpitää rikkaampaa eliölajistoa kuin yhden puulajin metsikkö (Felton ym. 2010, Huuskonen ym. 2021). Kaikilla puulajeilla elää omaa spesialistilajistoaan. Monet lehtipuuden eliölajit ovat erikoistuneet juuri tiettyyn isäntäpuulajiin eivätkä pysty elämään

sellaisissa metsiköissä, joista niiden vaatimat lehtipuulajit puuttuvat. Erityisesti vanhat ja kuolleet lehtipuut ovat monille uhanalaisille lajeille tärkeitä elinympäristöjä.

Lehtisekapuuston määrä vaikuttaa suotuisasti mm. linnuston, kasvillisuuden ja kasvillisuudesta riippuvaisen hyönteislajiston monimuotoisuuteen (Jansson & Andrén 2003, Barbier ym. 2008, Gamfeldt ym. 2013, Felton ym. 2021, Salemaa ym. 2023). Vanhoilla ja kuolleilla haavoilla elää erityisen paljon punaisen listan lajistoa (Hardenbol ym. 2020). Järeiden haapojen säästäminen päätehakkuussa ja myöhemmissä harvennushakkuissa on siten tärkeä sekapuustoisuutta ylläpitävä keino. Elävien puiden rungoilla kasvavien jäkälä- ja sammallajien kannalta myös raita ja pihlaja ovat merkittäviä puulajeja (Nirhamo ym. 2023). Taloudellisesti vähävoisten puulajien säilyttäminen sekapuuna kaiken ikäisissä metsiköissä on keskeisen tärkeä luonnonhoidon tavoite (Huuskonen ym. 2021). Sekametsäisyyden ylläpitäminen tulevaisuudessa edellyttää sitä, että taimikon hoidosta lähtien säilytetään metsissä riittävä lehtipuusekoitus. Lehtisekapuuston hyödyt uhanalaiselle lajistolle alkavat realisoitua siinä vaiheessa, kun puusto on varttunut vähintään noin 50-vuotiaaksi.

### 3.1.9.7 Kulotus

Metsäpaloilla on ollut merkittävä vaikutus puuston dynamiikkaan ja lajistoon luonnontilaisissa metsissä. Metsäpaloista riippuvaisia lajeja on lähes kaikissa lajiryhmissä, niin hyönteisissä (Wikars 1997), kasveissa kuin sienissäkin (Penttilä & Kotiranta 1996, Salo ym. 2019). Metsäpaloista riippuvaisten lajien lisäksi on suuri määrä lajeja, jotka hyötyvät metsäpaloista. Metsäpalossa vapautuu elävään ja kuolleeseen kasvillisuuteen sitoutuneita ravinteita ja syntyy kilpailusta vapaata kasvutilaa. Voimakkaan palon jälkeen metsä voi uudistua lehtipuuvaltaiseksi. Metsäpalon jälkeen kehittyneissä lehtipuuvaltaisissa metsissä on niihin erikoistunutta omaa lajistoaan.

Kulotus koskee nykyisin hyvin pientä metsäpinta-alaa, mutta se on vaikutuksiltaan potentiaalisesti hyvin merkittävä ja varsin pitkäkestoinen toimenpide. Keskimääräinen kulotuspinta-ala on ollut vain noin 400 hehtaaria vuodessa edellisen vuosikymmenen aikana (Luke 2024b). Kulotusta on tehty pääosin valtion ja metsäyhtiöiden mailla; yksityismetsissä kulotusta on tehty vain runsaat 100 hehtaaria vuodessa, vaikka siihen on ollut mahdollista saada rahallista tukea. Tuen mahdollistava metsätalouden kannustejärjestelmää koskeva Metka-laki tosin astui voimaan vasta 1.1.2024, joten sen vaikutusta kulotusten määrään ei vielä voida arvioida. Alhaiset kulotusalat ovat osaltaan johtaneet kulotusosaamisen vähenemiseen. Kulotus vaikuttaa suoraan metsäpaloista riippuvaisten lajien elinympäristön määrään, mutta se vaikuttaa myös lahoppuun määrään lisäämällä säästöpuuston kuolleisuutta.

Kulotuksen lajistovaikutuksia koskevien pohjoismaisten tutkimusten yleinen johtopäätös on se, että kulotuksen ja ennallistamispolttojen lisäämisellä olisi merkittäviä positiivisia vaikutuksia uhanalaiseen lajistoon. Kulotuksen avulla saadaan nopeasti luotua sopivia elinympäristöjä häiriöihin sopeutuneelle, lahoppuusta riippuvaiselle lajistolle (Nirhamo ym. 2023). Uhanalaisia lahoppuusta riippuvaisia kovakuoriaislajeja esiintyy eniten 2–10-vuotiailla paloalueilla (Hyvärinen ym. 2006, Toivanen & Kotiaho 2007, Heikkala ym. 2016). Myös monet muut hyönteisryhmät hyötyvät kulotuksesta (Rodríguez & Kouki 2015, Heikkala ym. 2017). Kulotuksen lyhyen aikavälin vaikutukset kääpälajistoon ovat negatiiviset, mutta kääntyvät positiivisiksi noin kymmenen vuotta kulotuksesta. Viive johtuu siitä, että palossa kuolleiden säästöpuiden kaatumiseen ja lahoamiseen kuluu useita vuosia. Positiiviset vaikutukset uhanalaiseen kääpälajistoon kestävät vähintään 20 vuotta (Penttilä ym. 2013, Suominen 2015, 2019). Myös puiden

rungoilla kasvavalle jäkälälajistolle kulotuksen lyhyen aikavälin vaikutukset ovat negatiivisia, mutta muuttuvat positiivisiksi noin kymmenen vuoden jälkeen, kun palossa kuolleet puut menettävät kaarnansa ja muuttuvat sopiviksi kasvualustapuiksi niillä eläville lajeille (Hämäläinen ym. 2014, Löhmus ym. 2018).

### 3.1.9.8 Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito

Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoitotoimet koskevat hyvin erilaisia elinympäristöjä. Kummasakin on kuitenkin kysymys tiettyjen, monimuotoisuudelle arvokkaaksi tiedettyjen elinympäristöjen kohdennetusta hoidosta. Myös nämä toimenpiteet koskevat varsin pientä metsäpinta-alaa. Lehtoja arvioidaan olevan noin 1–2 % kivennäismaiden metsäpinta-alasta (Koivula ym. 2025b). Potentiaalisia paahdeympäristöjä on arvioitu olevan Natura-alueilla noin 50 000 ha (Tukia ym. 2015), millä perusteella niitä on talousmetsissä todennäköisesti suuruusluokkaa 100 000–200 000 hehtaaria eli 0,5–1 % metsäpinta-alasta. Pienestä pinta-alaosuudestaan huolimatta lehdot ovat ensisijainen elinympäristö 45 %:lle ja harjumetsät sekä muut paahdeympäristöt 16 %:lle uhanalaisista metsälajeista (Hyvärinen ym. 2021).

Lehdoissa hoito tarkoittaa useimmiten alikasvoskuusten poistoa ja lehtipuuston suosimista sekä puuston pitämistä harvana. Kuusen osuuden vähentäminen voi merkittävästi edesauttaa lehtipuuden, lehtopensaiden ja ruohojen kasvua ja parantaa näistä riippuvaisten uhanalaisten eliöiden elinmahdollisuuksia (Alanen ym. 1995, Lehtometsien hoito- ja hakkuuopas 2021). Vanhoissa kuusivaltaisissa lehdoissa voi kuitenkin olla myös kuusesta riippuvaisia, uhanalaisia mykorrhizasienilajeja. Lehtojen hoidon ja erityisesti kuusen poiston ei siksi koskaan pidä olla kaavamaisista, vaan tietyn lehtokohteen hoidolla pitää aina olla selkeät, puuston rakenteeseen tai lajistoon liittyvät tavoitteet.

Harjumetsien ja muiden paahdeympäristöjen hoidossa tärkein keino on varjostavan puuston vähentäminen (Kittamaa ym. 2009, Tukia ym. 2015, Lindberg & Arnkil 2023). Varjostavan puuston osittaisella poistamisella ja kivennäismaan paljastamisella pystytään jo lyhyelläkin aikavälillä elvyttämään erikoistuneiden kasvilajien heikentyneitä esiintymiä. Hakkuutähteet pitää poistaa heti hakkuun jälkeen, koska hakkuutähteillä on kasvupaikkaa rehevöittävä vaikutus. Sekä paahdeympäristöjen kasvit että hyönteiset tarvitsevat lisääntyäkseen paljasta kivennäismaata. Poltto on tehokas paahdeympäristöjen hoitokeino. Polton avulla saadaan poistettua orgaanista ainesta ja samalla karuunnetuttua kasvupaikkaa sekä paljastettua kivennäismaata.

### 3.1.9.9 Jatkovapeitteinen metsänkasvatus

Jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen eri-ikäisrakenteisissa metsissä elää merkittävästi enemmän metsälajeja ja niiden yksilöitä kuin nuorissa (alle 80-vuotiaissa) tasaikäisrakenteisissa metsissä (Savilaakso ym. 2021). Puuston käsittely jatkovapeitteisenä lisää peitteisten ja puoli-varjoisten metsien määrää sekä metsämaiseman rakenteellista kytkeytyneisyyttä, mikä voi auttaa esimerkiksi liito-oravan liikkumista ja joidenkin epifyyttijäkäläien leviämistä (Koivula ym. 2025a).

Jatkovapeitteinen metsänkasvatus ei ole itsessään luonnonhoitokeino eikä tuota automaattisesti lisää arvokkaita rakennepiirteitä (Koivula ym. 2025a). Jos jatkovapeitteistä metsänkasvatusta tehdään taloudellista tuottoa maksimoiden, se tarkoittaa usein toistuvia, voimaperäisiä, suurimpiin puihin kohdistuvia harvennuksia. Tällaiset puustot ovat keskimäärin nuoria ja

harvoja, ja niissä on vain vähän lehtipuustoa, vanhoja puita tai järeää lahopuuta. Siksi jatkuva-  
peitteisessä metsänkasvatuksessa pitää erikseen tehdä luonnonhoidon toimenpiteitä, eli jät-  
tää pysyviä säästöpuita ja säästöpuuryhmiä, rajata arvokkaat elinympäristöt käsittelyn ulko-  
puolelle sekä suosia lehtipuustoa esimerkiksi pienaukkohakkuun avulla.

Luonnonhoidon huomioon ottava jatkuva-peitteinen metsänkasvatus soveltuu erityisesti rehe-  
ville turvemaille, lehtojen hoitoon, paahdeympäristöjen hoitoon sekä arvokkaiden elinympä-  
ristöjen ja vesistöjen suojavyöhykkeiden puskurivyöhykkeille.

### **3.1.9.10 Lisäämiskeinojen johtopäätökset**

Metsälajistoa hyödyttävien rakennepiirteiden lisäämisen suotuisat vaikutukset eivät näy vält-  
tämättä heti, vaan jopa useiden vuosikymmenten viiveellä (Taulukko 40). Tästä syystä raken-  
nepiirteiden lisäämistä pitää tehdä jatkuvasti, jotta taataan metsälajiston tarvitsemien elinym-  
päristöjen ajallinen ja paikallinen jatkuvuus metsämaiseman tasolla. Pohjoismaiset tutkimuk-  
set osoittavat useiden luonnonhoidon toimenpiteiden olevan hyödyllisiä uhanalaisten ja sil-  
mälläpidettävien lajien kannalta (esim. Koivula ym. 2022). Eniten tutkimuksiin perustuvaa  
näyttöä on lahopuun jättämisen, säästöpuuston, kulotuksen ja tekopötkelöiden positiivisista  
vaikutuksista. Myös arvokkaiden elinympäristöjen merkityksestä punaisen listan lajeille on  
melko vahvaa näyttöä, tosin Suomesta vähemmän kuin Ruotsista.

Toimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan lisätä parantamalla niiden laatua. Esimerkiksi säästö-  
puuston vaikuttavuutta voidaan parantaa säästöpuiden huolellisella valinnalla. Samoin esi-  
merkiksi vesistöjen suojavyöhykkeiden vaikuttavuutta voidaan parantaa tunnistamalla moni-  
muotoisuuden kannalta tärkeät kohteet ja rajaamalla näihin kohteisiin riittävän leveät suoja-  
vyöhykkeet. Luonnonhoidon kaikkia toimenpiteitä ei kannata toteuttaa joka paikassa samalla  
tavoin, vaan eri toimenpiteet kannattaisi kohdentaa niille kuvioille ja alueille, joissa niistä on  
potentiaalisesti eniten hyötyä. Esimerkiksi kulotukset kannattaa mahdollisuuksien mukaan  
kohdentaa niin kutsutuille palojatkumoalueille. Vastaavasti säästöpuuhaavat kannattaa koh-  
dentaa runsashaapaisille alueille, ja lehtipuustoa sekä jaloja lehtipuita suosia lehtokeskusalu-  
eilla. Toisaalta mäntysäästöpuut, mäntylahopuu ja mäntytekopötkelöiden tekeminen kannat-  
taa kohdentaa mäntyvaltaisille kuivahkoille ja kuiville kankaille. On hyödyllisempää keskittää  
luonnonhoitoon varatut resurssit potentiaalisimpiin kohteisiin kaikilla mittakaavatasoilla eli  
kuviotasolla, leimikkotasolla, maisematasolla ja alueellisella tasolla kuin jakaa ne tasaisesti ja  
ohuesti kaikille kuvioille. Keskittämiselle on vahvat ekologiset perusteet (esim. Hanski 2000,  
Lehtomäki ym. 2009, Rybicki & Hanski 2013).

**Taulukko 40.** Tiivistelmä lajiston kannalta tärkeiden elinympäristöjen ja rakennepiirteiden lisäämiskeinoista ja niiden vaikutuksista. Lisättävä elinympäristö tai rakennepiirre: ne lajiston kannalta kriittiset (mm. lajien uhanalaisuuden arviointien perusteella) elinympäristöt ja rakennepiirteet, joiden määrää talousmetsien luonnonhoidon keinoilla pyritään lisäämään. Lisäämiskeinot: ne toimenpiteet, joilla metsien käsittelyssä pystytään lisäämään rakennepiirteitä. Vaikutus: kuvaus näiden toimenpiteiden vaikutuksista. Esimerkkejä hyötyvistä lajiryhmistä, jotka hyötyvät lisäämiskeinosta. Vaikutusaika: se aikaväli alkaen toimenpiteen toteuttamisesta, jolla positiiviset vaikutukset punaisen listan lajistoon pääasiassa ilmenevät. Tarkastelujakso on yksi puuston kiertoaika, koska viimeistään seuraavan kiertoajan kuluessa tai sen lopussa samat luonnonhoidon toimenpiteet pitää toteuttaa uudestaan. Taulukossa käytetty viitteellinen kiertoaika on 80 vuotta. Toimenpiteiden vaikutusajat koskevat lähinnä tuoreen kankaan kuusivaltaisia metsiä Etelä-Suomessa. Karuilla kasvupaikoilla Pohjois-Suomessa sekä kiertoaika että toimenpiteiden vaikutusajat ovat noin kaksinkertaiset.

Lisättävä elinympäristö tai rakennepiirre	Lisäämiskeinot	Vaikutus	Esimerkkejä hyötyvistä lajiryhmistä	Hyötyvien punaisen listan lajien määrä	Vaikutusaika
Vanhat metsät	Vanhojen metsien turvaaminen pysyvä tai määräaikainen suojele rajaaminen hakkuiden ulkopuolelle luontokohteina korkeintaan kevyt poimintahakkuu, jossa vanhimmat puut ja kuolleet puut säästetään	Luontokohteet kehittyvät ajan mittaan puustoltaan vanhoiksi metsiksi  Säilyttää metsän peitteisyyden ja vanhan metsän rakennepiirteitä.	epifyyttikälät, kääväkkäät ja muut lahottajasienet, kaksisiipiset, lahoppuukovakuoriaiset, mykorritsasienet, epiksyylisammalet, metsälinnut	588 <sup>1)</sup>	1–80
	Säästöpuiden ja säästöpuuryhmien jättäminen kaikissa hakkuissa	Vanhoille metsille ominaiset rakennepiirteet lisääntyvät tulevaisuudessa varttuneissa talousmetsissä		300 <sup>2)</sup>	30–80
Järeät vanhat puut	Säästöpuiden ja säästöpuuryhmien jättäminen kaikissa hakkuissa	Säästöpuut kehittyvät vanhoiksi puiksi muutamassa vuosikymmenessä	epifyyttikälät ja -sammalet	300 <sup>2)</sup>	30–80
	Vanhojen metsien turvaaminen pysyvä tai määräaikainen suojele rajaaminen hakkuiden ulkopuolelle luontokohteina	Suojeltujen tai hakkuiden ulkopuolelle rajattujen luontokohteiden valtapuusto kehittyy vanhaksi muutamassa vuosikymmenessä	ks. ed. vanhat metsät	300 <sup>2)</sup>	1–80
Lahopuu	Olemassa olevan lahoppuuston säilyttäminen kaikissa hakkuissa	Lahoppuun määrä ei vähene hakkuissa	lahoppuukovakuoriaiset käävät ja muut lahottajasienet, kaksisiipiset	534 <sup>3)</sup>	1–30 (–50)
	Säästöpuiden ja säästöpuuryhmien jättäminen kaikissa hakkuissa	Säästöpuut tuottavat kuollessaan järeää lahoppuuta nuorissa metsissä		350 <sup>4)</sup>	1–80
	Tekopökkelöiden tekeminen hakkuissa	Tekopökkelöt ja niiden latvaosat lisäävät lahoppuun määrää hakkuissa	lahoppuukovakuoriaiset, myrkkypistiäiset	350 <sup>4)</sup>	1–30

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026

Lisättävä elinympäristö tai rakennepiirre	Lisäämiskeinot	Vaikutus	Esimerkkejä hyötyvistä lajiryhmistä	Hyötyvien puunaisen listan lajien määrä	Vaikutusaika
	Luontokohteiden rajaaminen hakkuiden ulkopuolelle	Ilman käsittelyä kehittyvissä luontokohteissa lahoppuuta muodostuu puuston kuolleisuuden seurauksena		350 <sup>4)</sup>	1–80
	Luontaisten häiriöiden synnyttämien lahoppuuskittymien säästäminen luontokohteina	Hyödynnetään luontaisten häiriöiden (metsäpalot, myrskytuhot, hyönteistuhot) tuottamia runsalahoppuustoisia kohteita		350 <sup>4)</sup>	1–30
	Harvennusvälien pidentäminen ja harvennusvoimakkuuden vähentäminen	Lahoppuuta muodostuu puuston itseharvenemisen kautta			
	Kiertoajan pidentäminen	Aukkohäiriöt ja puuston kuolleisuus tuottavat lahoppuuta vanhoissa metsissä	lahoppuukovakuoriaiset, kääväkät ja muut lahohtajasisienet	350 <sup>4)</sup>	1–30 (–50)
	Säästöpuustoisten uudistusalojen kulutus ja säästöpuuryhmien polttaminen	Polton seurauksena kuolevista säästöpuista muodostuu lahoppuuta			
Lehtipuuvaltaiset ja sekametsät	Tavoitteena olevan lehtipuusekoituksen säilyttäminen taimikon perkauksesta lähtien kaikissa harvenushakkuissa	Lehtipuuston osuus säilyy ja lisääntyy tulevaisuudessa aluksi nuorissa metsissä	lähes kaikkiin eliöryhmiin kuuluvia metsälajeja	438 <sup>5)</sup>	50–80
	Lehtipuuvaltaisten kuvioiden tai laikkujen rajaaminen luontokohteina	Arvokkaimmat lehtipuuvaltaiset kuviot säilyvät hakkuissa			1–80
	Lehtojen hoito kuusten poisto lehtipuustoa suosivat poimintahakkuut	Lehtipuuvaltaiset lehdot eivät kuusetu vaan säilyvät lehtipuuvaltaisena	lähes kaikkiin eliöryhmiin kuuluvia metsälajeja; putkilokasvit, perhoset, muut kasvinsyöjähyönteiset	674 <sup>6)</sup>	1–30 (–50)
Paloalueet ja muut sukcession alkuvaiheen luonnontilaisen kaltaiset metsät	Säästöpuustoisten alojen kulutus	Tuottaa luontaisia metsäpaloalueita korvaavia kohteita	perhoset, kovakuoriaiset, kotelosienet, latikat	490 <sup>7)</sup>	1–30 (–50)
	Myrskytuhoalojen, metsäpaloalojen ym. säästämisen luontokohteina	Turvaa häiriöalojen lahoppuuston säilymistä ja luontaisen sukcession, mm. uudistumisen lehtipuuvaltaisiksi			1–30 (–50)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026

Lisättävä elinympäristö tai rakennepiirre	Lisäämiskeinot	Vaikutus	Esimerkkejä hyötävistä lajiryhmistä	Hyötävien punaisen listan lajien määrä	Vaikutusaika
Paahdeympäristöt	Varjostavan puuston poisto, jatkuva kasvatusta ja pysyvästi alhainen kasvatustiheys	Säilyttää lajiston vaatiman paahteisuuden	putkilokasvit, perhoset, kovakuoriaiset, nivelkärsäiset, myrkkypistiäiset	187 <sup>8)</sup>	1–30
	Hakkuutähteiden korjuu	Estää karujen paahdeympäristöjen rehevöitymisen			1–10
	Kulutus	Poistaa kilpailevaa kasvillisuutta, karuunnuttaa kasvupaikkaa, paljastaa kivennäismaata			1–10

<sup>1)</sup> Niiden uhanalaisten (luokat VU–CR) tai silmälläpidettävien (NT) metsälajien määrä, joilla elinympäristön lisämäärä on vanhat metsät ja vanhat puut (v) (Hyvärinen ym. 2019).

<sup>2)</sup> Oletettu, että noin puolet vanhoista metsistä tai vanhoista elävistä puista riippuvaisista lajeista on ensisijaisesti riippuvaisia sopivista isäntäpuista, jolloin ne voivat tulla toimeen säästöpuilla tai säästöpuuryhmissä.

<sup>3)</sup> Niiden uhanalaisten tai silmälläpidettävien metsälajien määrä, joiden yhdeksi uhkatekijäksi on arvioitu lahoppuun väheneminen (MI).

<sup>4)</sup> Oletettu, että noin kaksi kolmasosaa lahoppuusta riippuvaisista lajeista voi tulla toimeen sopivilla lahoppuilla sukcession alkuvaiheessa.

<sup>5)</sup> Niiden uhanalaisten tai silmälläpidettävien metsälajien määrä, joiden yhdeksi uhkatekijäksi on arvioitu puulajisuhteiden muutokset (Mp).

<sup>6)</sup> Niiden uhanalaisten tai silmälläpidettävien metsälajien määrä, joiden pääelinympäristöluokaksi on arvioitu lehto.

<sup>7)</sup> Niiden uhanalaisten tai silmälläpidettävien metsälajien määrä, joilla elinympäristön lisämäärä on joko paloalueet (p) (39 lajia) tai paahdeympäristö (pa) (101 lajia). Oletettu lisäksi, että noin kaksi kolmasosaa lahoppuusta riippuvaisista lajeista voi tulla toimeen säästöpuustoisten alojen kulutuksen tuottamalla lahoppuilla sukcession alkuvaiheessa (350 lajia).

<sup>8)</sup> Niiden uhanalaisten tai silmälläpidettävien metsälajien määrä, joilla elinympäristön lisämäärä on jokin avoin ympäristö (h = harjumetsät, pa = paahdeympäristöt, p = paloalueet).

### 3.1.10 Lähestymistavan yhteenveto

Luvussa 2.1 (edellä) hahmoteltiin ekologian teoriaan ja empiirisiin havaintoihin perustuvia sel-laisia eri rakennepiirteiden (lahopuu sekä järeät ja samalla vanhat puuyksilöt) tavoitetasoja, jotka saavutettaessa talousmetsissä todennäköisesti laajalti ja säännöllisesti tavattaisiin uhanalaisia lajeja. Arviot perustettiin lukuisiin rakennepiirteitä koskeviin tutkimuksiin luonnontilaisista metsistä ja VMI-aineistoihin nykymetsistä, sekä sellaiseen lajistotutkimukseen, jossa tarkasteltiin lajimäärän ja vaatelioiden lajien esiintyvyyden suhdetta rakennepiirteiden laatuun ja määrään. Tavoitetasot arvioitiin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle, pääkasvupaikkatyypeille ja mahdollisuuksien mukaan metsän eri kehitysvaiheille.

Suurimmalle osalle uhanalaisista lajeista ja luontotyypeistä tunnetaan syyt niiden nykyiseen harvinaisuuteen tai heikentyneeseen tilaan. Toisaalta tiedetään lajistomme olevan evolutiivisesti sopeutunut luonnonmetsien olosuhteisiin ja luontaisten häiriöiden – esimerkiksi metsäpalot, tuulenskaadot ja pienempialaiset kaarnakuoriaisten massaesiintymät – tuottamiin puus-torakenteisiin ja tätä kautta vanhojen metsien ja vanhojen puiden sekä kuolleen puun määriin ja laadulliseen vaihteluun. Talousmetsäympäristö on näissä suhteissa hyvin erilainen.

Arviointien lähtökohdaksi oli elinympäristöjen vähenemisen teorian yleistys koskemaan tärkeiden rakennepiirteiden määriä. Rakennepiirteiden tavoitetasojen arviointi tuotti huomattavan suuren vaihteluvälin, mikä johtuu ensisijaisesti teorian ja empiiristen havaintojen antamasta 10–30 % osuudesta verrattuna luonnontilaisiin määriin (alaluku 2.1.4). Laskelmissa pitäytyttiin siinä tarkkuudessa kuin pohjaluvut mahdollistivat, jolloin arviot annettiin vaihteluvälinä eikä tarkkoina lukuina. Vaateliaalle lajistolle 10 % on huonompi kuin 30 %, muttei luultavasti hyödytön osuus eikä todellista minimiä esimerkiksi uhanalaisen lajiston säilymiselle tunneta; sen sijaan tiedetään, että eri lajit ja lajiryhmät edellyttävät hyvin erilaisia osuuksia tai määriä. Kuten empiiriset lahoppuun määriä koskevat tutkimukset osoittivat, uhanalaisten lahoppuulajien säännöllinen esiintyvyys ylipäättään näyttäisi edellyttävän vähintään noin 20 m<sup>3</sup>/ha lahoppuuta (karkeasti 10–20 % luonnonmetsän lahoppuunmäärästä). Tämä ei luultavasti riittäisi turvaamaan koko sitä lahoppuulajistoa, joka kohteella voisi teoreettisesti esiintyä, kuten aiemmissa luvuissa esitetyt lajimäärän kertymäfunktiot osoittavat. On myös huomattava, että lahoppuulajistotutkimus on tähän saakka painottunut kuivahkoille ja tuoreille kankaille ja pääosin Etelä-Suomeen; näin ollen emme tarkkaan tiedä, millaisia empiiriset vasteet lahoppuun määrään olisivat karuilla ja lehtomaisilla kasvupaikoilla. Toisaalta uhanalaisten lajien esiintyvyyden suhteesta järeiden ja vanhojen puiden tiheyden ei juuri ole tutkimusta.

Rakennepiirrearvioissa tehtiin muitakin kompromisseja johtuen aineistojen suhteellisesta niukkuudesta:

- Kasvupaikkatyyppijako oli verraten karkea.
- Arviointia ei ulotettu turvemaille, lehtoihin tai muihin harvinaisiin kasvupaikkatyyppisiin, eikä pohjoisimpaan Suomeen tai Ahvenanmaalle.
- Historialliset rakennepiirrearviot perustuivat toki empiirisiin havaintoihin, mutta aineistot olivat varsin pirstaleisia.
- Myös rakennepiirteitä käsiteltiin karkealla tasolla. Esimerkiksi vanhoja puita tai lahoppuuta ei voitu tarkastella puulajikohtaisesti.
- Luonnontilaiset rakennepiirteiden tasot laskettiin olettamalla konservatiivisesti, että ennen ihmisvaikutusta 50 % maamme metsistä olisi ollut vähintään 150-vuotiaita, mutta

tällaisten metsien osuus on saattanut ainakin osassa Suomea olla jopa 95 %. Korkeampi osuusoletus olisi kasvattanut järeiden elävien ja kuolleiden puiden määräärvioita.

Myöhemmin luvussa 4.1 (Toimenpidekokonaisuuden tavoitteet) asetetaan luvussa 3.1 saatu-  
jen rakennepiirremäärien lisäämistavoitteet mukailemaan EU:n biodiversiteettistrategian 30 %  
suojelupinta-alan tavoitetta. Strategian mukaan tavoite saavutetaan suojelemalla 10 % maa-  
ympäristöistä tiukasti ja 20 % kevyen suojelun monimuotoisuutta tukevalla (OECM) keinoilla.  
Rakennepiirteitä voidaan lisätä suojelulla ja luonnonhoidolla, mitkä kumpikin potentiaalisesti  
hyödyttävät useita satoja eri rakennepiirteisiin erikoistuneita lajeja (alaluku 2.1.9), kunhan toi-  
mien mitoitus on riittävä (alaluvut 2.1.4–2.1.7).

Luvussa 4.2 (Toimenpidekokonaisuuden kuvaus) asetetaan suojelun ja luonnonhoidon keino-  
valikoima mitoituksineen siten, että etenkin lahoppumäärät saavuttaisivat vuoteen 2050 men-  
nessä 15–30 % luonnontilaisissa metsissä tavattavista määristä (alaluvut 2.1.5–2.1.7). Vanhojen  
metsien tai hyvin vanhojen puuyksilöiden lisäämisen tavoitetasot täyttyvät ainoastaan usei-  
den vuosikymmenien aikaperspektiivissä, säästettävän puuston vähitellen ikääntyessä. Kysei-  
sessä tarkastelussa pyritään (i) suojelemaan tiukasti 10 % metsistä alkaen vanhimmasta  
päästä, (ii) lisäämään rakennepiirteitä voimakkaasti (tavoitetaso 30 % luonnontilaisesta ta-  
sosta) 20 %:lla metsistä ja (iii) lisäämään rakennepiirteitä maltillisemmin (15 % luonnontilai-  
sesta tasosta) 70 %:lla metsistä. Voimakkaan rakennepiirrelisäyksen kohdennuksessa painote-  
taan niitä kasvupaikkatyyppisiä ja ilmastovyöhykkeitä, joissa kuolleen puun ja järeän puun  
määrät olisivat luonnonolosuhteissa korkeimmillaan (alaluvut 2.1.5–2.1.7). Tämä painotus (ta-  
saisen 20 % asemesta) siitä syystä, että näissä ympäristöissä vaateliias ja nykyään uhanalainen  
lajisto olisivat luonnontilassa runsaimpia ja toimien suhteellinen lajistohyöty siksi oletettavasti  
suurempi kuin muualla Suomessa. Samalla metsissämme yleistyisivät hyvin runsaslahoppuus-  
toiset metsät, jollaisia osa lahoppulajistostamme vaatii.

Alaluvuissa 3.1–3.2 rakennepiirteitä ehdotetaan lisättäväksi mm. nykyistä huomattavasti kor-  
keammilla, pysyvästi jätettävillä järeiden säästöpuiden määrillä, kuolleen puun nykyistä tar-  
kemmalla säästämällä ja tuottamisella, lehtojen ja muiden erityisympäristöjen asianmukai-  
sella luonnonhoidolla sekä tietyillä hiilivarastoa kasvattavilla toimilla, kuten soveltamalla pi-  
dennettyä kiertoaikaa merkittävässä osassa metsiä.

Luvussa 2.1 (edellä) hahmotellut kuolleen puun sekä järeiden ja vanhojen puiden määrien ta-  
voitetasot toteutettuna alaluvuissa 3.1–3.2 esiteltävällä tavalla voivat hyvinkin riittää säilyttä-  
mään Suomessa valtaosan lahoppuun ja järeiden vanhojen puiden lajeista. Tällöin myös uhan-  
alaistumiskehitys luultavasti pysähtyy ja monimuotoisuus kääntyy elpymisuralle. Lisäsuojelun  
ja luonnonhoitotoimien kohdentaminen etelän rehevimmille kasvupaikoille kasvattaisi tätä  
todennäköisyyttä huomattavasti.

### **Tutkimustarpeita**

Luvuissa 2.1 läpikäytyjen julkaisujen tulokset ovat varsin yksiselitteisiä ja yhdenmukaisia Suo-  
men metsäluonnon monimuotoisuuden nykytilasta ja siihen johtaneista syistä. Monet met-  
sien rakennepiirteet ovat vuosisatoja ja myös melko hiljattain vähentyneet määriltään ja mo-  
nipuolisuudeltaan, mikä on johtanut niin luontotyyppien kuin lajistonkin uhanalaistumiseen.  
Aihealueesta on julkaistu paljon tutkimustietoa, mutta mm. tässä raportissa tehty tarkempi  
tarkastelu osoittaa, että tutkimustieto on vielä monelta osin puutteellista (katso esim. luku  
2.1.6). Uhanalaisen lajiston selviytymismahdollisuuksia arvioitaessa kaivattaisiin esimerkiksi  
seuraavanlaista tutkimusta:

- Lahopuuston paikallisen ja alueellisen vaihtelun sekä tämän vaihtelun lajistovaikutuksien selvittämiseksi tarvitaan puusto- ja lajistomittauksia niin suojelualueilta kuin talousmetsistä.
- Vaateliaan lajiston riippuvuutta lahoppuun sekä suurten ja vanhojen puiden määrästä ja laadusta tulisi tutkia karuilla ja lehtomaisilla kasvupaikoilla.
- Lahoppuulajiston koostumuksen ja lahoppuun laadun (puulaji, koko, lahoaste, maa/pystypuu) välisen suhteen yksityiskohdista tarvitaan lisätietoa, jotta voidaan tunnistaa esimerkiksi optimaalinen lahoppuun lahoasteiden ja puulajien yhdistelmä eri metsätyypeissä ja sukkessiovaiheissa. Lisäksi poltto- ja kulutuskohteilla olisi hyödyllistä selvittää nykyistä tarkemmin hiiltyneen puun lisäämisen lajistovaikutuksia.
- Elävän puun ja lahoppuun suhde tulisi ottaa mukaan tarkasteluihin, koska elävän puuston määrä vaikuttaa suoraan mm. mikroilmastoon ja siten monien metsälajien esiintymiseen.
- Lahoppuujatkumon turvaamiskeinoja ja niiden lajistovaikutuksia täytyisi selvittää kokeellisesti eri kasvillisuusvyöhykkeillä ja kasvupaikkatyypeillä koko hakkuukierron ajan. Tätä tutkimusta kaivattaisiin erityisesti epiksiyylisammalla, jotka ovat ekologiaaltaan puuteellisesti tunnettu eliöryhmä.
- Luontotyyppien uhanalaisuuden syitä ja itse uhanalaistumisprosessia on toistaiseksi tutkittu vähän. Satojen vuosien intensiivinen maankäyttö varsinkin Etelä-Suomessa on vähentänyt etenkin luonnontilaa lähellä olevien lehtojen, lehtomaisten kankaiden ja tuoreiden kankaiden määrää kaskikulttuurin ja viljelysmaan raivauksen takia. Emme esimerkiksi tiedä, onko mainittujen ihmistoimien johdosta maastamme jo hävinnyt luontotyyppejä.
- Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden viimeaikaisten parannusten suhteesta uhanalaisen lajiston esiintymiseen talousmetsissä on toistaiseksi suhteellisen vähän tutkimustuloksia. Vielä on varhaista arvioida esimerkiksi sitä, missä mitassa jo tehdyt parannukset vähentävät uhanalaisuutta.
- Hienojakoiseen luokitteluun perustuva suhteellisen harvinaisten rakennepiirteiden (esimerkiksi keskilaohoasteen haapamaapuut) tutkimus koskien niistä riippuvaista lajistoa ja suhdetta metsätalouteen.
- Metsänlannoituksen vaikutukset etenkin taantuneeseen lajistoon vaativat kiireesti tutkimuksia. Lannoitus on ollut esillä etupäässä puuston kasvun tehostamisen ja sitä kautta hiilivaraston ja hiilensidonnan parantamiskeinona; tiedetään jo, että sekä tuhka- että typpilannoitus muuttavat kenttäkerroskasvillisuutta ja ovat ongelmallisia myös päätyessään vesistöihin.
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset lajistoon (ja puuntuotantoon) sekä monimuotoisuuden lisäämisen potentiaali lajiston (ja puuntuotannon) resilienssin kasvattamisessa.
- Kansalaisaktiivisuuden käyttömahdollisuuksia esimerkiksi lajien esiintymistietojen keruussa olisi syytä selvittää tarkemmin (Löhmus ym. 2023).
- Pitkäaikaisseurantoja ja -tutkimusta tarvitaan lisää etenkin skenaarioennusteiden testaamiseksi ja monien ekologisten pitkäaikaisprosessien, kuten sukupuuttovelka, dokumentoimiseksi.

## 3.2 Näkökulma: Vesistövaikutukset

*Mika Nieminen, Sakari Sarkkola, Leena Stenberg, Aura Salmivaara ja Sirpa Piirainen*

### 3.2.1 Taustaa

Viime vuosina on julkaistu useita tutkimustuloksia, joiden mukaan metsätalous ja erityisesti metsäojitus aiheuttavat huomattavasti suurempaa vesistökuormitusta kuin ajateltiin vielä muutamia vuosia sitten (Nieminen ym. 2017b, 2018, 2020a, 2022). Kun ojituksen aiheuttaman fosfori- ja typpikuormituksen ajateltiin aiemmin kattavan 1–3 % kaikesta ihmisperäisestä kuormituksesta (Finér ym. 2010), nykyarvioissa sen osuudeksi on esitetty 14–20 % (Nieminen ym. 2020a). Lisäksi on havaittu, että vesistökuormitus ojitetuilta soilta edelleen kasvaa (Nieminen ym. 2017b, 2018, 2022, Räike ym. 2019). Huomattavaksi ongelmaksi on muodostunut myös orgaanisen aineen ja raudan vesistökuormituksen kasvu, mikä on aiheuttanut muun muassa vesistöjen laaja-alaista tummumista (Finstad ym. 2016).

Aiemmin ajateltiin, että orgaanisen aineen lisääntyneen huuhtoutumisen ja vesistöjen tummumisen taustalla olisi lähinnä ilmastonmuutos tai happaman laskeuman väheneminen, mutta viimeaikaisten tutkimusten perusteella myös metsät ja metsätalous ovat kiihdyttäneet vesistöjen tummumista. Metsät ovat ”vihertyneet” ja vesistöt ovat samanaikaisesti ”ruskettuneet” eli tummuneet (Finstad ym. 2016). Metsien ”vihertymisellä” tarkoitetaan sitä, että metsien kasvun ja puumäärän lisääntyminen, aukeiden alueiden metsittäminen ja metsien kuusettuminen ovat lisänneet orgaanisen aineen, esimerkiksi neulas- ja juuristokarikkeen määrää metsissä, mikä puolestaan on lisännyt orgaanisen aineen huuhtoutumista (Škerlep ym. 2021, Williamson ym. 2021).

Suomessa metsäojituksella on todennäköisesti ollut ja on edelleen merkittävä orgaanisen aineen huuhtoutumista ja vesien tummumista kiihdyttävä vaikutus. Ojitetuilla soilla orgaanisen aineen pitoisuudet valumavesissä ovat 25–30 % suurempia kuin luonnontilaisilla soilla (Nieminen ym. 2021). Lisäksi ojitetuilta soilta on huuhtoutunut järviin ja jokiin orgaanista kiintoainetta, kuten turvetta, joka vähitellen vesistössä hajotessaan voi muiden ongelmien ohella aiheuttaa vesistön tummenemista. Ojitus on todennäköisesti lisännyt vesistöjen tummumista myös siksi, että se on luonut suoria virtausreittejä soilta vesistöihin eli vesien suotautuminen matkalla metsistä ja soilta jokiin ja järviin ei enää nykyisin ole samalla tavalla mahdollista kuin ennen ojituksia. Orgaanisen aineen kasvava kuormitus ei ole haitallista pelkästään vesiensuojelun näkökulmasta, vaan se myös lisää hiilidioksidi- ja metaanipäästöjä vesistöistä ilmakehään (Asmala & Scheinin 2023).

Samalla kun metsätalouden merkityksestä vesistöille on saatu uutta tietoa, myös ymmärrys vesiensuojelumenetelmien ja eri metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksesta kuormitukseen on kasvanut. On muun muassa kehitetty prosessimalleja, joiden avulla voidaan arvioida vaihtoehtoisten metsänkäsittelymenetelmien, suojavyyhykkeiden ja ojien madaltamisen tai syventämisen vaikutusta kuormitukseen (Laurén ym. 2021a, 2021b) sekä kokeellisia malleja vesiensuojelumenetelmien tehokkuudesta suhteessa metsätalouden aiheuttamaan ravinnekuormitukseen (Nieminen ym. 2024a). Ongelmana on, että tutkittu tieto on hyvin hajanaista, eikä esimerkiksi eri vesiensuojelumenetelmien keskinäistä paremmuutta tunneta kunnolla.

### **3.2.2 Toteutus**

Tämän työn tarkoitus on koota yhteen olemassa oleva tieto eri metsänkäsittelymenetelmien ja vesiensuojeluratkaisujen vaikutuksesta metsätalouden aiheuttamaan vesistökuormitukseen. Työn tulosten perusteella esitetään suositukset siitä, miten metsiä tulisi käsitellä ja mitä vesiensuojeluratkaisuja käyttää, jotta metsätalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta pystyttäisiin vähentämään kustannustehokkaasti.

Työn tulokset toimivat myös syöttötietoina niille projektin tehtäville, joissa selvitetään eri metsänkäsittelytapojen ja vesiensuojeluratkaisujen vaikutusta puuston kasvuun ja tuotukseen talousmetsissä. Esimerkiksi ojitettujen soiden ennallistaminen vesiensuojelukosteikoiksi vähentää vesistökuormitusta, mutta samalla myös puuston kasvua. Työn tuloksia voidaan edelleen hyödyntää arvioitaessa sitä, milloin vesiensuojelu edistää myös ilmasto- ja monimuotoisuustavoitteita, ja milloin eri tavoitteiden välillä on ristiriitaa. Työssä hyödynnetään sekä julkaistuja tutkimustuloksia että myös käynnissä olevissa hankkeissa tuotettuja ennakkotuloksia.

Työ rajataan koskemaan metsätalouden vesistökuormituksen vähentämistä eri menetelmin eli metsätalouden aiheuttamia vesiekologisia vaikutuksia tai esimerkiksi vesistöjen tilan parantamista ruoppaamalla tai virtavesiä kunnostamalla ei tässä yhteydessä käsitellä.

### **3.2.3 Metsätalouden aiheuttaman vesistökuormituksen vähentäminen**

Metsätalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan periaatteessa torjua kahdella tavalla: 1) toimenpiteet voidaan suunnitella ja mitoittaa niin, että kuormitusta ei synny tai se on hyvin vähäistä, ja 2) kuormitusta voidaan torjua pidättämällä ravinteet vesiensuojelurakenteen avulla ennen kuin ravinteet purkautuvat soilta ja metsistä vesistöihin. Toistaiseksi metsätalouden vesiensuojelussa on keskitytty lähinnä jälkimmäiseen vaihtoehtoon, vaikka kuormituksen synnyn ehkäisy olisi usein kustannustehokkaampaa kuin esimerkiksi ojavesiin päätyneiden ravinteiden tai orgaanisen aineen pidättäminen. Seuraavassa käsittelemme näiden kahden vaihtoehdon toteuttamiseen liittyviä mahdollisuuksia ja rajoitteita metsävaluma-alueilla.

#### **3.2.3.1 Kuormituksen synnyn ehkäisy**

Suomessa avainasemassa kuormituksen synnyn ehkäisyssä on kunnostusojituksen tarpeellisuuden kriittinen arviointi. Ojitusten vesistövaikutukset ovat niin merkittäviä, ettei ojituksia tulisi koskaan tehdä muulloin kuin silloin, kun ne ovat ehdottoman välttämättömiä puuston kasvun ja terveyden näkökulmasta, eivätkä aiheuta vakavia ympäristöhaittoja. Ojituksia on kuitenkin tehty tarpeettomasti laajoilla pinta-aloilla siksi, että valtion tukema ojitusten suunnittelu ja toteuttaminen on ollut kannattavaa liiketoimintaa. Tarpeettomiin ojituksiin on johtanut erityisesti se, että ojitusten suunnittelua ja toteuttamista on tuettu ojakilometriperusteisesti.

Nykyinen metsätalouden kannustinjärjestelmä (METKA) ei enää tue ojitusten toteuttamista, vaan ainoastaan suunnittelua osana suometsien hoitosuunnitelman kokonaisuutta. Ojitusten toteuttamistuen loppuminen johtaa todennäköisesti siihen, että valtion tukemana tarpeettomia ojituksia ei enää tehdä. Tuen puuttuminen ei kuitenkaan estä metsänomistajia tekemästä niitä omilla varoillaan, kuten tiedotusvälineistä on luettu (Saavalainen 2024). Paras tapa torjua tarpeettomia ojituksia olisi tehdä ojitukset luvanvaraisiksi. Tällöin olisi mahdollista kieltää ojitus silloin, kun sen taloudellinen kannattavuus on epävarma tai kun ojitus vaarantaa vesistön tilan. Tämä kuitenkin vaatisi muutoksia vesilainsäädäntöön.

Ojituksia suunniteltaessa tulisi myös aina ottaa huomioon ojitusalueen todellinen kuivatus-tarve, jonka yksi tärkeimmistä indikaattoreista on puuston määrä ojitusalueella. Mikäli puuston määrä Etelä-Suomessa ylittää 125 m<sup>3</sup>/ha, ojien kunnostus ei enää todennäköisesti ole tarpeen siksi, että puuston haihdunta ylläpitää kuivatustilaa silloinkin, kun ojaverkosto on huonossa kunnossa (Sarkkola ym. 2010). Kunnostusojitusten välttäminen on tarpeellista paitsi vesiensuojelun näkökulmasta myös siksi, että uusi tai perattu ojasto toimii metaanin lähteenä, kun taas vanhoissa sammaloituviissa ojissa metaanipäästöt vähitellen vähenevät (Rissanen ym. 2023). Käytännön ojitustoimissa puuston määrää yhtenä kunnostusojitustarpeen kriteerinä ei kuitenkaan ole otettu yleisesti huomioon (Ari Nikkola, suullinen tiedonanto).

Myös ojaverkoston kunto tulisi arvioida kriittisesti ennen kuin ojitukseen ryhdytään. Mikäli ojien syvyys on enemmän kuin 50–70 cm, oja ei välttämättä ole syytä kunnostaa silloinkaan, kun haihduttavaa puustoa on suhteellisen vähän (Hökkä ym. 2021). Maatuneessa turpeessa veden johtuminen on hidasta ja maatumisen yleensä lisääntyy turveprofiilissa ylhäältä alaspäin. Ojien syventäminen eli ulottaminen pitkälle maatuneisiin turvekerroksiin ei siksi välttämättä lisää niiden kuivatustehoa lainkaan.

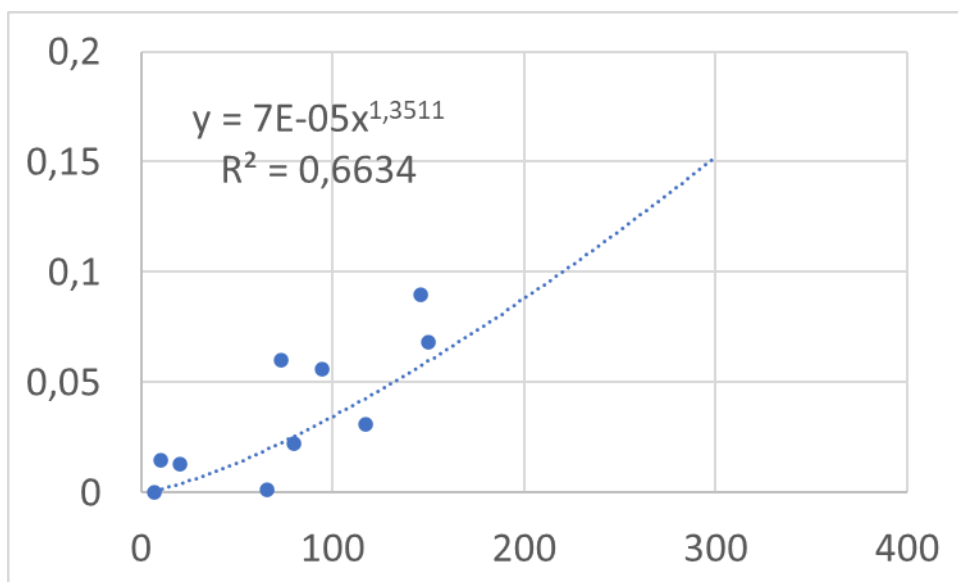
Myös turpeen alaisen pohjamaan laatu on syytä tuntea erityisesti ohutturpeisilla soilla. Pohjamaan ollessa savea tai muuta vettä huonosti johtavaa maa-ainesta oja ei tule ulottaa syvälle, koska saveakaan ei voi kuivattaa tehokkaasti syvillä metsäojilla. Lisäksi savimaassa ojaerosio on huomattavan suurta. Pohjamaan ollessa karkeaa kivennäismaata oja ei silloinkaan tule ulottaa syvälle, koska suo kuivuu riittävästi jo silloin, kun ojat läpäisevät kivennäismaan päällä olevan turpeen.

Eryteisesti runsasvetisten valtaojien kunnostamista on syytä aina välttää, koska niissä ojaerosion riski on huomattavan suuri. Mikäli ojissa on jo havaittavissa eroosiota, niiden kunnostaminen on syytä jättää tekemättä ja sen sijaan suunnitella ojiin eroosiota hillitseviä patoratkaisuja (Marttila & Klöve 2010, Marttila ym. 2010).

Voimakkaasti syöpyneiden ojien tunnistaminen ja näiden ojien patoaminen eroosion hillitsemiseksi voisikin monilla alueilla olla yksi tehokkaimpia "täsmävesiensuojelun" keinoja parantaa vesistöjen tilaa metsävaluma-alueilla. Valuma-aluekunnostushankkeissa, joita esimerkiksi vesiensuojeluyhdistykset, Metsähallitus ja yksityiset kunnostustoimijat ovat toteuttaneet, eroosion torjuntaa oja patoamalla on tehty, mutta metsätalouden yleisenä toimenpiteenä syöpyvien ojien patoamisesta ei ole juurikaan keskusteltu. Metsätaloudessa vesiensuojelua on toteutettu eri metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä eli esimerkiksi silloin, kun suoalueen ojat on kunnostettu. Eroosio voi kuitenkin olla huomattavasti voimakkaampaa esimerkiksi savipohjaisissa kauan sitten kunnostetuissa ojissa kuin äskettäin kunnostetuissa turvepohjaisissa ojissa (Nieminen ym. 2017a). Siksi "täsmäratkaisuilla" vesiensuojelu voisi olla huomattavasti kustannustehokkaampaa kuin toteuttamalla vesiensuojelua rutiininomaisesti esimerkiksi perustamalla laskeutusallas tai virtaamansäätöpato aina, kun tehdään kunnostusojitus.

Vesistökuormitusta voidaan torjua tehokkaasti myös säätelemällä hakkuiden voimakkuutta joko poistettavan puuston määrää tai käsittelypinta-aloja rajoittamalla. Toistaiseksi vain ojitettujen soiden osalta on olemassa tutkimustuloksia siitä, miten valuma-alueelta poistettavan puuston määrää säätelemällä on mahdollista vähentää typpi- ja fosforikuormitusta (Nieminen ym. 2023). On kuitenkin oletettavaa, että myös kangasmailla kerralla tai peräkkäisinä vuosina poistettavan puuston määrää säätelemällä voidaan vaikuttaa vesistökuormitukseen (Kuva 18). Poistettavan puuston määrän ja vesistökuormituksen välinen yhteys on looginen: puuston

ravinteidenotto vähenee ja hakkuutähteiden sekä hajoavan juuriston määrä kasvaa sitä enemmän, mitä enemmän puustoa poistetaan. Puuston poisto vähentää myös metsikköhaiduntaa ja seurauksena hakkuualueen alavat osat voivat vettyä, mikä taas voi lisätä erityisesti hapettomissa olosuhteissa vapautuvien aineiden huuhtoutumista (Kaila ym. 2014, Nieminen ym. 2024b).



**Kuva 18.** Valuma-alueelta 3–4 vuoden aikana avohakkuun jälkeen huuhtoutuvan fosforin määrä (y-akseli, kg/ha/vuosi) suhteessa valuma-alueelta poistetun puuston määrään kangasmailla (x-akseli, m<sup>3</sup>/ha). Aineistona ovat Suomessa tutkitut Kivipuron, Koivupuron, Kangasvaaran, Iso-Kauhean, Lehmikorvenojan, Porraskorven, Paroninkorven ja Korsukorven valuma-alueet (Haapanen ym. 2006, Mattsson ym. 2006a, 2006b, Palviainen ym. 2014) sekä Ruotsissa tutkitut valuma-alueet (CC ja BS) julkaisusta Löfgren ym. (2009).

Vesistökuormitusta on mahdollista vähentää myös metsiköiden kiertoaikaa pidentämällä, jolloin huomattavaa vesistökuormitusta aiheuttavia avohakkuuta tehdään harvemmin (Nieminen ym. 2024a). Kangasmailla siirtyminen kokonaan avohakkuuttomaan metsätalouteen eli jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen pudottaisi vesistökuormituksen hyvin alhaiseksi, mutta ojitusalueilla vähenemä olisi korkeintaan 20–40 % (Nieminen ym. 2023, 2024a). Ojitusalueilla jatkuvapeitteisen kasvatuksen edullisuutta tasaikäisrakenteiseen metsänkasvatukseen verrattuna pienentää ojituksen pitkäaikaiskuormitus eli ojituslisä, johon metsänkasvatustavalla vaikuttaisi pitkällä aikajaksolla olevan vain vähän vaikutusta. Yhtenä syynä tähän näyttäisi olevan se, että vaikka jatkuvan kasvatuksen hakkuut nostavat vedenpintaa, nousu ei ole niin suuri, että se merkittävästi hidastaisi turpeen hajoamista. Arviot metsänkasvatustapojen vaikutuksista kuormitukseen perustuvat toistaiseksi lähinnä simuloiteihin ja prosessimallinnuksiin (Nieminen ym. 2023, 2024a). Kokeellista tutkimusta esimerkiksi jatkuvapeitteisen kasvatuksen ja siihen liittyvien yläharvennusten ja pienaukkojen vesistövaikutuksista on tehty vasta vähän ja ainoastaan turvemailla (Nieminen ym. 2024c).

Päättehakkuisiin perustuvassa metsätaloudessa maanmuokkaus on tyypillisesti tarpeen ja käytettävillä maanmuokkausmenetelmillä vaikutetaan kuormitukseen. Maanmuokkausmenetelmistä ojitus- ja naveromätästykset ovat vesistövaikutuksiltaan rinnastettavissa ojituksiin, sillä niissäkin kaivetaan ojia, joissa voi tapahtua eroosiota. Muita mätästysmenetelmiä ovat laikku- ja kääntömätästys, joissa ei muodostu veden johtamiseen tarkoitettuja uomia.

Mätästysmenetelmiä käytetään sekä kangas- että turvemaiden uudistusaloilla. Mätästysten pinta-alat ovat tasaisesti kasvaneet, se on ollut suosituin maanmuokkausmenetelmä vuodesta 2006 alkaen ja vuonna 2022 sen osuus kaikista uudistusalojen maanmuokkauksista oli jo 76 %. Tilastoista ei kuitenkaan selviä mikä oli ojitus- tai naveromätästysten osuus kaikista mätästyksistä (<https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>).

Kunnostusojitusten määrän laskiessa ojitus- ja naveromätästysten merkitys vesistöjen kuormittajana koko ajan kasvaa. Erityisesti hienojakoisilla mailla ojitusmätästykset voivat aiheuttaa huomattavaa vesistökuormitusta (Nieminen 2003). Kuitenkaan esimerkiksi kangasmaiden ojitus- tai naveromätästysten vesistökuormituksesta ei ole tehty ainoatakaan tutkimusta. Ojitusmätästyksestä ei tarvitse tehdä vesiensuojelullista ilmoitusta, eikä siltä edellytetä vesiensuojelutoimenpiteitä, vaikkakin niitä suositellaan metsänhoito-ohjeissa. Jatkuvan kasvatuksen käyttö turvemaidella ja alavilla kangasmailla olisi todennäköisesti hyvin tehokasta vesiensuojelua juuri siksi, että metsänuudistamisen liittyviä ojituksia ja mätästyksiä ei enää tehtäisi.

Kuormituksen synnyn ehkäisyyn liittyy myös toimenpiteiden suunnittelu niin, että vähennetään riskiä huuhtoumien synnylle esimerkiksi hakkuiden, maanmuokkausten ja ojitusten yhteydessä. Ojitukset ja veden johtamiset tulisi aina tehdä vähävetiseen aikaan ja ”ylhäältä alaspäin” eli niin, että ojituksen synnyttämä kuormitus voi perattavissa ojissa pidättyä alapuolisiin vielä perkaamattomiin ojiin. Ojiin pitäisi aina myös jättää kokonaan perkaamattomia ojakatkoja (Haahti ym. 2018). Myös maanmuokkauksissa vältetään uusien eroosioherkkien vesiuomien muodostumista. Maanmuokkauksessa tuhoutuu myös hakkuusta selvinnyttä pintakasvillisuutta, joka estää eroosiota ja pidättää hakkuutähteistä vapautuvia ravinteita (Palviainen ym. 2007). Kuormituksen minimoimiseksi maanmuokkausta olisi tehtävä uudistusalalla vain pienialaisesti.

Hakkuissa on myös tärkeää tunnistaa alavat eroosioherkät maastopainanteet ja välttää näiden rikkomista raskailla hakkuukoneilla. Toisaalta, mikäli nämä alueet hakkuun jälkeen ojitusmätästetään, ei niiden varomisella hakkuiden yhteydessä ole juurikaan vesiensuojelullista merkitystä. Kuormituksen riskikohteilla olisi harkittava hakkuista pidättäytymistä ja jätettävä alueet monimuotoisuus- ja luonnonhoitokohteiksi. Hyvin tärkeää eroosion synnyn ehkäisemiseksi on myös jättää norojen ja purojen ympärille sekä rantametsiin suojavyöhykkeet, joilla vältetään raskaiden hakkuukoneiden käyttöä.

### **3.2.3.2 Kuormituksen pidättäminen vesiensuojeluratkaisuin**

Suomen olosuhteissa kuormituksen pidättäminen vesiensuojeluratkaisuin on hyvin haasteellista, sillä valtaosa valunnoista ja kuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella. Viime vuosina esimerkiksi talvikauden sulajaksot ovat kattaneet hyvin suuren osan koko vuoden valunnoista ja kuormista, kun taas kesäaikaiset valunnat ovat olleet hyvin alhaisia. Tämä vaikeuttaa merkittävästi esimerkiksi vesien biologista puhdistamista, joka voi olla tehokasta vain lämpimään aikaan.

Lisäksi, vaikka kokonaistypen, kokonaisfosforin ja orgaanisen kokonaishiilen pitoisuudet taolousmetsien valumavesissä ovat selvästi korkeampia kuin luonnontilaisten metsien (Finér ym. 2020), ne ovat kuitenkin suhteellisen alhaisia samalla, kun metsistä ja soilta purkautuvat vesimäärät ovat suuria. Kiintoaineen ja ravinteiden pidättäminen silloin, kun pitoisuudet ovat alhaisia, mutta valuvat vesimäärät suuria on hyvin vaikeaa. On myös yleistä, että kiintoaine sekä

veteen liuenneet epäorgaaniset ja orgaaniset yhdisteet vaativat erityyppisiä ratkaisuja, yksi ratkaisu harvoin pidättää kaikkea kuormitusta.

Kunnostusojituksen yleisimmät vesiensuojeluratkaisut ovat laskeutusaltaat ja virtaamansäätöpäädöt, jotka vähentävät tehokkaimmin kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden huuhtoutumista. Kuitenkin ne toimivat lähinnä vain silloin, kun altaaseen tai padolle tuleva kuormitus on suhteellisen suurta. Mutta silloin, kun kuormitus kunnostusojitusalueilla on keskimääräisellä tasolla, niistä ei ole juurikaan hyötyä (Nieminen ym. 2024a). Siksi esimerkiksi padotusta tulisi pikemminkin käyttää edellä esitetyllä tavalla eräänlaisena ”täsmäratkaisuna” voimakkaasti syöpyvissä valtaojissa kuin rutiininomaisesti kaikissa valtaojissa.

Valtaosa metsätalouden aiheuttamasta kuormituksesta on liuenneita epäorgaanisia ja orgaanisia yhdisteitä, joiden pidättäminen on huomattavasti vaikeampaa kuin kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden. Käyttämällä keskimääräisiä arvioita ojituksen pitkäaikaiskuormitukselle (Nieminen ym. 2020a) sekä hakkuiden, lannoitusten ja kunnostusojituksen aiheuttamalle kuormitukselle (Nieminen ym. 2023, 2024a) ja olettamalla, että vain kunnostusojitus aiheuttaa merkittävää eroosiota saadaan tulokseksi, että alle 10–20 % tavanomaisen ojitusalueen kuormituksesta on partikkelimaista kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia. Perinteisesti vesiensuojelulla metsätaloudessa on kuitenkin pyritty vähentämään juuri partikkelimaista kuormitusta. Liuenneiden ravinteiden aiheuttaman kuormituksen pidättäminen on vaikeampaa ja siihen on kiinnitetty selvästi vähemmän huomiota.

Ravinteiden pidättymistä altaisiin tai ojiin on viime aikoina pyritty parantamaan tehostamalla biologisista puhdistusta, muun muassa lisäämällä niihin puuainesta (Vuori ym. 2021). Ajatuksena on, että vedenalaisilla puupinnoilla kasvava päällyskasvusto sitoo altaan ravinteita, ja ravinteita poistuu vedestä maalle kasvustoa ravintonaan käyttävien sammakoiden tai vesihyönteisten mukana. Biologinen puhdistus voi toimia tehokkaasti kuitenkin vain biologisesti aktiivisena lämpimänä, mutta samalla vähävetisenä aikana. Suurimpien valuntojen ja ravinnevirtaamien aikaan myöhäissyksyllä, talvella ja keväällä puun lisäämisestä vesiin ei liene merkittävää hyötyä.

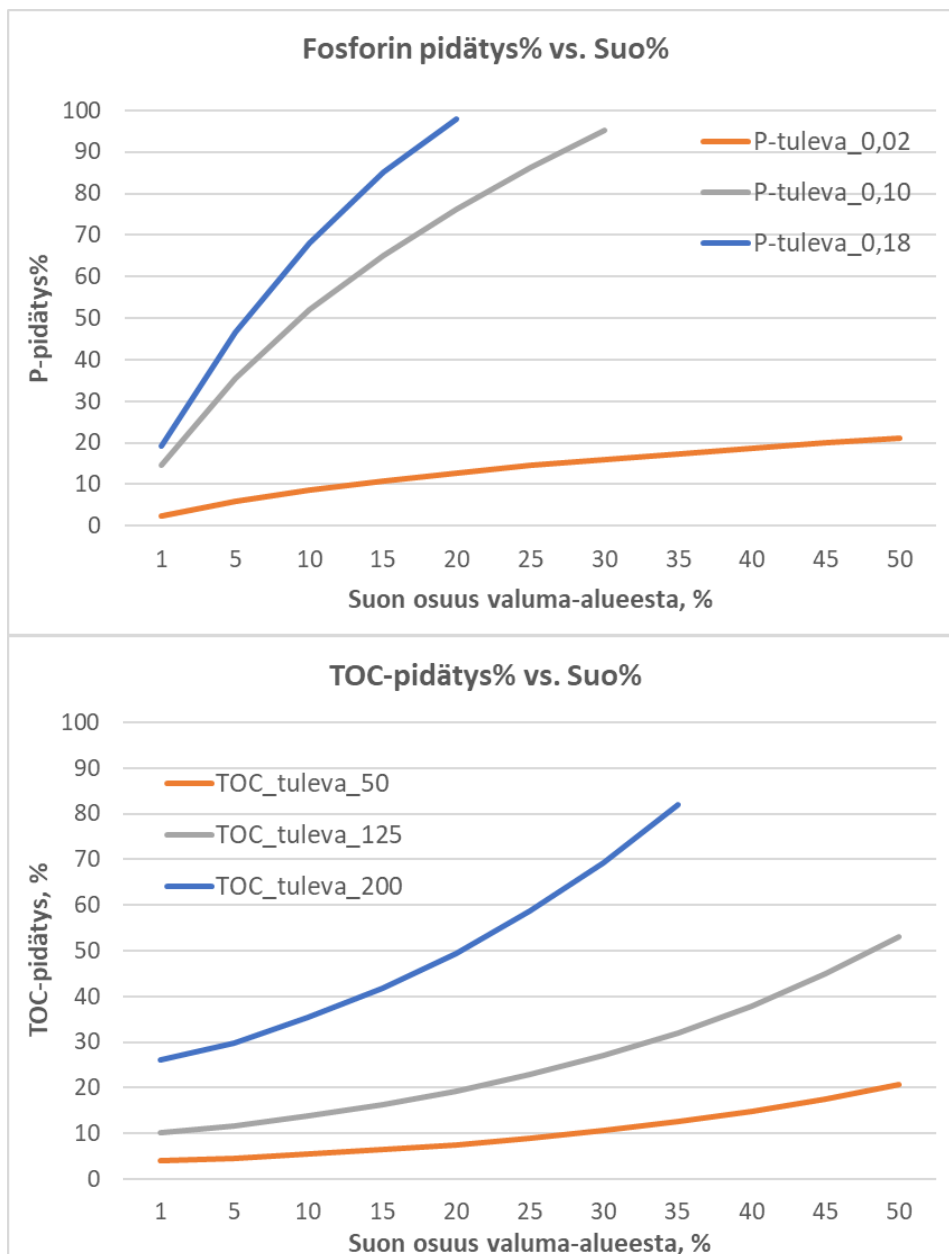
Myös muut ojiin ja laskeutusaltaisiin lisättävät ravinteita pidättävät tai poistavat materiaalit, kuten biohiilestä tai hakkeesta tehdyt suodattimet toimivat vain sulan maan aikaan. Talvi ja pakkasjaksot jäädyttävät rakenteet ja ne voivat olla jäässä silloin, kun ravinnevirtaamat ovat suurimmillaan talven sulajaksojen tai kevään lumensulamisesien aikaan. Huokoisten pidätysaineiden osalta ongelmana on myös ojiin päätyvä metsäkarike ja ojissa virtaava kiintoaine ja humus, jotka voivat tukkia materiaalien huokokset nopeasti. Ravinteita pidättävillä materiaaleilla ei kenttäoloissa ole tähän mennessä saatu merkittävää hyötyä metsätalousalueilla (Karosto 2016, Mosquera ym. 2024). Yleensä ne ovat tehokkaita lähinnä silloin, kun pitoisuudet vesissä ovat huomattavan korkeita ja vesimäärät alhaisia eli lähinnä yksittäisen pistekuormittajan tapauksissa.

Turvemaametsien vesiensuojeluratkaisujen tehokkuuteen vaikuttaa myös turpeen maatumisen kuivatuksen ja turpeen kuivumisen takia, mikä lisää sen eroosioalttiutta (Tuukkanen ym. 2014). Hiljattain ojitetuilla soilla turve on vielä maatumatonta, sitkeää ja karkeajakoista, jolloin se vastustaa veden virtauksen aiheuttamaa eroosiota. Mutta mitä pidemmälle turve maatuu, sen hienojakoisemmaksi se muuttuu ja sitä helpommin vesi saa sen liikkeelle. Nykyisillä ojitusalueilla turve on usein jo pitkälle maatunutta, jolloin esimerkiksi laskeutusaltaat ja liete-kuopat voivat jopa pikemminkin lisätä kuin vähentää kiintoainekuormitusta niissä tapahtuvan

erosion takia. Myös turvekerroksen ohentuminen turpeen painumisen ja maatumisen myötä kasvattaa eroosioriskiä, sillä ohutturpeisella suolla altaiden ja lietekuoppien kaivamisen todennäköisyys ulottua turpeen alla olevaan eroosioherkkään mineraalimaahan kasvaa (Niemi-  
nen ym. 2017a). Joissakin tapauksissa laskeutusaltaiden on todettu kasvattaneen eroosiota merkittävästi (Joensuu ym. 1999).

Edellä kuvatuista syistä lähinnä vain laajat pintavalutuskosteikot, kuten luonnontilaiset suot voivat toimia tehokkaana vesiensuojeluratkaisuna (Kuva 19). Niiden etuna on veden pitkäaikainen viipymä, mikä mahdollistaa kiinteän kontaktin vesissä virtaavien aineiden ja pidätysprosessien, kuten kasvillisuuden ravinteiden oton ja turpeen ravinteiden pidätyksen välillä. Pitkä veden viipymä mahdollistaa myös sen, että esimerkiksi talvikaudella kosteikolle virranneet ravinteet voivat olla kosteikolla edelleen, kun niitä poistavat biologiset tai kemialliset prosessit aktivoituvat lämpimämpään aikaan. Kosteikoihin verrattuna useimpien vesiensuojeluratkaisujen, kuten laskeutusaltaiden, kaksitasouomien tai hyvin pienten pintavalutus kenttien veden viipymä on lyhyt, mistä syystä niiden vesiensuojelullinen hyötykin jää vähäiseksi.

Kosteikoiden haasteena on kuitenkin se, että samalla kun ne voivat poistaa vesistä orgaanista ainetta, niillä kasvavat suokasvit myös tuottavat orgaanista hiiltä valumavesiin (Dasgupta ym. 2015). Siksi tehokas orgaanisen hiilen poisto valumavesistä (> 50 % pidätysteho) näyttäisi edellyttävän hyvin suuria kosteikoita, kun taas fosforin pidätys voi olla tehokasta jo silloin, kun kosteikko kattaa 5–10 % valuma-alueesta (Kuva 19). Pidätystehoon vaikuttaa myös kosteikolle tulevan kuormituksen määrä eli ne eivät ole tehokkaita tilanteessa, jossa tuleva kuormitus on jopa alhaisempaa kuin tyypillinen kosteikon synnyttämä kuormitus (Kuva 19, alin oranssi kuvaaja). Toisaalta vedet ovat silloin niin puhtaita, ettei niiden puhdistamiseen enää ole erityistä tarvetta.



**Kuva 19.** Fosforin ja orgaanisen hiilen (TOC) pidättyminen luonnontilaisille soille suhteessa suon alaan (% valuma-alueen pinta-alasta) ja suolle tulevaan kuormitukseen (kg/ha/vuosi) Niemisen ym. (2024b) tutkimuksessa.

Tehokkaan pidätyksen edellyttämä iso pinta-ala merkitsee sitä, että kosteikoita voidaan käyttää käytännön metsätaloudessa vain fosforin pidätykseen. Orgaanisen aineen tai typen tehokkaaseen pidätykseen vaadittavat pinta-alat ovat niin suuria (Nieminen ym. 2024b), ettei metsävaluma-alueella useinkaan ole riittävästi esimerkiksi luonnontilaisia soita, joiden avulla valumavesiä voitaisiin puhdistaa. Orgaanisen aineen ja typen osalta onkin tärkeämpää estää niiden huuhtoutumista metsistä ja soilta (kappale 3.1) kuin yrittää pidättää niitä vesiensuojeluratkaisujen avulla (katso myös Härkönen ym. 2023). Ojitusten, ojitusmätästysten ja laaja-alaisen avohakkuiden välttäminen on siinä avainasemassa.

Kosteikoiden käytössä vesiensuojeluratkaisuna on myös se ongelma, että luonnontilaiset kosteikot on pääosin menetetty ojitusten myötä. Silloin, kun kosteikko rakennetaan ennallistamalla osa ojitettua suota, ongelmana on, että ennallistaminen aluksi lisää vesistökuormitusta

(Vasander ym. 2003, Nieminen ym. 2020b). Ennallistamisen aiheuttaman kuormituksen laatu, määrä ja kesto tunnetaan toistaiseksi puutteellisesti. Ennallistamisen aiheuttaman fosforikuormituksen määräksi on yleensä arvioitu 1–3 kg ennallistettua hehtaaria kohden (Koskinen ym. 2011), mutta paljon suurempiakin kuormia on raportoitu joiltakin soilta (Koskinen ym. 2017).

Ennallistamisen vesistövaikutusten arviointia vaikeuttaa erityisesti se, että ennallistamisalueiden hydrologiaa ei välttämättä saada palautettua samanlaiseksi kuin luonnontilaisilla soilla. Mikäli vedenpinta ei nouse tarpeeksi, ennallistetulta alueelta voi huuhtoutua ravinteita enemmän kuin luonnontilaisilta soilta siksi, että turpeen hajotus ja ravinteiden vapautuminen yhä jatkuu. Mikäli taas suon vedenpinta nousee korkeammalle kuin vastaavilla luonnontilaisilla soilla, pintaturpeesta voi huuhtoutua ravinteita ja orgaanista ainesta, joita luonnontilassa ei huuhtoutuisi.

Pitkällä aikajaksolla tarkasteltuna ennallistetut kosteikot kuitenkin aina vähentävät metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta paitsi siksi, että ne pidättävät niille tulevaa kuormitusta myös siksi, että niillä syntyy alkuvaiheen jälkeen vähemmän kuormitusta ennallistettuna kuin metsätalouskäytössä. Erityisen hyödyllistä ojitusalueen ennallistaminen vesiensuojelukosteikoksi voi olla fosforikuormituksen vähentämisen näkökulmasta. Mikäli fosforikuormitus on tyypillistä ojitettujen soiden kuormitusta vastaavalla tasolla (noin 0,1 kg/ha/vuosi, Nieminen ym. 2020a) ja mikäli 5–10 % ojitettua suota ennallistetaan kosteikoksi, fosforin poistuma voi kuvan 19 yhtälön perusteella olla vuosittain jopa 0,5–0,7 kg ennallistettua suohehtaaria kohden.

Pienialaisuuden vuoksi myöskään vesistöjen kapeahkot suojavyöhykkeet eivät välttämättä pidä ravinteita erityisen tehokkaasti. On arvioitu, että tyypillisillä suojavyöhykeleveyksillä ravinteiden pidätyminen olisi vain 10–15 % esimerkiksi kangasmaan avohakkuun aiheuttamasta typpikuormituksesta (Miettinen ym. 2012). Todennäköisesti suojavyöhykkeiden tehoon vaikuttavat paljon paikalliset olosuhteet, kuten maaston kaltevuus, maalaji ja eroosioherkkyys. Korkeita pidätystekokkuuksia on mitattu lähinnä vain kiintoaineksen osalta (Shah ym. 2022). Suojavyöhykkeillä on kuitenkin niin merkittävä rooli metsien ja järvi- ja puroluonnon monimuotoisuuden näkökulmasta (Mykrä ym. 2023), että suojavyöhykkeiden perustaminen on perusteltua silloinkin, kun niillä on vain vähäinen kuormitusta vähentävä vaikutus.

### 3.2.4 Toimenpidesuosituks

Tekemämme kirjallisuusselvityksen perusteella ehdotamme metsätalouden vesiensuojelun tehostamiseksi seuraavaa:

1. Taloudellisesti heikosti kannattavien ja vesiensuojelun näkökulmasta haitallisten ojitusten välttämiseksi ojitukset tehdään luvanvaraisiksi vesilakia ja viranomaiskäytäntöjä muuttamalla
2. Valtion varoin tuettaviksi vesiensuojeluratkaisuiksi ei hyväksytä heikoiksi osoittautuneita menetelmiä, kuten laskeutusaltaita, eikä menetelmiä, joiden tehosta ei ole vertaisarvioitua tieteellistä näyttöä tai joiden tehokkuus on teoreettisestikin arvioiden vähäinen (kaksitasouomat, puun lisääminen vesiin)
3. Kunnostettaville ojille määritetään eri tilanteisiin enimmäismitat (syvyys, leveys), joita ei saa ylittää
4. Puuston määrä ojitusalueella otetaan huomioon kunnostusojitustarpeen arviointikriteerinä niin, että ojitusta ei enää tehdä alueilla, joilla on varttunutta puustoa

5. Voimakkaasti syöpyviin ojiin rakennetaan syöpymistä ehkäiseviä patorakennelmia. Lisätään tutkimusresursseja padotuksen vesistö-, ilmasto- ja metsätalousvaikutusten selvittämiseksi
6. Kunnostusojitusten ja ojitusmätästysten välttämiseksi ojitetuilla soilla ja alavilla kankailla suositetaan jatkuvaa kasvatusta avohakkuihin perustuvan tasaikäismetsätalouden sijaan
7. Samalla valuma-alueella ei tehdä samana tai peräkkäisinä vuosina laajoja avohakkuita
8. Tuetaan soiden ennallistamista sekä siihen liittyvää tutkimusta. Erityisesti panostetaan ennallistamisen pitkäaikaisvaikutusten seurantaan erilaisilla ennallistamisalueilla sekä ennallistamistuloksen laadun parantamiseen
9. Tuetaan vesiensuojelukosteikoiden perustamista ja soiden ennallistamista kosteikoiksi erityisesti alueilla, joilla fosforikuormitus on suurta, kuten ojitetuilla soilla
10. Tuetaan suojavyöhykkeiden perustamista sekä metsätalouden aiheuttaman kuormituksen vähentämiseksi että metsä- ja vesiluonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi.

### 3.3 Näkökulma: ilmastovaikutukset

*Leena Kärkkäinen, Aleksi Lehtonen, Jussi Lintunen, Aino Assmuth ja Sampo Pihlainen*

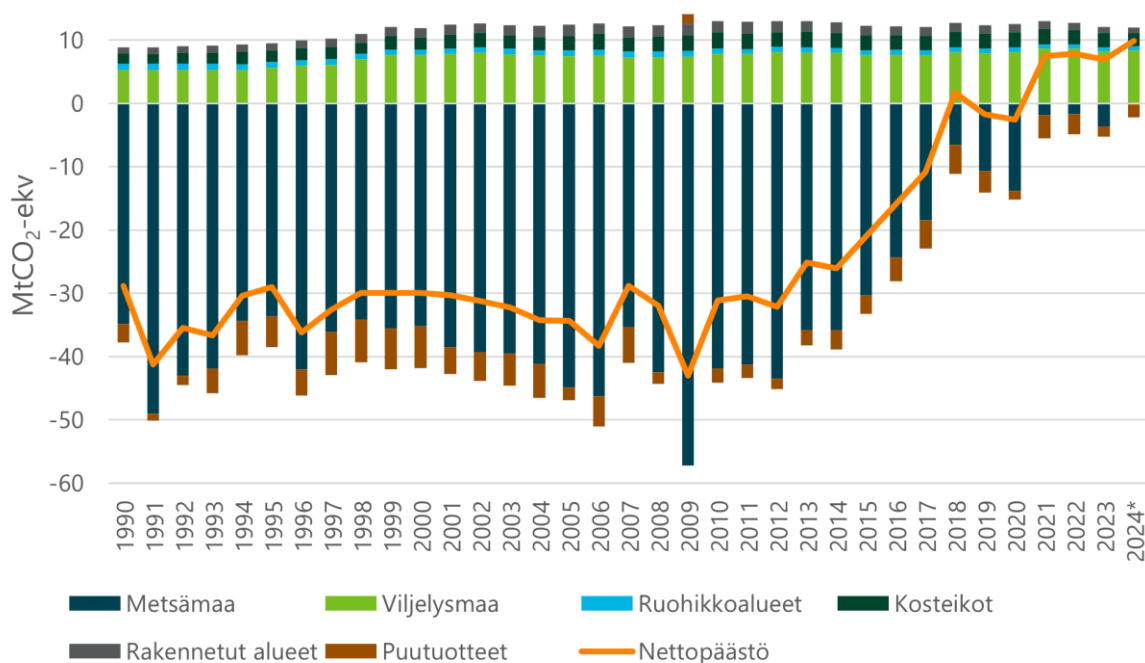
#### 3.3.1 Taustaa

Hiilinieluilla tarkoitetaan mitä tahansa prosessia, joka poistaa ilmakehästä hiiltä ja siten pienentää ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuutta. Hiilinielut voidaan jakaa maankäytön, luontaisiin ja teknisiin nieluihin. Maankäytön nielut perustuvat ihmisen tekemiin, maankäyttöä suoraan muuttaviin toimenpiteisiin. Maankäytön nieluja voidaan lisätä esimerkiksi puuttomien alueiden metsittämisen tai aikaisemmin raivattujen alueiden uudelleenmetsityksen kautta. Maankäytön muutoksesta voi aiheutua päästöjä, jos esimerkiksi metsää raivataan muuhun käyttöön, kuten pelloiksi. Lisäksi on lukuisia keinoja, joiden avulla voidaan vähentää maaperään liittyviä päästöjä (Lehtonen ym. 2021).

Luontaisten nielujen lähtökohta on yhteyttävien kasvien ja valtamerten kyky sitoa hiiltä ilmakehästä. Metsien hiilinielun suuruuteen vaikuttaa esimerkiksi puuston elinvoima, kasvillisuuden rakenne, hakkuut ja sääolot (Bäck 2022). Metsän tilavuuskasvu ja siten hiilensidonta on suurinta suhteellisen nuorissa metsissä mutta kasvu jatkuu hidastuvana pitkään (Vauhkonen ym. 2024). Kasvien kasvua lisäävillä toimenpiteillä voidaan tuottaa nieluja (esim. Palvi ym. 2025, Richy ym. 2025) ja lisäksi metsien maaperän kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi ojitetujen turvemaiden avohakkuita välttämällä (Lehtonen ym. 2023). Teknisillä nieluilla tarkoitetaan ilmakehästä sidotun hiilen muita varastointimuotoja kuin elävää biomassaa. Esimerkiksi pitkäikäiset puutuotteet ovat tekninen nielu.

Puustoon ja maaperään varastoituu hiiltä, joten ne toimivat hiilen varastoina. Hiiltä on varastoitunut eniten uudistuskypsiin metsiin, joiden runkotilavuuden kasvu on jo hidastunut, mutta joiden maaperään voi kertyä edelleen hiiltä. Myös puusta valmistettuihin tuotteisiin varastoituu hiiltä. Näillä tuotteilla ja puupohjaisilla energianlähteillä voidaan korvata fossiilisia materiaaleja ja energianlähteitä. Hakkuut ja luonnonpoistuma vapauttavat hiilidioksidia ilmakehään (Maa- ja metsätalousministeriö 2024a). Hakkuut poistavat puuta metsästä ja siten pienentävät sekä puuston hiilivarastoa että hiilinielua. Hakkuilla on siis suora hiilinielua heikentävä vaikutus. Maaperän hiilivarastojen pysyvyyteen vaikuttaa pieneliöiden toiminta. Hiili vapautuu varastoista hajottajaorganismien hengittäessä takaisin ilmakehään sitä nopeammin, mitä paremmat ovat olosuhteet pieneliöiden toiminnalle (Bäck 2022).

Vuosina 1990–2023 metsämaan hiilinielu on ollut Suomessa keskimäärin -26,4 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja puutuotteiden -3,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv (Tilastokeskus 2024). Viime vuosina metsämaan hiilinielu on vähentynyt (Kuva 20). Vuonna 2021 metsämaan nettonielu vähentyi alentuneen kasvun ja lisääntyneiden hakkuiden takia. Kasvun alenemiseen vaikuttaa muun muassa mäntymetsien ikärakenteen kehitys ja heikot kasvukaudet (Korhonen ym. 2022, Korhonen 2023).



**Kuva 20.** Maankäyttösektorin hiilinielujen kehitys Suomessa vuosina 1990–2024. Vuoden 2024 ennakkotiedot on tuotettu karkeammalla menetelmällä kuin varsinainen inventaario vuosina 1990–2023 (Tilastokeskus 2025).

Maankäyttösektorin suuret vuotuiset vaihtelut kasvihuonekaasupäästöissä muihin sektoreihin verrattuna johtuvat erityisesti metsäteollisuustuotteiden maailmanlaajuisesta kysynnästä, mikä heijastuu hakkuiden määrään (Ympäristöministeriö 2024a). Hakkuiden lisääntyminen 2020-luvun alussa ja mahdollisesti myös lähivuosina johtuu teollisuuden uusista investointipäätöksistä ja Venäjältä tapahtuneen puuntuonnin loppumisesta (Haakana ym. 2022). Toimet metsien kasvun vahvistamiseksi näkyvät vasta pitkän ajan kuluttua (Ympäristöministeriö 2024a).

EU on sitoutunut eurooppalaisen ilmastolain mukaisesti saavuttamaan hiilineutraalisuuden vuoteen 2050 mennessä sekä tavoittelemaan negatiivisia päästöjä tämän jälkeen. Suomen ilmastolakiin on kirjattu tavoite hiilinielujen kasvattamisesta hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi vuonna 2035 ja edelleen vuoden 2035 jälkeen (Ympäristöministeriö 2024b). EU:ssa tarkastellaan "maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous" -sektorin kasvihuonekaasupäästöjä ja -poistumia LULUCF-asetuksen mukaisesti. Päivitetystä asetuksesta on esitetty erilliset velvoitteet viisivuotiskauskoille 2021–2025 ja 2026–2030 (Maa- ja metsätalousministeriö 2024b).

Metsien laskennallinen nielu tai päästö saadaan vertaamalla velvoitekaudella toteutuneita poistumia määritettyyn vertailutasoon, jossa otetaan huomioon myös puutuotteiden nielu (Ympäristöministeriö 2024b). Metsien vertailutasoon verrataan vuosina 2021–2025

toteutunutta, kasvihuonekaasuinventaarion tuloksena saatua metsien hiilinielun kokoa. Vertailutason laskenta perustuu kauteen 2000–2009 ja metsien käsittelyn oletetaan jatkuvan tämän kauden kaltaisena vuoteen 2025 saakka (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2018). Metsätyksen ja metsäkadon päästöt lasketaan täysimääräisinä. Viisivuotiskaudella 2026–2030 velvoite perustuu inventaarion mukaiseen laskentaan ja Suomen nettonielutavoitteeksi on asetettu -2,9 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Tämän tulee olla lisäistä suhteessa toteutuneeseen vuosien 2016–2018 keskiarvonieluun (Ympäristöministeriö 2024b).

Euroopan komission vuonna 2022 vahvistama hoidetun metsämaan hiilinielun (mukaan lukien puutuotteet) vertailutaso on Suomessa -29,4 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa kaudella 2021–2025. Tämä taso on kuitenkin muuttunut niin sanottujen teknisten korjausten takia (Soimakallio & Pihlainen 2023). Suomessa kasvihuonekaasuinventaarion menetelmään tehtyjä tärkeimpiä muutoksia ovat maaperämallinnuksen ja puuston biomassan kasvun laskennassa tehdyt muutokset. Näiden seurauksena vertailutaso on -19,3 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., josta metsien osuus on -13,45 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja puutuotteiden -5,83 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Teknisiä korjauksia voi mahdollisesti tulla vielä lisääkin. Euroopan komissio hyväksyy lopullisen vertailutason, jota käytetään LULUCF-asetuksen velvoitteen tarkastuksessa vuonna 2027 (Ympäristöministeriö 2024b).

Vertailutason asettamisen tavoitteena on vahvistaa ja ylläpitää hiilinieluja pitkällä aikavälillä. Suomi voi laskea LULUCF-sektorilla vertailutason ylittävää nielua rajoitetusti hyväkseen enintään 2,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv vuodessa LULUCF-asetuksen mukaisesti, jos metsien hiilinielu kaudella 2021–2025 on suurempi kuin vertailutaso. Jos hiilinielu on pienempi kuin vertailutaso, se lisää maankäyttösektorin laskennallisia päästöjä (Maa- ja metsätalousministeriö 2024b).

Vuonna 2022 metsämaan nettopäästö oli 2,77 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja puutuotteiden nettonielu -3,29 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Vuonna 2023 vastaavat luvut olivat 1,22 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja -1,60 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Ennakkotietojen mukaan metsämaa-maankäyttöluokan nettopäästö oli vuonna 2024 noin 4,16 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja puutuotteiden nielu -2,06 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. (Tilastokeskus 2025). Suomen hiilineutraaliustavoitteen 2035 ja EU:n 2030 maankäyttösektorin hiilinielutavoitteen näkökulmasta metsien hiilinielun tulisi olla noin -21 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., jotta asetettuihin tavoitteisiin päästäisiin (Ollikainen ym. 2021). Tällä hetkellä näyttää siltä, että asetettua tavoitetta ei tulla saavuttamaan. Esimerkiksi Koljosen ym. (2024) raportin laskelmissa metsämaan nettonielu vuonna 2035 vaihteli skenaariosta riippuen -8 Mt CO<sub>2</sub>-ekv:sta -27 Mt CO<sub>2</sub>-ekv:iin. Skenaariossa, jossa nettonielu oli suurin (-27 Mt CO<sub>2</sub>-ekv) oletuksena oli puun kysynnän ja hakkuiden väheneminen alhaisemman talouskehityksen takia.

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma (MISU) edistää osaltaan Suomen tavoitteita saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Maankäyttösektorilla toteutettavilla lisätoimilla tavoitellaan vähintään kolmen miljoonan hiilidioksidiekvivalenttonnin vuosittaista nettovaiikutusta vuoteen 2035 mennessä (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). Kansallisessa metsästrategiassa 2035 on Metsien kasvu -kärkihanke, johon kuuluu hiilinielun ylläpitäminen ja kasvattaminen sekä nielu- ja päästötavoitteisiin pyrkiminen. Kärkihanke toteuttaa osaltaan maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmaa (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Hallitusohjelmassa todetaan, että hallitus toimeenpanee kansallisen metsästrategian. Ohjelman mukaan metsien hoidosta ja kasvusta on huolehdittava, jotta metsät toimivat jatkossakin hiilinieluinä. Lisäksi maaperäpäästöjä tulee ohjelman mukaan vähentää laajentaen ja tehostaen olemassa olevia keinoja (Valtioneuvosto 2023).

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan tarkemmin aikaisempiin selvityksiin perustuen mahdollisia toimenpiteitä metsien hiilinielujen ja -varastojen lisäämiseen. Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään maankäytön hiilinielujen ja -varastojen lisäämistä ja ylläpitämistä metsityksen ja metsäkadon välttämisen avulla. Toisessa alaluvussa keskitytään metsien luontaisten nielujen ja varastojen kasvattamiseen. Tarkastelu painottuu siihen, millaisia vaikutuksia erilaisilla metsänhoitotoimenpiteillä ja hakkuilla on hiilinieluihin ja -varastoihin. Kolmannessa alaluvussa tarkastellaan lyhyesti teknisiä hiilinieluja ja -varastoja. Arviot eri toimenpiteillä saavutettavista hiilinielu- ja -päästövaikutuksista perustuvat lähinnä Lehtosen ym. (2021) julkaisuun.

### **3.3.2 Maankäytön hiilinielujen ja -varastojen lisääminen ja ylläpitäminen**

#### **3.3.2.1 Metsitys**

Metsityksen avulla voidaan lisätä metsäpinta-alaa ja siten kasvattaa hiilensidontaa biomassaan ja vähentää maaperäpäästöjä tulevaisuudessa (Törmänen 2020). Metsityksen pinta-ala oli 1990-luvulla keskimäärin 12 000 hehtaaria vuodessa (Tilastokeskus 2021). Sen jälkeen vuotuinen metsityspinta-ala on laskenut ollen 1 500 hehtaaria vuonna 2020. Eniten on metsitetty ruohikkoalueita, jotka ovat suurimmaksi osaksi hylättyjä peltoja (Haakana ym. 2022). Turvetuotannosta on poistunut lähinnä viimeisen 30 vuoden aikana noin 50 000 hehtaaria tuotantoalaa, josta 75 % on metsittyntä tai metsitetty, 20 % otettu peltoviljelyyn ja 5 % on muutettu kosteikoksi (Bioenergia 2019).

Tapio Oy:n vuonna 2020 tekemän selvityksen mukaan metsitettäviksi soveltuvien joutoalueiden pinta-ala oli noin 118 000 hehtaaria, joista tuotannosta poistuneita entisiä turvetuotantoalueita oli noin 9 000 hehtaaria. Joutoalueilla tarkoitettiin sellaisia alueita, jotka eivät ole maatalouden aktiivisessa käytössä ja joiden puutuotoskyky voitiin arvioida maaperän tietojen perusteella hyväksi (Lumperoinen & Hämäläinen 2020). Osa metsitettäväksi soveltuvasta alasta soveltuu muuhunkin jatkokäyttöön (Aro ym. 2023). Viimeisin metsitystukea koskeva määräaikainen laki oli voimassa vuosina 2021–2023, jolloin metsäkeskus myönsi metsitystukea yli 6 000 hehtaarille (Metsäkeskus 2024).

Metsänhoidon suositusten (2024) mukaan metsitettäessä metsien elinvoimaisuutta ja puuston tuhokestävyyttä muuttuvassa ilmastossa voidaan vahvistaa valitsemalla kasvatettavat puulajit kasvupaikan ja maalajin mukaan. Lisäksi viljelyssä tulisi käyttää kullakin maantieteellisellä alueella parhaiten menestyviä kotimaisia jalostettuja siemen- ja taimialkuperiä (Luke 2023d). Suositusten mukaan sekapuustoisuuden aikaansaamiseksi metsityksessä tulisi hyödyntää mahdollista luontaista taimiainesta. Metsityksessä tulisi hyödyntää mahdollisuuksien mukaan myös muun muassa jaloja lehtipuita, haapaa, tervaleppää ja lehtikuusta.

Orgaanisten viljelysmaiden metsityksen ilmastohyödyt ovat selvästi suuremmat kuin kivennäismaiden metsityksen, koska metsityksen avulla voidaan vähentää turpeen hajoamisesta johtuvia päästöjä. Metsityksen ilmastohyötyihin vaikuttaa keskeisesti myös aiempi maankäyttö. Tupek ym. (2020) tutkimuksessa metsittämällä saatiin nopeammin hiilinielu, jos metsittämisen kohde oli nurmimaa, kun taas viljelysmaan metsittämisessä oli hiilipäästöjä ensimmäisen 10 vuotiskauden aikana.

Turvetuotannosta poistuvien alueiden ennallistaminen suoksi tai metsitys ovat ilmaston kannalta parhaat vaihtoehdot. Metsitetyn suopohjan puuston hiilensidonta ei aina korvaa täysin

turpeesta vapautuvaa hiilimäärää. Suotuisissa olosuhteissa hieskoivutiheiköistä voi kuitenkin tulla jopa hiilinieluja (Aro ym. 2023).

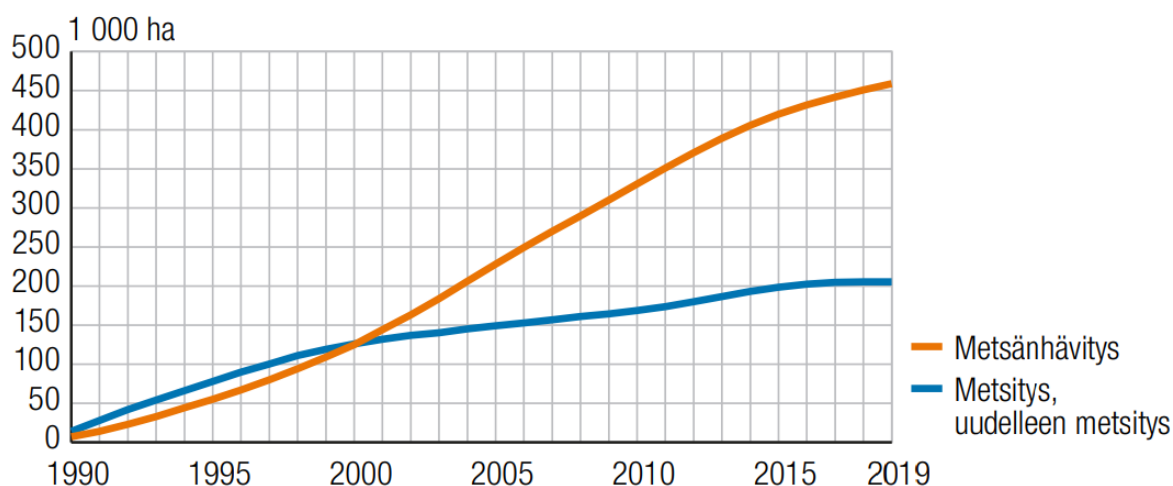
Pitkällä aikavälillä metsistys lisää puuston hiilivarastoja ja voi myös keventää hakkuupaineita nykyisillä metsäalueilla, mikä tukee hiilinielujen ja -varastojen säilymistä muualla (Viitala ym. 2023). Metsitettävien alueiden haasteellinen hoidettavuus voi kuitenkin vähentää metsityshalukkuutta (Lehtonen ym. 2021).

Lehtonen ym. (2021) laskivat maataloustuotannon ulkopuolella jääneiden peltojen metsityksellä saavutettavissa olevat päästösäästöt ja hiilinielut. He arvioivat joutoalueiden metsitystä eri skenaarioissa, joissa vuotuinen metsitysala oli 3 000, 6 000 tai 7 879 ha. Vastaavasti metsitettyä pinta-alaa kertyi 45 000, 90 000 tai 119 000 hehtaaria vuoteen 2035 mennessä. Metsityksen ilmastohyöty oli melko vaatimaton, 0,09–0,25 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ajanjaksolla 2021–2035 vuotuisen metsitysalan suuruuden mukaan. Ilmastohyöty kasvoi välille 0,22–0,58 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. 2051–2065 mennessä. Tutkimuksessa metsityksen aikaansaama päästövähennys oli 3,8–17,1 tonnia CO<sub>2</sub> ekv./ha/v riippuen alueen aiemmasta maankäyttömuodosta, maalajista, puulajista ja metsityksestä kuluneesta ajasta. Ensimmäisen 15 vuoden aikana maatalouskäytöstä poistuneen kivennäismaan metsistys pienentää kasvihuonekaasujen päästöjä keskimäärin 3,8 tonnia CO<sub>2</sub> ekv./ha/v verrattuna alkuperäiseen maankäyttöön. Vastaavana aikana maatalouskäytöstä poistuneen turvemaan metsitys pienentää päästöjä 9,8 tonnia CO<sub>2</sub> ekv./ha/v ja turvetuotannosta poistuneen alueen metsitys 7,8 tonnia CO<sub>2</sub> ekv./ha/v.

Jos metsityksellä pyritään kompensoimaan metsäkatoa, on huomioitava, että hehtaaria kohti metsityksen välitön ilmastohyöty on pienempi ja sen ilmastohyöty realisoituu hitaammin kuin metsäkadon välttämisen ilmastohyöty. Jos metsitystä toteutettaisiin niin laajamittaisesti, että se kasvattaisi maatalousmaan hintaa, tämä voisi todennäköisesti lisätä pellonraivauksen houkuttelevuutta.

### 3.3.2.2 Metsäkadon välttäminen

Metsäkatko tarkoittaa metsän raivaamista muuhun maankäyttöön, kuten maanviljelyyn tai yhdyskunta- tai liikenne- rakentamiseen (Lehtonen ym. 2021, Assmuth ym. 2022). Metsämaata on vuosittain siirtynyt muihin maankäyttöluokkiin 1990-luvulla keskimäärin 11 000 hehtaaria, 2000-luvulla 20 000 hehtaaria ja 2010-luvulla 15 000 hehtaaria (Tilastokeskus 2021). Kasvihuonekaasuinventaarion mukaan vuosittainen metsäkatkoala on viime vuosina ollut alle 10 000 hehtaaria (Lehtonen ym. 2021). Vuodesta 1990 lähtien laskettu metsänhävityksen kumulatiivinen pinta-ala on ollut vuosituhannen vaihteen jälkeen suurempi kuin metsityksen kumulatiivinen pinta-ala (Kuva 21). Vuosittaisesta metsänraivausalasta noin 56 % liittyy rakentamiseen ja noin kolmannes maatalouteen (Lehtonen ym. 2021). Kuitenkin päästöjen osalta pellonraivauksen osuus on suurempi johtuen turvemaapeltojen suurista päästöistä. Vuosina 2013–2019 metsäkadosta on aiheutunut vuosittain noin 3,7 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. kasvihuonekaasupäästöt. Tämä on noin 6 % Suomen kokonaispäästöistä (Assmuth ym. 2022).



**Kuva 21.** Metsityksen ja metsänhävityksen pinta-alojen kumulatiivinen kehittyminen vuosina 1990–2019 (Lähde: Tilastokeskus 2021, s. 73).

Metsäkadon taustalla on pellonraivauksen tapauksessa peltomarkkinoiden huonoon toimintaan ja maataloustukijärjestelmään liittyviä tekijöitä, jotka tekevät pellon raivaamisesta muita pellonhankintamuotoja houkuttelevampaa. Rakentamisen osalta metsäkadon taustalla ovat muuttoliike yhtäältä kaupunkeihin ja toisaalta niitä ympäröiville haja-asutusalueille, liikenne- ja energiainfrastruktuurin kehittäminen (lähivuosina entistä enemmän uusiutuvan energian voimaloiden ja siirtoinfran rakentaminen) sekä kaivokset ja maa-ainesten otto.

Metsäkadosta aiheutuvan ilmastohaitan suuruuteen vaikuttaa puuston lähtötilanne, puuston kasvu, metsänhoito sekä uusi maankäyttömuoto, maaperätyyppi ja alueen maantieteellinen sijainti. Pellonraivauksen hehtaariohtainen kokonaisilmastohaitta on suurista maaperäpäästöistä johtuen turvemaalla moninkertainen kivennäismaahan nähden (Assmuth ym. 2022). Metsäkato kasvattaa nettopäästöjä sekä välittömästi että pitkälle tulevaisuuteen.

Lehtonen ym. (2021) arvioivat skenaariolaskelmiin perustuen metsäkadon välttämisen päästövähennyspotentiaalia. Laskelmissa vuotuiset metsäkatopinta-alat (metsästä maatalousmaaksi kivennäis- ja turvemaalla sekä rakennetuksi maaksi) vaihtelivat vuosina 2025–2050. Laskelmissa oletettiin, että metsäkato puolitetään ja vuotuinen metsäkatopinta-ala on keskimäärin 6 140 ha. Keskimääräiseksi vuosittaiseksi päästövähennyspotentiaaliksi vuosina 2025–2050 saatiin skenaariosta ja turvemaiden osuudesta riippuen 1,0–1,5 Mt CO<sub>2</sub> ekv.

### 3.3.3 Metsien luontaisten hiilinielujen ja -varastojen lisääminen

#### 3.3.3.1 Metsän uudistaminen

Päätihakkuun jälkeistä hiilipäästöjaksoa voidaan lyhentää viivyttämättömän ja tehokkaan metsänuudistamisen avulla (Saksa 2020). Uudistamista voidaan edistää esimerkiksi maanmuokkauksen, kasvupaikalle sopivan puulaji- ja uudistamistapavalinnan sekä jalostetun viljelymateriaalin käytöllä. Taimikoiden hiilivaraston kehitys on kuitenkin alussa hidasta (Viitala ym. 2023).

Maanmuokkaus parantaa istutustaimien elossa säilymistä ja kasvua sekä siementen itämistä kivennäis- ja turvemailla. Se helpottaa taimien istuttamista ja nopeuttaa niiden juurtumista sekä vähentää pintakasvillisuuden kilpailua. Maanmuokkaus vähentää erityisesti

istutustaimien kuolleisuutta aiheuttavia tukkimiehentäin tuhoja (Hantula ym. 2023). Maanmuokkaus myös lyhentää puuston taloudellista kiertoaikaa paremman kasvun seurauksena. Maanmuokkaus vaikuttaa metsien hiilinieluihin ja -varastoihin erityisesti uuden sukupolven lisääntyneen kasvun kautta. Maanmuokkauksen vaikutus metsämaan hiilidioksidipäästöihin lienee lievää. Vaikutuksen suuruus riippuu muuan muassa maan kosteusoloista ja tuoreen, helposti hajotettavan kasviaineksen määrästä (Laine ym. 2019). Esimerkiksi turvemaiden uudistamisessa tyypillinen maanmuokkaus mätästämällä ei välttämättä lisää hiilidioksidipäästöjä. Sen sijaan typpioksiduulipäästö lisääntyy ja metaanipäästö voi kasvaa hieman, jos vedenpinta hakkuualalla nousee korkealle tai maanmuokkaus synnyttää märkiä pintoja (Ojanen & Minkkinen 2020). Turvemaiden maanmuokkauksella on kuitenkin haitallisia vaikutuksia vesistöihin (luku 2.2) ja lisäksi se voi vahingoittaa maalahopuita ja niillä elävää lajistoa (luku 2.1). Maanmuokkauksella voi myös olla maisemaa ja virkistyskäyttöä heikentäviä vaikutuksia (Laine ym. 2019).

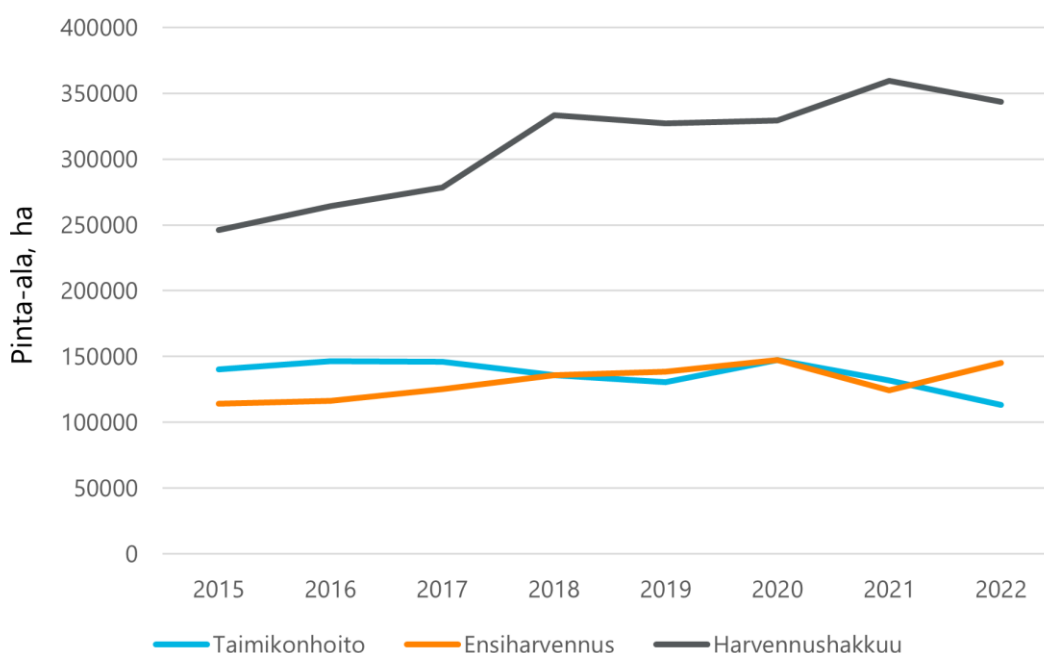
Viime vuosina kuusen osuus on ollut Suomessa yli 50 % viljelypinta-alasta. Keskeisinä syinä kuusen suosimiseen metsänviljelyssä on ollut hyvä viljelyvarmuus ja muita puulajeja vähäisempi hirvituhoalttius. Kuusen arvioidaan kuitenkin kärsivän ilmastomuutoksesta, koska se on altis muuan muassa ennustetulle kuivuuden lisääntymiselle ja siitä aiheutuille seurannais- tuhoille (esim. Venäläinen ym. 2020). Myös juurikäävän, joka aiheuttaa vakavia tuhoja kuusikoissa, ennakoitaan hyötyvän ilmastomuutoksesta (Ruotsalainen ym. 2022). Ilmastomuutokseen sopeutuminen vaatisi siten puulajivalikoiman monipuolistamista. Kuusen istutuksen osuutta voidaan pienentää viljelemällä vähäisemmän hirvieläintuhoariskin kohteilla mäntyä ja rauduskoivua sekä perustamalla esimerkiksi mänty-kuusisekametsiä. Tuoreimpien tilastotietojen mukaan männyn ja koivun osuudet istutus- ja viljelypinta-alasta ovatkin vuonna 2023 kasvaneet (+4 % ja +2 %) ja kuusen pienentynyt (-6 %) (Luke 2024d). Ilmaston lämpeneminen saattaa myös mahdollistaa tällä hetkellä vain eteläisimmässä Suomessa kasvavien puulajien viljelyn myös muualla Suomessa, kun taimikkovaiheen hirvieläintuhoariski saadaan hallittua (Saksa 2020).

Puuntuotosta ja hiilensidontaa on mahdollista lisätä jalostetun viljelymateriaalin avulla jopa yli 30 %:lla jalostamattomaan materiaaliin verrattuna (Saksa ym. 2020). Muuttuvassa ilmastossa tärkeitä jalostettavia ominaisuuksia ovat elinvoimaisuus ja viljelyvarmuus. Elinvoimaisuutta kuvaavat kasvu, kunto ja elävyys. Viljelyvarmuudella tarkoitetaan laajaa mukautumiskykyä ilmastoon, taudin ja muiden tuhojen kestävyyttä sekä hyvää ympäristöolosuhteiden vaihtelun sietokykyä. Ilmastomuutokseen voidaan reagoida nopeimmin käyttämällä metsänuudistamisessa parasta tietyllä hetkellä saatavissa olevaa jalostettua viljelyaineistoa. Jalostetut puut ovat todennäköisesti tuottoisia viljelypuita myös nykyistä lämpimämmässä ilmastossa ja kykenevät hyödyntämään jalostamattomia puita paremmin ympäristönmuutoksen ja erityisesti pitkenevän kasvukauden tarjoamat mahdollisuudet. Esimerkiksi kuusen jalostuksessa tärkeinä tulevaisuuden ominaisuuksina nähdään hallatuhoriskin vähentäminen, kuivuusstressin sieto ja juurikäävän kestävyys (Riikonen ym. n.d.).

### 3.3.3.2 Taimikonhoito ja harvennushakkuut

Vuosina 2015–2022 vuosittaiset taimikonhoito-pinta-alat ovat olleet 113 000–148 000 hehtaaria (Kuva 22) (Luke 2024b). Samana ajanjaksona ensiharvennusten pinta-ala on ollut metsänkäyttöilmoitusten mukaan 114 000–147 000 ha/v ja kasvatushakkuiden 246 000–359 000 ha/v (Luke 2024a). Vuonna 2022 vastaavat taimikonhoitopinta-ala olivat noin 113 000 hehtaaria, ensiharvennusten 145 000 hehtaaria ja harvennushakkuiden 343 000 hehtaaria (Luke

2024a ja 2024b). Tällä hetkellä liian tiheitä, hoitotoita vaativia taimikoita on noin 620 000 hehtaaria (Metsäkeskus 2023).



**Kuva 22.** Taimikonhoidon, ensiharvennusten ja harvennushakkuiden pinta-alojen kehitys vuosina 2015–2022 (Luke 2024a ja 2024b). Ensiharvennusten ja harvennushakkuiden pinta-alat perustuvat Metsäkeskukselle tehtyihin metsänkäyttöilmoituksiin ja ne ovat siten hakkuuaikomuksia, eivätkä siten välttämättä vastaa toteutuneita hakkuuta.

Oikea-aikaisilla ja voimakkuudeltaan sopivilla metsänhoitotoimenpiteillä voidaan puuston terveys ja elinvoimaisuus säilyttää mahdollisimman hyvänä. Ajallaan tehty taimikonhoito varmistaa tavoitteen mukaisen puulajisuhteen ylläpitämisen ja nopeuttaa kasvatettavan puuston kehitystä. Lisäksi se estää lumi- ja tuulituhoille alttiiden tiheiköiden syntymistä puuston nuoruusvaiheessa (Saksa 2020). Taimikonhoito kuitenkin pienentää taimikon hiilivarastoa ja hiilensidontaa käsittelemättömään taimikkoon verrattuna (Hynynen ym. 2023).

Lehtosen ym. (2021) mukaan hiilinieluja on mahdollista lisätä nostamalla taimien kasvatustiheyttä nykyisistä metsänhoitosuosituksista. Nykyisin taimikot kasvatetaan yleensä 1 600–2 200 rungton hehtaari tiheyksillä. Männyn tai kuusen taimikoissa kasvatustiheyden nostamisen on todettu paranantavan metsikön tilavuuskasvua.

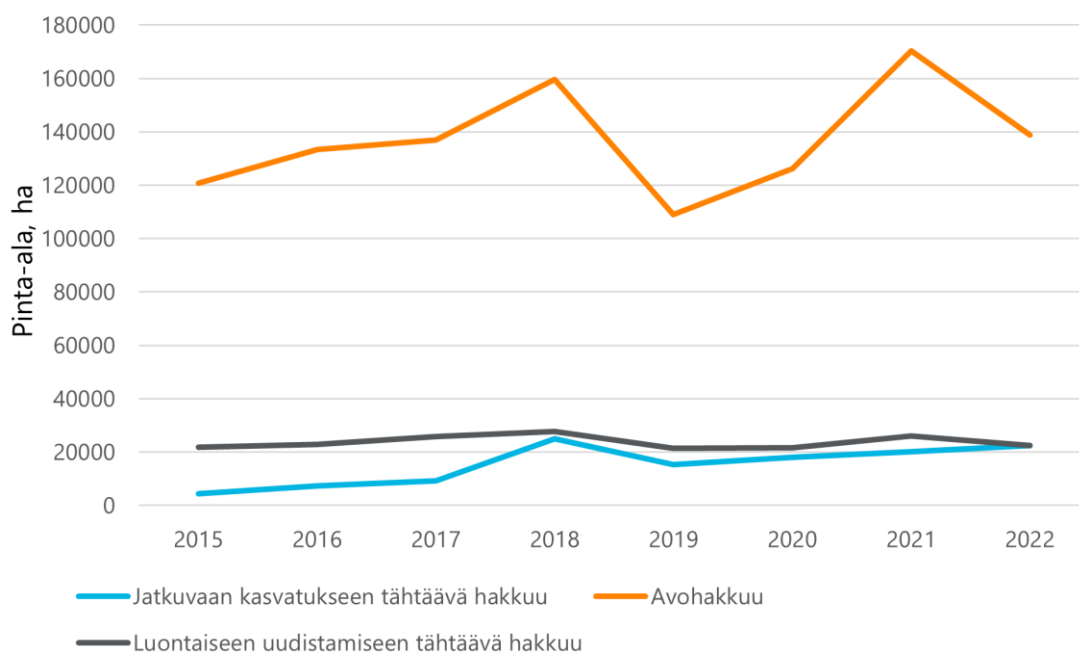
Metsänhoitosuositusten mukaiset harvennusmallit painottavat metsänkasvatuksen kannattavuutta. Ne eivät ole optimaalisia puiden hiilensidontan näkökulmasta (Hynynen ym. 2023). Tavanomaista lievempää harvennusvoimakkuutta ja/tai yläharvennusta käyttämällä sille sopivilla kohteilla voidaan pidentää kiertoaikaa ja lisätä puuston hiilivarastoja. Jatkuvan kasvatuksen metsiköissä hakkuun viivästyminen voi heikentää alemman latvuserroksen puuston elinvoimaa, luontaisen uudistumisen edellytyksiä ja alikasvoksen kehittymismahdollisuuksia (Saksa 2020).

Sekapuustoisuuden ylläpitäminen harvennushakkuissa parantaa puuston kykyä vastata ilmastomuutoksen tuomiin riskeihin (Huuskonen ym. 2021). Kuivuudelle alttiilla kasvupaikalla tulisi suosia mänty-kuusisekametsiä yhden puulajin metsikön sijasta (Saksa 2020).

### 3.3.3.3 Jatkuva kasvatus

Jatkuva kasvatus on yleisnimi kaikille menetelmille, joissa osa puustosta jätetään hakkaamatta, jotta metsä säilyy aina peitteisenä (Valkonen 2022). Jatkuvassa kasvatuksessa metsä uudistuu poimintahakkuuta käytettäessä olemassa olevan alikasvostaimikon ja hakkuun jälkeen syntyvän luontaisen taimiaineksen avulla; pienaukkohakkuussa sitä vastoin maanmuokaus ja muut taimettumista helpottavat toimet ovat ainakin jossakin määrin mahdollisia. Uudistamis- ja kasvatusvaiheet limittyvät, eikä avohakkuita lähtökohtaisesti tehdä, jolloin puustosta muodostuu iältään ja kooltaan vaihtelevaa. Jatkuvan kasvatuksen metsässä tyypillistä on myös puiden ryhmittäisyys (Nieminen ym. 2019, Metsänhoidon suositukset 2024).

Metsänkäyttöilmoitusten mukaan jatkuvaan kasvatukseen tähtääviä hakkuita (poiminnan luonteiset hakkuut ja pienaukkohakkuut) oli vuosina 2015–2022 keskimäärin 15 000 ha/v (Kuva 23). Vastaavana ajanjaksona avohakkuita oli keskimäärin 137 000 ha/v ja luontaiseen uudistamiseen tähtääviä hakkuita 24 000 ha/v. Vuonna 2022 jatkuvaan kasvatukseen tähtääviä hakkuita oli 22 000 hehtaaria, avohakkuita 139 000 hehtaaria ja luontaiseen uudistamiseen tähtääviä uudistushakkuita 22 000 hehtaaria (Luke 2024a).



**Kuva 23.** Jatkuvaan kasvatukseen tähtäävien hakkuiden, avohakkuiden ja luontaiseen uudistamiseen tähtäävien hakkuiden pinta-alat vuosina 2015–2022 (Luke 2024a). Tiedot perustuvat Metsäkeskukselle tehtyihin metsänkäyttöilmoituksiin ja ne ovat siten hakkuuaikamuksia, eivätkä siten välttämättä vastaa toteutuneita hakkuita.

Jatkuva kasvatus ei välttämättä ole ilmaston kannalta parempi metsänhoitotapa kuin jaksollinen kasvatus. Tämänhetkisen tiedon mukaan suurin potentiaali jatkuvapeitteisen kasvatuksen ilmastohyödyissä on rehevissä ojitetuissa suometsissä. Ilmastohyödyt syntyvät erityisesti siitä, että vältetään avohakkuun jälkeinen alhaisen kasvun vaihe ja maanmuokkauksen sekä turve- mailla turpeen aiheuttamat maaperäpäästöt (CO<sub>2</sub> ja N<sub>2</sub>O) (Korkiakoski ym. 2018, Tikkasalo ym. 2025). Puuston tilavuuskasvu voi jatkuvan kasvatuksen menetelmin käsitellyissä puustoissa olla kuitenkin pienempää kuin jaksollisessa kasvatuksessa (Repo ym. 2022). Pitkäaikaisen käsittelykokeiden perusteella esimerkiksi poimintahakkuin käsitellyissä kivennäismaiden

eri-ikäiskuusikoissa hehtaarikohtainen puuston tilavuus ja tilavuuskasvu ovat keskimäärin alhaisempia kuin jaksollisesti kasvatettavissa tasaikäisissä harvennuskusikoissa. Lisäksi eri-ikäisissä kuusikoissa tilavuuskasvujen on todettu olevan alhaisempia kuin tasaikäisissä harvennuskusikoissa, vaikka puuston tilavuuksissa ei olisi eroa (Hynynen ym. 2022). Poimintahakkuissa poistettavien puiden keskikoko on suurempi kuin tasaikäisen metsän harvennuksessa (Routa & Huuskonen 2022).

MELA-ohjelmistoon perustuvien skenaariotarkastelujen mukaan jatkuvaan kasvatukseen siirtyminen ojitetuissa korvissa lisää metsien kasvua verrattuna tasaikäiseen kasvatukseen ja täten siirtyminen jatkuvaan kasvatukseen voi tuottaa ilmastohyötyjä samalla hakkuutasolla. Osa jatkuvan kasvatuksen skenaarion ilmastohyödyistä selittyy sillä, että vältetään taimikoiden aiheuttama alhaisen kasvun jakso (Lehtonen ym. 2023).

Rehevillä ojitetuilla turvemaidella voidaan välttää avohakkuun aiheuttamia merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä siirtymällä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen. Korkiakosken ym. (2023) mittauksen mukaan avohakkuun jälkeiset maaperäpäästöt olivat noin 30 tCO<sub>2</sub>/v/ha hakkuun jälkeen, mikä on vähemmän kuin mitattiin Etelä-Ruotsissa, jossa päästöt olivat 30–50 tCO<sub>2</sub>/v/ha (Tong ym. 2022). Lehtosen ym. (2023) selvityksessä siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen ojitetuissa korvissa vahvisti metsien nielua jaksolla 2025–2050 noin 1,0–1,2 milj. tCO<sub>2</sub> ekv./vuosi Suomessa, vaikka hakkuutaso pysyi ennallaan. Merkittävä osa tästä päästövähennyksestä johdettiin siitä, että vältettiin avohakkuiden päästöt. Tämä osoittaa sen, että metsänhoitokeinoja valitsemalla ja optimoimalla kohteiden ominaisuuksien mukaan voidaan saavuttaa ilmastohyötyjä kuitenkin tinkimättä kohtuullisista puuntuotannon tavoitteista.

Peltoniemen ym. (2023b) mukaan siirtyminen poimintahakkuihin ei yksin välttämättä nosta tarpeeksi pohjaveden pintaa, vaan maaperäpäästöjen merkittävä vähentäminen vaatii tukeen vedenpinnan nostoa ojitusta muutamalla. Siirtyminen yksin jatkuvapeitteiseen kasvatukseen ojitetuissa korvissa näyttäisi tuovan melko vähäisen ilmastohyödyn pohjaveden pinnan nousun avulla, mutta merkittävämpi hyöty saadaan aikaan sillä, että vältetään merkittävät avohakkuiden jälkeiset päästöt. Jatkuvan kasvatuksen ilmastovaikutuksia ei tunneta vielä tarkasti ja niihin liittyy paljon epävarmuuksia (Viitala ym. 2023).

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen näkökulma tulisi ottaa huomioon myös jatkuvassa kasvatuksessa. Kun varttunutta tasaikäistä metsää lähdetään kehittämään jatkuvan kasvatuksen metsäksi, on alkuvaiheessa tärkeää kiinnittää huomiota puuston tuulenkestävyyteen, juurikään leviämisen ehkäisemiseen ja korjuuvaurioiden välttämiseen (Hantula ym. 2025). Tuhorisien pienentämiseksi myös jatkuvassa kasvatuksessa tulisi suosia sekapuustoisuutta (Metsänhoidon suositukset 2024).

#### **3.3.3.4 Kiertoajan pidentäminen**

Puuston kiertoajan pidentäminen tarkoittaa metsänuudistamisen lykkäämistä myöhemmäksi kuin metsänhoitosuosituksissa määritetty talousperusteinen ajankohta kyseisen puuston uudistamiselle. Puuston kiertoaika on Pohjois-Suomessa pidempi kuin Etelä-Suomessa. Esimerkiksi karuilla kasvupaikoilla männikön kiertoaika voi Pohjois-Suomessa olla reilusti yli sata vuotta (Metsänhoidon suositukset 2024).

Maltillinen kiertoaikojen pidentäminen ja voimakkaiden hakkuiden välttäminen voivat merkittävästi lisätä talousmetsien puuston hiilensidontaa ja tukkipuun tuotosta (Hynynen ym. 2023). Pidentyneiden kiertoaikojen seurauksena puuston kuolleisuus ja karikesyöte (ts. orgaanisen

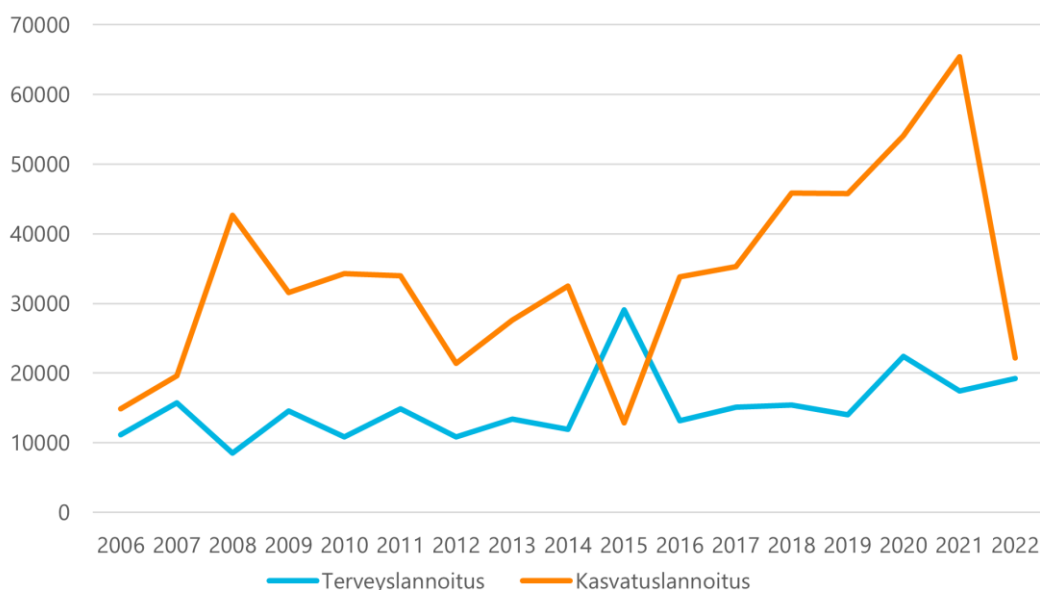
aineksen virta kasvillisuudesta maaperään) lisääntyvät, mikä lisää maaperän hiilivarastoja (Peltoniemi ym. 2023a). Uumajan alueella Pohjois-Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa saatiin tulokseksi, että hiilen sidontaa optimoitaessa optimaalinen kiertoaika olisi noin 138 vuotta. Tällöin maksimoidaan puuston sitoman hiilen määrää, kuitenkin niin, että orgaanisen aineen hajoamisen päästöt eivät kumoa saavutettuja hyötyjä (Peichl ym. 2023).

Kiertoaikojen huomattava pidentäminen ei sovi metsiin, joissa erilaiset tuhoriskit lisääntyvät puuston iän myötä. Esimerkiksi maan eteläosien puhtaat kuusikot ovat riskialttiita puustotuhoille (Hynynen ym. 2023, Hantula ym. 2023). Puustotuhoriskikohteissa kiertoajan lyhentäminen voi olla ratkaisu hyvän kasvun ja metsikön elinvoimaisuuden ylläpitämiseksi (Saksa 2020). Toisaalta suurin osa tuhoista on kuitenkin pienimuotoisia ja niillä voi olla suotuisia vaikutuksia metsän hiilivarastolle, koska näiden tuhojen vaurioittamat tai tappamat puut jäävät usein metsään (Peltoniemi ym. 2023a).

Kiertoaikojen tuntuva pidentämisestä ilman muita muutoksia metsien käsittelyssä seuraisi talousmetsien hiilensidonnasta merkittävä lisääntyminen, mutta samalla hakkuukertymien selkeä väheneminen tulevien vuosikymmenien aikana (Hynynen ym. 2023). Hakkuukertymät voivat elpyä sen jälkeen, kun metsiköt saavuttavat uuden tavoitekiertoaikansa (Peltoniemi ym. 2023a). Hakkuiden vähentäminen voi lisätä sekä puuston että maaperän hiilivarastoja Suomessa (Lehtonen ym. 2021). Puuston kasvaessa hiilivarastot lisääntyvät, vaikka kasvu ja nielu pienenevätkin (Peltoniemi ym. 2023a).

### 3.3.3.5 Metsälannoitus

Metsälannoituksen tavoite on lisätä puille tarpeellisten ravinteiden määrää maaperässä. Terveyslannoituksella pyritään kasvupaikalle normaaliin puuston kasvuun korjaamalla ravinnepätasapainoa. Kasvatuslannoituksella tavoitellaan kasvupaikalle normaalin puuston kasvun tason lisäämistä (Lehto & Ilvesniemi 2023). Vuosina 2006–2022 terveyslannoituksia tehtiin vuosittain 9 000–29 000 hehtaarilla ja kasvatuslannoituksia 13 000–65 000 hehtaarilla (Kuva 24). Vuonna 2022 terveyslannoitusten pinta-ala oli noin 19 000 hehtaaria ja kasvatuslannoitusten noin 22 000 hehtaaria (Luke 2024b).



**Kuva 24.** Metsälannoituksen pinta-ala vuosina 2006–2022 (Luke 2024b).

Kivennäismaiden typpilannoitus lisää hiilinielua lisäämällä puuntuotosta ja maaperään kertyvää hiiltä (Väänänen ym. 2023). Puuston kasvureaktio lannoitukseen on määrällisesti suurin kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla. Suhteellisesti suurimmat vaikutukset saadaan karuimmilla mailla. Typpilannoituksen vaikutus on alle 10 vuotta ja se voidaan toistaa useita kertoja kierrojan kuluessa. Nykyisin lannoitus tehdään yleensä kerran, 7–10 vuotta ennen suunniteltua päätehakkuuta. Nykyistä aikaisempi lannoitus lisäisi hiilen sidontaa ja mahdollistaisi lannoituksen toistamisen (Peltoniemi ym. 2023a). Koivikoissa lannoitusreaktio on lyhytaikainen ja kasvureaktio havupuista pienempi (Viitala ym. 2023).

Kasvatuslannoitus toisaalta lisää puuston kasvua ja järeän puun määrää ja osuutta, mutta toisaalta metsän kiertoaika saattaa lannoituksen seurauksena lyhentyä. Hakkuiden viivästyttämisestä lannoitetulla kohteella voi seurata puiden välisen kilpailun lisääntyminen nopeammin kuin lannoittamattomassa kohteessa, ja siten lannoituksen vaikutuksen heikkeneminen (Viitala ym. 2023).

Typpilannoitus lisää maaperän hiilivarastoja. Lannoituksen seurauksena biomassavarasto ja siten myös karikesyöte kasvavat. Lisäksi mikrobien biomassa ja aktiivisuus vähenevät, ja siten karikkeen hajotus hidastuu (Saarsalmi ym. 2014, Richy ym. 2025). Kivennäismaiden boorilannoituksen ilmastovaikutuksia voidaan pitää valtaosin myönteisinä. Varttuneiden taimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien boorilannoitukset tuottavat pitkäaikaisimman ilmastovaikutuksen (Viitala ym. 2023).

Turvemailla käytetään pääosin puutuhkalannoitusta. Tuhka sisältää turpeesta puuttuvia kaliumia, fosforia ja booria (Peltoniemi ym. 2023a). Tuhkalannoitus vähentää turpeen happamuutta ja muuttaa maaperän mikrobistoa ja sen toimintaa (Väänänen ym. 2023). Peltoniemi ym. (2016) mukaan mykorrisat ja puuta hajottavat sienet hyötyvät tuhkalannoituksesta. Suotuisissa turvemaakohteissa tuhkalannoitus vaikuttaa suhteellisesti enemmän puuston kasvuun kuin kivennäismaiden typpilannoitus. Tuhkalannoituksen vaikutusaika on myös pitempi (15–30 vuotta). Suotuisimpia tuhkalannoituskohteita ovat mustikkaturvekankaat ja puolukkaturvekankaat. Tuhkalannoitus lisää puuston kasvua, minkä seurauksena puuston haihdunta lisääntyy. Haihdunta puolestaan laskee pohjaveden pintaa, mistä seuraa hajotustoiminnan lisääntymistä ja osa turpeesta hajoaa hiilidioksidin muodossa. Tuhkalannoituksen avulla voidaan välttää kunnostusajon tarve, koska lannoitus lisää haihduntaa (Hökkä ym. 2024). Toisaalta tutkimusten mukaan tuhkalannoitus aikaistaa päätehakkuun ajankohtaa rämeillä (Moilanen ym. 2015). Vastaava vaikutus on todennäköinen myös muilla suotyypeillä.

Lehtosen ym. (2021) tutkimuksessa arvioitiin, että vuosittaisen tuhkalannoituspinta-alan lisääminen 30 000 hehtaarilla nykyisestä vuoteen 2025 asti ja sen jälkeen vuosittaisen pinta-alan lisääminen edelleen 100 000 hehtaarilla toisi vuonna 2035 noin 1,07 milj. m<sup>3</sup> lisäkasvun verrattuna tilanteeseen, jossa tuhkalannoitusta ei lisätä nykytasosta. Metsien hiilinielu vahvistuisi 1,2 Mt CO<sub>2</sub> tuhkalannoituksen lisäyksen seurauksena vuonna 2035. Vaikutus edellyttäisi kuitenkin, että ajanjaksolla 2021–2035 tuhalla lannoitettaisiin yhteensä peräti 1,3 miljoonaa hehtaaria, mitä voidaan pitää varsin mittavana toteutusmääränä (Viitala ym. 2022). Puuston kasvua se kuitenkin lisäisi vain noin yhden prosentin. Kangasmaiden vuosittaisilla 30 000 hehtaarin kasvatuslannoituksilla vuoteen 2025 asti ja sen jälkeen 60 000 hehtaaria vuodessa vuoteen 2035 arvioitiin saatavan vuoden 2035 lisäkasvuksi 0,54 milj. m<sup>3</sup>. Tämä lisäisi vuosittaista hiilinielua noin 0,62 Mt CO<sub>2</sub> vuoteen 2035 mennessä.

Metsälannoituksella on eriaisteisia vaikutuksia vesistöjen ravinnekuormitukseen ja metsäluonnon monimuotoisuuteen. Lannoitteiden levitystavoilla ja määrillä voidaan vaikuttaa näihin vaikutuksiin. Metsälannoituksen vaikutuksia ovat käsitelleet mm. Lehtonen ym. (2021).

### 3.3.3.6 Maaperän hiilinielun vahvistaminen

Kivennäismaiden maaperän orgaanisen aineksen, karikkeen ja kuolleen puun hiilivaraston nettopäästöt olivat vuonna 2023 metsämaalla yhteensä 0,37 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Turvemaiden vastaavat päästöt olivat 11,60 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. (Tilastokeskus 2025).

Maaperän hiilivarastoa voidaan kasvattaa erityisesti 1) lisäämällä karikesyötettä maaperään, 2) estämällä karikesyötteen vähentymistä ja 3) välttämällä hiilihävikkiä maaperästä. Karikesyötettä maaperään voidaan lisätä pidättäytymällä hakkuista ja muuttamalla kiertoaikoja. Maaperän hiilivarastoja voidaan ylläpitää kangasmailla vähentämällä hakkuutähteiden korjuuta ja maaperän häiriöitä, kuten tarpeettoman voimakasta maaperän muokkausta (Lehtonen ym. 2021).

Soiden ilmastovaikutuksiin vaikuttaa olennaisesti puuston ja maaperän hiilidioksidipäästöt sekä turpeen metaani- ja typpioksiduulipäästöt. Päästöihin voidaan vaikuttaa säätelemällä vedenpinnan korkeutta puuston määrällä ja tarpeettomia ojituksia välttämällä. Ojitus lisää puuston kasvua ja siten hiilidioksidin nielua silloin, jos ojitus ei ole liian syvä ja rajoita veden saantia nykyilmastossa. Turpeen hajoaminen kuitenkin lisääntyy hapellisen kerroksen syvenemisen seurauksena ja suon maaperä muuttuu hiilidioksidin lähteeksi (Ojanen ym. 2020). Kunnostusojitukset voivat aiheuttaa erittäin suuria kasvihuonekaasupäästöjä. Rehevimmät suot voivat luonnontilaisina säilyessään tuottaa metaania, mutta ilmaston kannalta näillä metaanipäästöillä on pienempi merkitys kuin ojituksen jälkeen kasvavilla hiilidioksidipäästöillä (Viitala ym. 2023).

Metsäojitetun suon maaperän kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa kasvupaikan ravinteisuus ja vedenpinnan syvyys (Ojanen ym. 2020). Pitkällä aikavälillä hiilivaraston turvaava ojituksen perustuva metsätalous on rehevillä, ruoho- ja mustikkaturvekankailla mahdollista vain hyvin ohutturpeisilla (<10 cm) ojitusalueilla, joilla puuston hiilivarasto on turpeen hiilivarastoa suurempi. Sen sijaan rehevillä paksuturpeisilla soilla ilmastollisesti kestävä metsätalous on pitkällä aikavälillä mahdotonta, ja tällöin turpeen hajoamista voidaan hidastaa joko siirtymällä jatkuvaiteiseen kasvatukseen tai ennallistamalla soita. Karuilla kasvupaikoilla (puolukka- ja varputurvekankaat) ojituksen perustuva metsätalous voi olla ilmastollisesti kestävää myös paksuturpeisilla soilla, jos vedenpinta ei pääse laskemaan kovin syväälle. Turvekankailla turpeen hävikkiä voidaan hidastaa metsänkasvatuksessa välttämällä tarpeettoman tehokasta ojitusta ja säätelemällä puuston kuivattavaa vaikutusta (Ojanen & Minkkinen 2020).

### 3.3.3.7 Monimuotoisuustoimien ilmastovaikutukset

Vanhoissa suojelumetsissä bruttokasvu on merkittävästi pienempi kuin talousmetsissä. Toisaalta vanhoissa metsissä syntyvät järeät lahopuut ja maaperä varastoivat hiiltä tehokkaammin kuin keskimääräiset puutuotteet tällä hetkellä (Mehtätalo 2023). Arvioitaessa suojelualueiden päästövähennyspotentiaalia Lehtosen ym. (2021) selvityksessä oletettiin, että varttuneen talousmetsän siirtäminen suojeluun lisäsi puuston biomassaa noin 30 t ha<sup>-1</sup> (tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla Etelä-Suomessa) ja että siirtyminen käsitellystä metsästä käsittelemättömän metsän tilaan kestäisi noin 30 vuotta. Vuotuinen nielu siirtymäkauden aikana olisi siis

noin 1,8 t CO<sub>2</sub>. Skenaariotarkasteluna suojelualueiden lisääminen 3 000 ha, 6 000 ha tai 10 000 ha vuodessa 15 vuoden ajan johtaisi puuston osalta suurimmillaan 0,08, 0,17 tai 0,28 Mt CO<sub>2</sub> vuotuisen lisänieluun (Lehtonen ym. 2021). Maaperän ja kuolleen puun hiilivaraston voidaan olettaa kasvavan suojelualueilla enemmän kuin samankaltaisissa talousmetseissä (Tamminen & Ilvesniemi 2012).

Suomessa on arvioitu olevan metsätalouskäyttöön heikkotuottoisia ojitettuja soita noin 840 000 hehtaaria. Niistä suurin osa (690 000 ha) sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa. Neljä viidesosaa heikkotuottoisista ojitetuista soista on karuja soita, jotka eivät tuota merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä maaperästä. Kustannustehokkain vaihtoehto ilmastovaihtelujen kannalta on jättää nämä suot kaikkien metsätalouden toimenpiteiden ulkopuolelle hitaasti ennallistumaan. Viidesosa metsätalouskäyttöön heikkotuottoisista ojitetuista soista on runsastyypisiä ravinne-epätasapainosta kärsiviä soita, joilla on suuri CO<sub>2</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöjen riski (Tolvanen ym. 2018). Ilmastohyötyjä saadaan erityisesti ravinteikkaiden heikkotuottoisten ojitettujen suometsien ennallistamisesta (Tolvanen ym. 2022).

Käytöstä poistetuilla turvetuotantoalueilla ennallistetun suopohjan kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa ravinteisuus, jäännösturpeen paksuus ja vedenpinnan taso. Vedenpinnan nousua maanpinnan tasolle suopohja voi muuttua muutamassa vuodessa vettäamisen jälkeen hiilen päästölähteestä hiilinieluksi. Veden pinnan nousun seurauksena kuitenkin metaanipäästöt kasvavat. Alkuvaiheessa hiilensidonta voi olla niin tehokasta, että se kompensoi metaanipäästöt. Myöhemmin metaania voi muodostua enemmän, jolloin suolla on ilmastoa lämmittävä vaikutus (Aro ym. 2023).

Lehtosen ym. (2021) mukaan vähäravinteisten ojitettujen suometsien ennallistaminen lisää kasvihuonekaasupäästöjä 2,08 t CO<sub>2</sub> ekv./ha/v ja ravinteikkaiden suometsien ennallistaminen pienentää päästöjä 4,66 t CO<sub>2</sub> ekv./ha/v. Turvetuotantoalueiden ennallistamisen kokonaisvaikutus kasvihuonekaasupäästöjen pienenemiseen on 9,40 t CO<sub>2</sub> ekv./ha/v.

Säästö- ja lahoppuun lisääminen lisää puustoon ja maaperään sitoutuneen hiilen määrää (Viitala ym. 2023). Säästöpuiden lisääminen vähentää kuitenkin korjattavan puun määrää, ja siten niistä valmistettuihin puutuotteisiin sitoutuneen hiilen määrää. Puutuotteiden hiilivarastot ovat nykyisillä puunkäyttötavoilla kuitenkin vaikutuksiltaan suhteellisen pieniä suhteessa säästöpuiden hiilivarastoihin. Lahoppuun lisäämisen ilmastovaikutusten kannalta merkitystä voi olla myös puustotuhoilla. Esimerkiksi myrskytuhot voivat paikallisesti tuottaa suuria määriä vahingoittunutta puuta. Sen säilyttäminen voi olla hyödyllistä monimuotoisuuden ja hiilensidonnan tukemisen kannalta. Tällöin on kuitenkin tärkeää huolehtia hyönteistuhoriskien hallinnasta (Viitala ym. 2023).

Vuonna 2022 metsään arvioitiin jääneen kuollutta runkopuuta 14,2 milj. m<sup>3</sup>, josta luonnonpoistumaa oli 6,1 milj. m<sup>3</sup> ja hakkuiden hukkapuuta 8,1 milj. m<sup>3</sup> (Luke 2023c). Lehtosen ym. (2021) selvityksessä arvioitiin metsään jäävän kuolleen puun määrän kasvun vaikutusta maaperän hiilivarastoon. Selvityksen mukaan luonnonpoistuman kasvu nykytasosta (noin 7 milj. m<sup>3</sup>) noin 50 %:lla vahvisti metsien vuosittaista hiilinielua 1,26 Mt CO<sub>2</sub> vuoteen 2035 mennessä. Vuosittaisen luonnonpoistuman kaksinkertaistuminen aiheutti metsien nielun vahvistumisen noin 2,52 Mt CO<sub>2</sub> vuoteen 2035 mennessä (Lehtonen ym. 2021). Kuolleen puun määrää voidaan metsänhoidossa kasvattaa mm. säästöpuita jättämällä ja tekopökköitä tekemällä (katso luku 2.1).

### 3.3.4 Teknisten hiilinielujen ja -varastojen lisääminen

Kasvihuonekaasuinventaariossa puutuotteilla tarkoitetaan kotimaisesta puusta valmistettuja puolivalmisteita, joita ovat sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki sekä muut puolivalmisteet, kuten hirret (MMM & YM 2020). Pitkäikäiset puutuotteet toimivat hiilen varastoina ja korvaavat esimerkiksi betonia ja terästä, jotka ovat kasvihuonekaasupäästöiltään kuormittavampia rakennusmateriaaleja (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Lyhytikäisiä puutuotteita ovat esimerkiksi paperi- ja kartonkituotteet (Tolvanen ym. 2022).

Ennakkotiedon mukaan puutuotevaraston nettonielu vuonna 2024 oli -2,06 Mt CO<sub>2</sub> (Tilastokeskus 2025). Puutuotevaraston nettonielu seuraa luonnollisesti puunkäyttöä ja siten hakuita. Hiilinielua lisääsi metsäteollisuuden tuotantorakenteen muutos siten, että se kasvattaisi pitkäikäisten puutuotteiden osuutta (Lehtonen ym. 2021).

Ilmastopäästöjä voidaan hillitä myös ottamalla teollisista prosesseissa tai energiantuotannossa vapautuva hiilidioksidi talteen ja varastoimalla se esimerkiksi geologiseen varastoon (carbon capture and storage, CCS). Fossiilisten päästöjen talteenotto ja varastointi estää niiden haitalliset ilmastovaikutukset ja biomassapohjaisten päästöjen talteenotto ja varastointi muodostaa biomassan kasvun kanssa prosessin, jossa ilmakehästä poistetaan hiiltä. Tällainen biomassaan perustuvaa teknologia on ns. negatiivisten päästöjen teknologia. Esimerkiksi metsäteollisuusyksiköiden yhteenlasketut bioperäisen hiilidioksidin vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat noin 20 milj. tonnia (Kujanpää ym. 2023). Kujanpää ym. (2023) näkevät, että vuosittain voitaisiin tuottaa negatiivisia päästöjä 5–6 milj. tonnia tukemaan Suomen hiilineutraalisuus- ja negatiivisuus tavoitetta 2030-luvulla.

### 3.3.5 Metsien rooli ilmastotavoitteiden saavuttamisessa

Edellä esitettyjen maankäyttöön ja metsien luontaiseen hiilinieluun vaikuttavien toimien avulla pystytään voimistamaan maankäyttösektorin nettonielua. Peltoniemi ym. (2023a) arvioivat ILMAVA-hankkeen (Lehtonen ym. 2021) tuloksiin perustuen erilaisten ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteiden lisäksi nettonieluvaikutuksia Suomen metsissä ja kosteikoilla (Taulukko 41). Kaikkien toimenpiteiden yhteenlaskettu nettonielua voimistava vaikutus on noin 7 milj. tonnia CO<sub>2</sub>ekv.

**Taulukko 41.** Taulukointi Ilmava-hankkeen toimenpiteistä (Peltoniemi ym. 2023a).

Ilmastotoimenpide	Keskimääräinen arvio* (MtCO <sub>2</sub> -ekv)	Pinta-ala (1000 ha/a)	Toimen tehokkuus (tonCO <sub>2</sub> -ekv/ha)	Vuoto-riski	Voimistuva vaikutus *****	Metsien monimuotoisuus	Vesistöjen monimuotoisuus
Metsitys ja turvetuotantoalueiden jälkihoito	0,17	5,45	0,159		x	+/-	+
Metsäkadon välttäminen	1,315	6,5	1,032			+	+
Metsien tuhkalannoitus	0,185	53,5	0,018			0/-	+/-
Metsien typpilannoitus	0,465	40	0,059			-	0/-
Taimikonhoito	0,31	30	0,053		x	-	0
Metsien kangasmaaperän hoito**	0,235	15	0,080			+	+
Korpien jatkuva kasvatusta (Lehtonen ym. 2023)	1,0			x		?	+
Suojelueidien lisääminen	0,18	6,5	0,141	x		+	+
Puutuoteportfolion muuttaminen***	1,5	672	0,011			?	?
Kosteikot	0,18	4,35	0,211	x		+	+
Lahopuu****	1,26			x		+	+
<b>Yhteensä metsät ja kosteikot</b>	<b>6,8</b>						

\* Vuoteen 2035 mennessä \*\* Metsien kangasmaaperän hoito: metsien kiertoajan pidentäminen/hakkuista pidättäytyminen ja hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen \*\*\* Oletettiin tuotantorakenteen palautuvan 2000–2009 rakenteeseen \*\*\*\* Laskennassa oletettiin 50 %–100 % kasvu verrattuna vertailutasolaskennan skenaarioihin \*\*\*\*\* Voimistuva vaikutus perustuu oletukseen, että metsikön kehityksen alkuvaiheen investoinnit tuottavat hillintähyötyjä enenevässä määrin tulevaisuudessa. Vaikutus voi olla positiivinen (+), negatiivinen (-), mitätön (0), riippuu kohteesta (+/-), olla todennäköinen (x), tai ei ole arvioitu (?). Toimen tehokkuus on laskettu jakamalla Ilmava-raportin arvioima arvio saavutettavissa oleva kumulatiivinen päästövähennyspotentiaali jakson pituudella.

Siltä osin kuin taulukossa 41 esitetyt toimet eivät riitä ns. nettonielukuilun täyttämiseen (esim. Suomen ilmastopaneeli 2025), nettonielua voidaan voimistaa hakkuista vähentämällä. Ympäristötaloustieteellisten mallinnusten perusteella metsiin kohdistuvassa ilmastopolitiikassa hakkuista ja puunkäyttöä voitaisiin käyttää ilmastomuutoksen väliaikaisena hillintätoimena aluksi hakkuista alentaen ja hiljalleen elvyttämällä (esim. Lintunen & Uusivuori 2016, Pohjola ym. 2018). Hakkuut poistavat elävän puuston hiilivarastoa ja estävät sen kasvua. Karkeasti arvioiden yhden miljoonan kuution hakkuukertymän vähennys voimistaa LULUCF-hiilinelua noin 1,3–1,4 miljoona tCO<sub>2</sub>.

Toimenpidekokonaisuudessa otetaan käyttöön taulukossa 41 esitetyt toimet laajasti. Osa toimista tulee mukaan luonnon monimuotoisuutta lisäävinä toimina ja osa vesistötoimina. Loput toimista tulevat perustelluiksi puhtaasti ilmastotoimina. Hakkuisiin vaikuttavien toimien tarpeen laajuus arvioidaan toimenpidekokonaisuuden ja sen vaikutusarvioiden yhteydessä Luvussa 4.

## Hakkuut ja hiilinielu

**Taulukko 41** toimien nieluvaikutusta voidaan täydentää lisäämällä metsien hiilivarastoa hakkuista lykkäämällä tai harvennusten intensiteettiä alentamalla. Käytännössä nämä toimet tarkoittavat hakkuiden vähentämistä siirtymäajaksi tai mahdollisesti tarpeen mukaan pidempäänkin. Pysyvällä hakkuiden vähentämisellä on havaittu olevan pitkäkestoinen (100–300 vuotta) puuston määrää kasvattava vaikutus (Vauhkonen ym. 2024, Kuva 13). Puuston määrän kasvulla on suora yhteys puuston hiilivaraston kasvuun eli hiilinieluun.

Hakkuiden välitöntä vaikutusta metsänielun kehitykseen on arvioitu eri tavoin. Vaikutus tapahtuu suoraan elävän puuston biomassan hiilivarastoa pienentäen, mutta myös epäsuorasti kuolleen biomassan (hakkuutähteet) ja puutuotenielen (käytetty puu) kautta. Hakkuut lisäävät puuston poistumaa, minkä vaikutus, kasvun pysyessä ennallaan, voidaan arvioida tilastoista (esim. Soimakallio & Pihlainen 2023). Vaihtoehtoisesti puuston kasvuun liittyvää luontaista dynamiikkaa voidaan lyhyellä aikavälillä kontrolloida aikatrendillä (Berg-Andersson ym. 2021). Näiden tarkastelujen perusteella hakkuiden vähentämisen voimistava vaikutus biomassan hiilinieluun on 1,3–1,4 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

Metsänielun lisäksi hakkuut vaikuttavat puunkäyttöön ja siten puutuotteiden hiilinieluun. Hakkuiden vähentäminen heikentää puutuotteiden hiilinielua, koska hiilen syöte tuotevarastoon pienenee, mutta varastoidun hiilen vapautuminen jo olemassa olevasta varastosta jatkuu hakkuista riippumatta. Noin 40 prosenttia käytetystä puusta päätyy (lyhyt- ja pitkäkestoisin) tuotteisiin (Luke 2024c), joten suora hiilinielua heikentävä syötevaikutus on noin 0,3 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Jos hakkuukertymän aleneminen ei ole hetkellistä, puutuotteiden hiilivarasto pienenee ja niistä vapautuvan hiilen määrä vähenee myös. Tämän vuoksi hakkuiden alenemisen pidempikestoinen vaikutus puutuotenieluun on tätä pienempi.

## 3.4 Näkökulma: Sopeutuminen

*Juha Honkaniemi ja Jussi Lintunen*

### 3.4.1 Ilmastonmuutos ja Suomen metsät

Ilmastonmuutos vaikuttaa Suomen metsiin monella tavalla. Tässä osiossa käydään lyhyesti läpi keskeisiä vaikutuskanavia erityisesti puun tarjonnan näkökulmasta. Teksti pohjautuu suurelta osin suhteellisen tuoreeseen katsaukseen (Lehtonen ym. 2020).

Kasvava lämpösumma ja voimistuva CO<sub>2</sub>-lannoitus lisäävät puuston kasvuedellytyksiä mutta esimerkiksi lisääntyvät kuivuusjaksot heikentävät niitä, etenkin kuusella. Lämpenemisen seurauksena myös monet tuhoriskit voimistuvat: Monet bioottiset tuhot voimistuvat ja uusia tuhonaiheuttajia leviää Suomeen. Lisäksi roudaton kausi pitenee lisäten tuulituhojen riskiä.

Tämä kehitys vaikuttaa puun tarjontapotentiaaliin. Erityisesti männyn ja koivun tuotoksen voidaan odottaa kasvavan. Kuusen osalta on enemmän myös heikentäviä näkymiä. Kasvumutokset voimistuvat ilmastonmuutoksen edetessä. Tämän vuoksi kasvumuutoksia on odotettava erityisesti vasta vuosisadan puolivälin aikoihin ja sen jälkeen.

Tuhoriskien kasvu on odotettavissa jo aiemmin. Koska tulevaisuudessa tuhoriskejä myös realisoituu nykyistä enemmän, yhä suurempi osa puun tarjonnasta tulee puustotuhokohteilta.

Tuhokohteissa puutavaralajien saannossa painottuvat vähempiarvoiset kuitu- ja energiapuujakeet.

Edellä kuvattujen vaikutusten huomioiminen metsänhoidossa on ilmastonmuutokseen sopeutumista. Metsätalouden pitkien aikaskaalojen vuoksi, tulevat muutokset kasvuolosuhteissa ja tuhoriskeissä tulisi huomioida jo nyt metsää käsiteltäessä ja erityisesti uudistettaessa. Tuhoriskien kasvaessa riskit on huomioitava metsänhoidossa entistä enemmän. Käsittelemuutoksilla ja puulajivalinnoilla on myös vaikutusta sekä tulevan puuntarjonnan määrään ja koostumukseen.

Ilmastonmuutos muuttaa myös muuta eliölajistoa; lajien keskinäiset runsaussuhteet ja levinneisyysalueet muuttuvat; osa lajeista hyötyy, osa kärsii ilmastonmuutoksesta. Näitä muutoksia voi hillitä se, jos lajistolle on saatavilla niille optimaalisia elinympäristöjä ja/tai riittävästi ruokailu- ja lisääntymisresursseja, sillä tällöin lajeihin kohdistuu merkittävästi vähemmän stressitekijöitä. Viimeisimmässä uhanalaisuusraportissa (Hyvärinen ym. 2019) esitetyissä aidoissa metsälajien uhanalaisuusluokan muutoksissa (jotka siis johtuvat lajin todellisesta runsauden, esiintymien tai levinneisyyden muutoksista, eivät lisääntyneestä tiedosta) valtaosa positiivisista muutoksista koskee eteläisiä lehtipuilla eläviä lajeja, jotka hyötyvät lämpenemisestä. Vastaavasti negatiivisia luokamuutoksia dominoivat boreaalisten metsien lajit (ibid.), joiden vähenemisen tai levinneisyysmuutoksien taustalla voivat ilmastonmuutoksen ohella usein olla muutokset maankäytössä (Fraixedas ym. 2015). Levinneisyysalueiden muutoksia on jo dokumentoitu Suomessa; niissä näkyvät edellä kuvatut trendit, mutta myös joukko maahamme levittäytyviä tulokaslajeja (Pöyry ym. 2009, Virkkala & Lehikoinen 2014, 2017, Lehikoinen & Virkkala 2016, Hällfors ym. 2024). Esimerkki ilmaston lämpenemisen myötä levittäytyvästä lajista Etelä-Suomen metsissä on tulipäähippiäinen (*Regulus ignicapilla*), jonka ensipesintä maassamme todettiin 2020, mutta jolla todennäköisiä tai varmoja pesintöjä on päätymässä olevassa lintuatlaksessa jo noin 50 (Lintuatlas 2025).

### 3.4.2 Ilmastonmuutokset vaikutukset puustotuhoriskeihin

Ilmastonmuutos pääsääntöisesti lisää metsiin kohdistuvia tuhoriskejä ja muuttuvassa ilmastossa erilaisten tuhonaiheuttajien aiheuttamien häiriöiden esiintyvyys ja voimakkuus muuttuvat. Voimakkaat tuulet ja myrskyt aiheuttavat suuria taloudellisia tappioita Suomen metsätaloudelle ja niiden arvioidaan tulevaisuudessakin pysyvän merkittävimpänä tuhonaiheuttajana (Hantula ym. 2023, Repo ym. 2024). Tuulituhoihin voidaan sopeutua suosimalla sekapuustoa ja harventamalla puustoa maltillisesti. Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus laajassa mittakaavassa vähentäisi metsiköiden välisiä pituuseroja vähentäen myös tuulituhoriskiä (Mohr ym. 2024). Metsänhoitotapojen mosaiikissa hakkuuaukon viereinen poimintahakkuu voi kuitenkin olla hyvin altis tuulituholle. Kuusi on puulajeistamme alttein tuulituholle. Kuusella lisäksi mahdollinen kirjanpainajatuhojen lisääntyminen tuulituhojen jälkeen nostaa kokonaistuhoriskeä.

Kuusen tuhoriskiä kasvattaa myös tyvilahoa aiheuttava juurikäpä, joka nykyisellään aiheuttaa Suomessa yli 50 miljoonan euron vuosittaiset tappiot metsänomistajille (Hantula ym. 2023). Suorien puutavaran laatuun liittyvien tappioiden lisäksi juurikäpä heikentää puiden elinvoimaisuutta heikentäen niiden juuriston ankkurointikykyä tuulta vastaan. Lisäksi juurikäävän aiheuttama stressi todennäköisesti altistaa kuusia myös kirjanpainajan hyökkäyksille (Wahlman ym. 2025). Metsänhoidon toimenpiteistä tärkeimpiä juurikäävän kannalta ovat oikea-aikainen ja huolellinen kantokäsittely hakkuiden yhteydessä, jolla estetään uusien tartuntojen

leviäminen metsiköihin. Maltilliset harvennukset vähentävät juurikäävän leviämistä saastuneissa metsiköissä, sillä sienien kasvunopeus on hitaampi elävissä puissa kuin kantojen juuris-  
toissa. Ilmaston lämmetessä juurikäävän kasvukausi, sisältäen itiöiden tuottamisen ja kasvullisen leviämisen puissa, pitenee lisäten tuhojen merkitystä. Näin ollen myös torjunnan merkitys kasvaa tulevaisuudessa.

Ilmaston lämmetessä erityisesti Etelä-Suomessa kirjanpainajan aiheuttamien tuhojen arvioidaan lisääntyvän merkittävästi (Repo ym. 2024). Toistaiseksi kirjanpainajien aiheuttamat tuhot ovat olleet paikallisia ja niiden taloudellinen vaikutus metsissä pieni verrattuna muihin tuhoniheuttajiin (Hantula ym. 2023). Keski-Euroopassa ja Etelä-Ruotsissa kirjanpainajat ovat kuitenkin viimeisen vuosikymmenen aikana aiheuttaneet laajoja tuhoja heikentäen metsien hiilinielua ja aiheuttaen merkittäviä taloudellisia tappioita. Kirjanpainaja ja muut kaarnakuoriaiset hyötyvät puiden vastustuskyvyn alenemisesta muiden tuhoniheuttajien, kuten kuivuiden tai sienitautien, aiheuttamana. Kirjanpainajatuhoihin voidaan sopeutua monipuolistamalla puulajivalikoimaa, kasvattamalla sekapuustoja ja maltillisin harvennuksin. Pidennetyt kiertoajat etenkin Etelä-Suomen kuusikoissa kasvattavat mm. kaarnakuoriaisten aiheuttamaa tuhoriskiä (Repo ym. 2024).

Ilmastonmuutoksen myötä tuhoriskit yleisesti lisääntyvät. Tuhoriskien kasvuun ja kohdentumiseen liittyy kuitenkin paljon epävarmuuksia. Metsätalouden merkittävin sopeutumistoimenpide onkin riskien hajauttaminen monipuolistamalla kasvatettavaa puustoa ja lisäten sekapuustoisuutta. Lisäksi metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen esimerkiksi lahoppumäärää kasvattamalla parantaa metsien resistenssiä puustotuhoja vastaan, kun tuhohyönteisten luontaiset viholliset säilyvät elinvoimaisena osana ekosysteemiä. Puustotuhojen osalta on tärkeää ymmärtää niiden linkittyminen toisiinsa tilassa ja ajassa, esimerkkinä tuulituhot tietyllä alueella kasvattavat koko alueen kirjanpainajatuhoriskiä. Siksi metsänhoitotoimenpiteiden kohdentaminen oikeille kohteille on ensiarvoisen tärkeää. Lisäksi tulevaisuudessa metsänhoidon suunnittelua aluetasolla yli kiinteistörajojen tulisi edistää puustotuhojen hallinnan näkökulmasta.

## 4 Toimenpidekokonaisuus

### 4.1 Toimenpidekokonaisuuden tavoitteet

*Jussi Lintunen ja Sampo Pihlainen*

Luonnostellulla toimenpidekokonaisuudella pyritään saavuttamaan Suomen metsille asetetut ympäristötavoitteet. Tavoitteet ovat seuraavat:

- Luontokadon pysäyttäminen ja luonnon tilan kääntäminen elpymisuralle vuoteen 2030 mennessä Suomen metsissä
- 2035 luonnon monimuotoisuuden tilan tulisi olla sama tai parempi kuin vuonna 2020 (Suomen oma tavoite)
- 2050 mennessä ekosysteemien elinvoimaisuuden tulisi olla turvattu ja ihmisen aiheuttamien lajien sukupuuttojen tulisi olla loppuneet
- Metsätalouden vesistövaikutusten merkittävä väheneminen
- Metsien hiilinielun tulisi olla vuonna 2035 sellaisella tasolla, että hiilineutraalisuustavoite saavutetaan. Tämän jälkeen nielua pidetään yllä ja kasvatetaan maltillisesti kohti vuotta 2050.
- Metsänhoidon avulla sopeudutaan ilmastonmuutokseen ja vahvistetaan Suomen metsien resilienssiä

Esitettyjen luontokatoon liittyvien tavoitteiden kääntäminen kvantitatiivisiksi ajallisiksi tavoitteiksi ei ollut hankkeen puitteissa mahdollista. Ongelma on ratkaistu niin, että toimenpidekokonaisuus rakennetaan riittävän kunnianhimoiseksi, että se käynnistää keskeisten heikentyneiden rakennepiirteiden määrän kasvun kohti tasoa, joka vastaa erityisesti vuodelle 2050 asetettuja tavoitteita. Samanlainen kvalitatiivinen lähestymistapa on käytössä vesistövaikutusten suhteen.

Ilmastotavoitteille sen sijaan voidaan tehdä kvantitatiivista arviointia. Metsänielun tavoitetaso asetetaan sellaiseksi, että Suomi saavuttaisi vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteensa. Tämä tarkoittaa nettopäästöjen nollassa eli nielujen on oltava yhtä suuret kuin päästöt. Lähtökohdaksi valitsimme Suomen ilmastopaneelin (2025) arvion vuoden 2035 päästöistä. Arvion mukaan vuonna 2035 metsämaan ja puutuotteiden katettavaksi jäävä päästöjen määrä vuonna 2035 olisi 23 Mt, kun 3,4 Mt:n tekniset hiilinielut huomioidaan. Olettaen metsämaan maaperäpäästöjen olevan KEITO WEM-L-skenaarion tasolla 15,8 Mt (Koljonen & Silfver 2025), puutuotteiden nielun -1 Mt ja muut nielua voimistavat toimet (jatkuva kasvatusturvemailla 1 Mt, kuolleen puun poiston ja murskaantumisen välttäminen 0,6 Mt ja metsäkadon hillintä 0,7 Mt), jää metsien kasvibiomassan nielutarpeeksi noin 35,5 Mt. Tämä tarkoittaisi vuoteen 2035 mennessä nielun voimistamista noin 22,5 Mt:lla verrattuna vuoden 2023 tasoon -12,9 Mt (Tilastokeskus 2025). Tätä voidaan tavoitella voimistamalla kasvibiomassan, kuolleen puun ja maaperän nieluja voimistamalla.

## 4.2 Toimenpidekokonaisuuden kuvaus

*Sampo Pihlainen, Jussi Lintunen ja Aino Assmuth*

### 4.2.1 Metsänhoidon vaihtoehtoista

Toimenpidekokonaisuus ei lähtökohtaisesti ota kantaa valittuun metsänhoitotapaan, jollei metsänhoitotapa ole oleellinen osa tarvittavaa ratkaisua. Metsää voidaan siis useimmissa tapauksissa hoitaa jaksollisen kasvatuksen hakkuin tai metsänhoidossa voidaan tähdätä jatkuvaan kasvatukseen. Tavoitellut rakennepiirteiden tasot esimerkiksi lahoppuun ja järeiden vanhojen puiden määrälle ovat siis pääsääntöisesti samat metsänhoitotavasta riippumatta. Toimenpiteissä määritellyt säästöpuumäärät ovat osalla kasvupaikoista merkittäviä, mikä luultavasti heikentää uudistamisinvestointien kannattavuutta ja voi osaltaan kannustaa jatkuvan kasvatuksen tai jaksollisessa kasvatuksessa luontaisen uudistamisen käyttöön. Toisaalta suuret säästöpuumäärät muuttavat jaksollista kasvatusta automaattisestikin kohti luontaisen uudistamisen siemenpuu-, kaistale- ja suojuspuuhakkuita<sup>1</sup>, joissa hehtaarille jätetään joka tapauksessa merkittävästi puustoa seuraavan puusukupolven luomiseksi. Toimenpidekokonaisuudessa jatkuva kasvatusta ymmärretään laajasti, eli siihen liittyviä toimenpiteitä ovat poiminta-, pienaukko- ja pienialaiset kaistalehakkuut. Lisäksi koska säästöpuumäärät voivat olla merkittäviä ja luontaiseen uudistamiseen nojaavien hakkuiden odotetaan jaksollisessa kasvatuksessa toimenpidekokonaisuuden myötä yleistyvän, pienenevät jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen erot. Tämän vuoksi toimenpidekokonaisuudessa ei korosteta metsänhoitotapojen eroja, mutta on syytä huomioida, että osa kokonaisuuden toimenpiteistä voi liittyä erityisesti tiettyyn metsänhoitotapaan.

### 4.2.2 Taimikonhoitoon ja hakkuisiin kohdistuvat toimenpiteet

Alla kuvattavilla toimenpiteillä pyritään metsälajiston turvaamisen kannalta olennaisten rakennepiirteiden turvaamiseen sekä metsien hiilinielun vahvistamiseen. Toimilla on myös hyödyllisiä vaikutuksia vesistöjen laatuun. Toimien valinnassa on huomioitu myös niiden hyödyt ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.

Metsälajiston turvaamisen kannalta keskeisiä, ja nykyisissä talousmetsissä riittämättömästi edustettuja, rakennepiirteitä ovat järeän lahoppuun riittävä määrä, suurten ja vanhojen puiden riittävä määrä sekä monipuolinen puulajikoostumus. Nämä piirteet ovat dynaamisessa vuorovaikutuksessa keskenään; esimerkiksi suuret puut tuottavat kuollessaan metsään hitaasti hajoavaa järeää lahoppuuta. Lahoppuusta riippuvaisen lajiston kannalta on tärkeää, että metsässä säilyy jatkumo eri kokoista ja eri puulajeja edustavaa puuainesta lahoamisen eri vaiheissa (katso luku 3.1).

---

<sup>1</sup> Siemenpuu-, kaistale- ja suojuspuuhakkuut ovat eri puulajeille eri kasvuolosuhteissa käytettyjä luontaisen uudistamisen hakkuita, joissa hakattu ala taimettuu luontaisesti. Hakkuussa jätetyt puut toimivat siementen lähteenä mutta myös suojaavat taimikkoa. Säästetty puusto valitaan uudistamiseen mutta myös säästöpuiden laatuun kohdistuvien tavoitteiden mukaan. Taimikon synnyttyä näissä hakkuuvoissa tehdään ylispuiden poisto, jolloin valitaan lopulliset säästöpuut.

Eri ilmastovyöhykkeillä (Kuva 25) sijaitseville talousmetsille voidaan luonnonmetsien rakennetta ja dynamiikkaa koskevan tutkimustiedon ja ekologian teorian pohjalta esittää kuolleen puun ja järeiden vanhojen puiden kasvupaikkakohtaisia tavoitetasoja (Taulukko 42). Tavoitetasot ovat osuuksia (15–30 %) luonnontilaisten metsien arvioiduista keskimääräisistä rakennepiirteiden määristä. Tavoitetasojen saavuttaminen todennäköisesti mahdollistaisi uhanalaisen lajiston säilymisen nykyistä paremmin. On myös hyvä huomioida, että keskeisten resurssien lisääminen metsiin hyödyttää uhanalaisen lajiston lisäksi usein myös tavanomaista lajistoa ja voi ehkäistä sen tulevaa taantumista.

**Taulukko 42.** Kuolleen puuston ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) ja järeiden vanhojen puiden ( $\text{kpl}/\text{ha}$ ) tavoitetasot talousmetsissä eri kasvupaikkatyypeillä, hemi-keskiborealisella vyöhykkeellä ja pohjoisborealisella vyöhykkeellä. Kasvupaikat taulukossa ovat kankaita, mutta luvut pätevät myös vastaavan kasvukyvyn turvemaille. Tavoitetasojen on määritetty olevan 15–30 % luonnontilaisesta määrästä. Luonnontilaisen ikäluokkajakauman oletetaan tässä vaihtelevan kasvupaikan mukaan. Lähde: Taulukot 16–17.

Kasvupaikkatyyppi	Kuollut puu ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )		Järeä vanha puu ( $\text{kpl}/\text{ha}$ )	
	Hemi-keski-boreaalinen	Pohjois-boreaalinen	Hemi-keski-boreaalinen	Pohjois-boreaalinen
Lehtomainen	21–43	11–22	10–20	6–12
Tuore	17–34	9–17	5–9	6–12
Kuivahko	15–29	8–15	3–7	10–20
Kuiva	10–20	5–10	3–7	9–17



**Kuva 25.** Suomen ilmastovyöhykkeet [Lähde: Ilmatieteen laitos (n.d.), <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>]

Toimenpidekokonaisuudessa taulukon 42 mukaisiin kuolleen puun ja järeän puun tavoitetasoihin pyritään pitkällä aikavälillä luontaisesti kuollutta puuta säästämällä, säästöpuita päätehakuissa jättämällä sekä aktiivisesti hakuiden yhteydessä kuollutta puuta tuottamalla esimerkiksi tekopötkelöiden muodossa. Lisäksi vanhojen järeiden lehtipuiden määrän lisäämiseksi säästöpuiden valinnassa suositaan lehtipuita. Edellä esitettyihin tavoitetasoihin pääsemiseksi ja muiden keskeisten rakennepiirteiden turvaamiseksi taimikonhoitoon ja hakkuisiin tarvitaan useita muutoksia.

Kustannusten hallinnan kannalta nähtiin järkeväksi, että toimenpiteitä ei toteuteta kaikkialla samalla intensiteetillä, vaan voimakkaimmat toimenpiteet tehdään kohteissa, joissa ekologinen hyöty on suurinta. Toisaalta kaikissa talousmetsissä tarvitaan parannusta rakennepiirteiden turvaamiseen riittävän kattavan rakennepiirteiden jatkumon turvaamiseksi. Toimenpidekokonaisuudessa toimet jaetaan metsämaalle 70/20/10-lähestymistavalla, jossa valtaosalla metsäalueista (70 %) rakennepiirteitä lisätään maltillisemmin, pienemmällä osalla (20 %) voimakkaammin ja loput 10 % suojellaan tiukasti.

Toimenpidekokonaisuuden voimakkaampien rakennepiirteiden lisäysten alueilla pyritään taulukon 42 tavoitetasojen vaihteluvälien ylärajalle, eli 30 prosenttiin luonnontilaisen metsän kuolleen puun ja järeän vanhan puun määrästä. Vastaavasti alueilla, joissa rakennepiirteitä lisätään maltillisesti, pyritään taulukon 42 vaihteluvälien alarajalle, eli 15 %:iin luonnontilaisten metsien kuolleen puun ja järeän vanhan puun määrästä. Tavoitetasojen valinnoilla pyritään tasaisesti niin korkeisiin rakennepiirremääriin, että niistä muodostuu kattava jatkumo. Voimakkaammat toimet kohdennetaan kasvupaikkatyypeittäin ja alueellisesti monimuotoisuusvaikutuksen tehostamiseksi (esimerkiksi suojelualueiden läheisyyteen ja kytkeytyneisyys huomioiden). Käytännössä voimakkaimpien lisäysten kohdennuksessa (20 % alasta) painotetaan niitä kasvupaikkatyypejä ja ilmastovyöhykkeitä, joissa luonnontilaisten metsien kuolleen puun ja järeän puun määrät ovat korkeita.

70/20/10-lähestymistavan huomioiden toimenpidekokonaisuuteen sisällytetään seuraavat toimenpiteet:

- Eläviä **säästöpuita jätetään** hakkuissa nykyistä merkittävästi enemmän ja **säästöpuiden valinnassa painotetaan järeitä ja vanhoja puita sekä lehtipuita**. Myös jatkuva-peatteisessä metsänkasvatuksessa huolehditaan riittävästä suurten ja vanhojen puiden säilyttämisestä kohteilla. Aiemmin jätettyjä säästöpuita ei poisteta myöhemmissäkään hakkuissa.
- Taimikonhoidossa, harvennuksissa ja säästöpuiden valinnassa **huolehditaan lehtipuiden riittävästä määrästä**. Havupuuvaltaisissa metsiköissä pyritään keskimäärin vähintään 20 prosentin lehtipuuosuuteen. Uudistushakuissa säästetään säästöpuina järeät ja vanhat lehtipuut, kuten haapa ja raita. Lehtipuuvaltaisten metsien määrää kasvatetaan erityisesti kangasmailla. Puulajivalinnoissa ja -suhteissa huomioidaan tuhoriskit sekä kasvupaikan vaatimukset muuttuvassa ilmastossa.
- Harvennuksien ja päätehakkuiden yhteydessä **tuotetaan aktiivisesti kuollutta puuta** esimerkiksi tekopötkelöiden muodossa.
- Kaikissa hakkuissa **varotaan erityisesti järeän kuolleen puun** (pystyyn kuolleet ja maapuut) **murskaamista. Kuollutta puuta ei korjata**. Myös puustotuhojen jäljiltä kuolleiden puiden korjaamista vältetään.
- Ilmastonmuutoksen hillintätoimena **kivennäismailla harvennetaan maltillisemmin (jäljelle jäävä pohjapinta-ala on suurempi ja/tai harvennuksia tehdään**

**harvemmin**) ja jaksollisessa kasvatuksessa **pidennetään kiertoaikoja**, verrattuna metsänkäsittelyyn, joka ei huomioi ilmastovaikutuksia. Näiden hiilivarastoa kasvattavien toimenpiteiden mitoituksessa huomioidaan kasvupaikka ja erityisesti kuusikoissa tuhoriskien hallinta. Toimien tarvittava mittakaava riippuu siitä, kuinka suuri osa ilmastavoitteesta tulee katetuksi muilla, joka tapauksessa monimuotoisuuden ja vesistöjen suojelun kannalta välttämättömillä, toimilla.

- Turvemailla ilmastonmuutoksen hillintätoimissa on huomioitava puuston korkean tilavuuden aiheuttama vedenpinnan lasku, mikä nopeuttaa turvekerroksen hajoamista. Siten turvemailla ilmastonmuutoksen hillintätoimet poikkeavat kivennäismaiden toimista, eivätkä pyri pelkästään kasvattamaan puuston hiilivarastoa. Sen sijaan toimilla pyritään ylläpitämään tasaista kohtalaista haihduntaa ja siten pohjavedenpinnan syvyyttä, jotta ojitustarve minimoituu mutta turvekerros ei kuivu liian syvältä. Turvemailla metsänhoitoa ohjaavat erityisesti vesienhallinnan tarpeet (ks. jakso 4.2.6).
- Metsien kasvua tukevana toimina **talousmetsissä tehdään taimikonhoitotyöt ajallaan, metsien lannoitusta lisätään** ja metsän uudistamisessa hyödynnetään **jalostettua taimimateriaalia**. Typpilannoitusta ei tehdä nitraatteja sisältävillä lannoitteilla, koska se on altis huuhtoutumiselle.

Yllä kuvatut toimenpiteet eivät sovellu kaikille kasvupaikoille (esim. lehdot ja paahdeympäristöt). Nämä kasvupaikat käsitellään erillisenä toimenpidekokonaisuutena jaksossa 4.2.8.

**Synergia:** Säästöpuiden varastoimana metsään jää hiiltä, joten puuston hiilivarasto ei täysin poistu metsästä päätehakuissa. Myös kuollut puu varastoi hiiltä. Toisaalta hyvin suuri säästö- ja lahoppuutilavuus voi haitata seuraavan puusukupolven kasvua. Kiertoajan riittävä pidentäminen hyödyttää vanhojen metsien lajeja.

**Ilmastonmuutokseen sopeutuminen:** Puulajien ja puulajisuhteiden valinnalla voidaan vaikuttaa puustotuhoriskeihin: kuusien välttäminen kuivuudesta tai juurikäävästä kärsivillä alueilla. Sekametsät alentavat tiettyihin lajeihin keskittyvien tuhoaiheuttajien aiheuttamaa taloudellista riskiä. Pidemmät kiertoajat kasvattavat vanhoihin puihin, erityisesti kuusiin, kohdistuvia tuhoriskejä, mutta riskiä voi hallita kohdentamalla kiertoajan pidennystä alueille ja puulajeihin, joilla riskit ovat pienemmät. Lahopuu voi suojata puustoa tuholaisilta ylläpitämällä metsässä tuholaisien kuten kirjanpainajan luontaisia vihollisia.

### 4.2.3 Kuolleen ja järeän vanhan puun lisäämisestä

Säästöpuiden avulla voidaan lisätä järeiden vanhojen puiden määrää. Kuollessaan nämä säästöpuut muodostavat kuollutta puuta. Kuollutta puuta voidaan tuottaa myös aktiivisin toimin kuten tekopötkelöin. Taulukossa 42 esitettyihin järeiden vanhojen puiden ja kuolleen puun tavoitetasoihin pääsy vaatii säästöpuita ja kuolleen puun osalta mahdollisesti myös tekopötkelöitä. Tekopötkelöitä hyödyntäen voidaan myös nopeuttaa kuolleen puun määrän suotuisaa kehitystä. Lisäykset säästöpuiden ja tekopötkelöiden määrässä kasvattavat järeiden vanhojen puiden ja kuolleen puun pitkän aikavälin (keskimääräisiä) tasapainomääriä. Kun nämä tasapainomäärät asettuvat taulukon 42 mukaisille tavoitetasoilleen, säästöpuiden ja tekopötkelöiden määrän voidaan arvioida olevan vaadittavalla tasolla. Tarkastelun kannalta keskeistä on, miten säästöpuiden ja tekopötkelöiden syöte vaikuttaa pitkän aikavälin tasapainomääriin.

Järeän vanhan puun tasapainomäärää voidaan arvioida jakamalla keskimääräinen vuotuinen säästöpuusyöte ( $m^3/a$ ) säästöpuiden vuotuisella kuolleisuudella ( $1/a$ ). Vastaavasti kuolleen puun tasapainomäärälle vuotuinen kuolleen puun syöte ( $m^3/a$ ) jaetaan kuolleen puun vuotuisella hajoamisnopeudella ( $1/a$ ). Kuolleen puun syöte määräytyy säästöpuista, tekopötkelöistä ja luonnonpoistumasta. Arvioinnin pohjana käytetään tietoa tyypillisistä kiertoajoista (Tapio n.d.), luontaisen poistuman suuruudesta (Ihalainen 2013), kuolleen puun hajoamisnopeuksista (Shorohova & Kapitsa 2014) ja säästöpuiden kuolleisuudesta (Heikkala ym. 2014).

Kuolleiden puiden hajoamiskertoimet vaihtelevat puulajikohtaisesti: männyt hajoavat hitaasti, kuuset hieman nopeammin ja lehtipuut vielä nopeammin. Männyillä siis saman kuolleen puun määrän ylläpitäminen vaatii pienemmän vuotuisen syötteen kuin kuusilla tai lehtipuilla. Hajoamisnopeuksien arvioitiin olevan 1,5–6 %/a. Vastaavasti säästöpuiden kuolleisuus on korkeampaa kuusilla ja lehtipuilla kuin männyllä. Jos säästöpuut jätetään suurissa ryhmissä ja tuhoriskit huomioiden, niiden kuolleisuus on pienempi kuin yksittäin jätetyillä säästöpuilla. Kuolleisuuden arvioitiin olevan 1,5–3 %/a. Luontainen kuolleisuus on rehevillä mailla suurempaa kuin karuilla ja sen arvioitiin olevan 0,2–0,45  $m^3/a$ , kun kuollutta puuta säästetään nykytasoa enemmän. Kiertoaikojen vaihteluväli oli 60–120 vuotta.

Alla on esitetty eräitä esimerkkejä säästöpuiden ja tekopötkelöiden määristä. Esimerkkeihin tulee suhtautua varauksella, sillä niin tavoitetasot kuin edellä esitetyt parametritkin on koottu eri lähteistä, minkä vuoksi käytetyt luvut voivat olla epä johdonmukaisia keskenään.

#### **4.2.3.1 Hemi-keskiboreaalin kuivahko männikkö, jossa lehtipuita 20 % tilavuudesta**

Maltillinen:

- Tavoite: kuollut puu 15 m<sup>3</sup>/ha ja järeitä/vanhoja puita 3 kpl/ha
- Säästöpuut (m<sup>3</sup>/ha): mäntyjä 4 ja lehtipuita 1
- Tekopökkelöt (m<sup>3</sup>/ha): mäntyjä 3 ja lehtipuita 1

Voimakas:

- Tavoite: kuollut puu 29 m<sup>3</sup>/ha ja järeitä/vanhoja puita 7 kpl/ha
- Säästöpuut (m<sup>3</sup>/ha): mäntyjä 10 ja lehtipuita 3
- Tekopökkelöt (m<sup>3</sup>/ha): mäntyjä 14 ja lehtipuita 4

#### **4.2.3.2 Hemi-keskiboreaalin tuore kuusikko, jossa lehtipuita 20 % tilavuudesta**

Maltillinen:

- Tavoite: kuollut puu 17 m<sup>3</sup>/ha ja järeitä/vanhoja puita 5 kpl/ha
- Säästöpuut (m<sup>3</sup>/ha): kuusia 9 ja lehtipuita 2
- Tekopökkelöt (m<sup>3</sup>/ha): kuusia 4 ja lehtipuita 1

Voimakas:

- Tavoite: kuollut puu 34 m<sup>3</sup>/ha ja järeitä/vanhoja puita 9 kpl/ha
- Säästöpuut (m<sup>3</sup>/ha): kuusia 24 ja lehtipuita 6
- Tekopökkelöt (m<sup>3</sup>/ha): kuusia 17 ja lehtipuita 5

#### 4.2.4 Hiilivaraston kehitykseen vaikuttamisesta

Tarkasteltu toimenpidekokonaisuus vaikuttaa monin eri tavoin metsien käyttöön. Luvussa 4.3 esitetään Motti-ohjelmistolla tehtyyn ennustelaskentaan perustuva arvio toimenpidekokonaisuuden vaikutuksista metsiin ja metsien käyttöön. Koska toimenpidekokonaisuutta ei siinä voitu mallintaa täysin kattavasti, tässä jaksossa esitetään teoriaan ja karkeisiin suuruusluokka-arvioihin perustuva yleiskuva vaikutuksista.

Toimenpiteiden vaikutus puuntarjontapotentialiin on arvioitavissa melko suoraviivaisesti, mutta puumarkkinavaikutusten huomioiminen ja siten toteutuvien hakkuukertymien arvioiminen vaatii lisäoletuksia tai erillistä mallinnusta. Arviomme mukaan monimuotoisuus- ja vesistötoimien vaikutus hakkuukertymään olisi kymmenen miljoonan kuutiometrin luokkaa, jos hakkuukertymän alenemaa ei kateta lisähakkuilla muissa kohteissa. Luvussa 3.3.5 arvioitiin, että miljoonan kuution hakkuiden vähenemä tuottaa karkeasti arvioiden 1,3–1,4 miljoonan hiilidioksiditonnielun lisäyksen, jos muuten metsävarat ja metsänhoito ovat samanlaista. Näin arvioiden monimuotoisuus- ja vesistötoimien vaikutus metsänieluun olisi karkeasti arvioiden noin 13 milj. tCO<sub>2</sub>.

Edellä esitettiin, että metsänielun muuten pysyessä nykytasollaan toimenpidekokonaisuuden tulisi voimistaa sitä n. 22,5 milj. tCO<sub>2</sub>. Arviomme mukaan monimuotoisuus- ja vesistötoimien lisäksi tarvitaan siis myös erillisiä ilmastotoimia n. 9,5 milj. tCO<sub>2</sub> edestä, jotta ilmastotavoitteet voitaisiin saavuttaa. Ilmastotoimet pyrkivät ylläpitämään tai kasvattamaan metsäalaa ja metsän hiilivarastoa erillisin toimin ja hakkuukäyttäytymistä muuttamalla. Se, millä painotuksilla eri toimia käytönotetaan, riippuu osin valituista ohjauskeinoista. Toimenpidekokonaisuudessa oletamme, että noin 2 milj. tCO<sub>2</sub> nielulisäys voitaisiin saavuttaa ns. Ilmava-toimin (Luku 3.3.5). Loput 7,5 milj. tCO<sub>2</sub> jäisi hakkuukäyttäytymisen muutoksille.

Ohjauskeinojen vaikutukset riippuvat siitä, kuinka laajasti vapaaehtoisia toimia otetaan käyttöön. Toimien vaikutukset ovat lisäksi dynaamisia, eli niiden lyhyen aikavälin ja pitkän aikavälin vaikutukset voivat olla erilaisia. Lähtökohtaisesti hiilivaraston kasvun lisääminen eli nielun voimistaminen kestää vain rajallisen ajan, jollei toimia voimisteta yli ajan. Tämän vuoksi emme voi esittää tarkkoja arvioita esimerkiksi sille, kuinka paljon kiertoaikoja tulisi pidentää. Osin tämä riippuu siitä, kuinka kauan metsänielua pyritään ylläpitämään. Jos esimerkiksi keskimääräisiä kiertoaikoja pyrittäisiin pidentämään 15 vuotta, nielua voimistava vaikutus kestää yli 15 vuotta ja vaikutuksen kesto riippuu siitä, kuinka voimakkaasti päätehakkuut sopeutuvat kannustimiin. Tähän vaikuttavat itse kannustimet, mutta myös tarjontamuutoksen vaikutus hakkuukertymään: hakkuut määräytyvät kysynnän ja muuttuneen tarjonnan markkinatasapainossa.

Edellä esitetyn perusteella voimme kuitenkin todeta, että jos hiilivaraston kasvua voimistetaan hakkuumuutoksilla 20,5 miljoonaa hiilidioksiditonniä vaatisi se noin 15 miljoonan kuution hakkuiden vähennyksen. Tämä tarkoittaisi noin 58 milj. m<sup>3</sup> vuotuista hakkuukertymän tasoa, eli viidennes vuotuisesta hakkuukertymästä ja siten hakkuista lykättäisiin. Näin arvioitu hakkuutaso vastaisi Keiton LTS-työn Ympäristö edellä -skenaariota (Koljonen ym. 2025). Siltä osin kuin mitä toimenpidekokonaisuus lisää puuston kasvua, vähentää se tarvetta vähentää hakkuita. Luvussa 4.3 esitettyssä Motti-ennustelaskennassa, sekä perusurassa että toimenpidekokonaisuuden vallitessa, metsänkasvu on voimakkaampaa kuin edellä esitettyssä arviossa. Siksi siinä hakkuukertymiä ei tarvitse laskea yhtä voimakkaasti. Jäljempänä raportin vaikutusarviot perustuvat Motti-ohjelmistolla tehtyyn ennustelaskelmaan.

#### 4.2.5 Hakkuiden ulkopuolelle jätettäviin alueisiin liittyvät toimenpiteet

Alla kuvattavilla toimenpiteillä **pyritään vaateliaan metsälajiston turvaamiseen ja vesistöjen laadun parantamiseen**. Toimilla on myös hyödyllisiä vaikutuksia hiilivarastojen kasvattamiseen.

- **Turvataan** 10 metrin levyinen metsätalouden ulkopuolelle jätettävä **suojavyyhyke** kaikkien pienvesien (lähteet, pienet lammet sekä purot ja norot, joilla on uoma) varteen. Suojavyöhykevaatimukselle voidaan tarvittaessa määritellä poikkeusehtoja Pohjois-Suomen suuren purotiheyden huomioimiseksi. Ojille jätetään 2 metrin levyinen suojakaista, jolla maata ei muokata muuten kuin ennallistamistarkoituksessa. Ojia ei perata vesistöjen lähellä. Suojavyöhykkeiden puut huomioidaan hakkuutarkasteluissa säästöpuina.
- **Suojellaan arvokkaat elinympäristöt ekologisin perustein** ilman vaatimuksia luonnontilaisuudesta, pienialaisuudesta tai taloudellisesti vähämerkityksellisyydestä. Suojeltavaan elinympäristöön sisällytetään riittävät suojavyöhykkeet. Arvokkaiden elinympäristöjen listaa laajennetaan tutkimustiedon perusteella.
- **Suojellaan kaikki vanhat sekä luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset metsät.** Suojeltu ala sisältää metsämaata mutta myös runsaasti kitumaita.
- **Muussa suojelun lisäämisessä painotetaan Etelä-Suomea**, jossa suojelupinta-ala on nykyään matala. Näin suojeluala saataisiin kasvatettua Etelä-Suomessa keskimäärin 10 prosenttiin. Monimuotoisuushyötyjen maksimoimiseksi keskeistä on suojelun kohdentaminen ekologisesti merkityksellisimpiin kohteisiin.

**Synergiat:** Alueiden jättäminen pois hakkuiden piiristä mahdollistaa alueiden kehityksen kohti luonnontilaisen metsän rakennetta. Toimia kohdistetaan alueille, joissa jo on suojelun tarpeessa olevia rakennepiirteitä ja elinympäristöjä, mutta ajan myötä suojelu lisää vanhan metsän rakennepiirteitä laajemminkin. Pää tavoite on metsälajiston turvaaminen. Tämän lisäksi erityisesti suojavyöhykkeet tukevat vesistöluontoa hillitsemällä ravinteiden kulkeutumista metsämaalta vesistöihin ja tarjoamalla varjostusta. Suojavyöhykkeet toimivat myös lajien leviämisreitteinä ja parantavat elinympäristöjen kytkeytyneisyyttä. Avohakkuiden lopettaminen vähentää ravinnekuormitusta näiltä alueilta. Hakkuiden vähentyminen johtaa näillä alueilla hiilivaraston kasvuun, mikä edesauttaa ilmastotavoitteiden saavuttamista.

**Ilmastonmuutokseen sopeutuminen:** Hakkuiden ulkopuolelle jätetyt metsät tasaavat maaperän kosteusoloja, hillitsevät ilmastonmuutoksen myötä runsastuvia ravinnevalumia ja viilentävät paikallisilmastoa. Toisaalta ikääntyvät puustot ovat alttiita tuhoille, joilla on myös kuollutta puuta lisäävä vaikutus. Suojavyöhykkeiden suunnittelussa tulee minimoida tuulituhon riski. Hakkuiden reunan ilmansuunta voi aiheuttaa viereisen kuvion reunapuuston kuivumista.

#### 4.2.6 Maanmuokkaukseen, ojitukseen ja vesienhallintaan kohdistuvat toimenpiteet

Alla kuvattavilla toimenpiteillä **pyritään metsätalouden vesistöhaittojen ja suometsien maaperän tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen**. Toimilla on myös myönteisiä vaikutuksia monimuotoisuuteen ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen.

- **Luovutaan uudisojituksista.**
- **Vähennetään** huomattavasti **kunnostusojituksia** ja sellaista maanmuokkausta, jossa tehdään vettä johtavia uomia
- Kunnostusojitusten ja niihin vertautuvien maanmuokkaustoimien välttämiseksi **siirrytään jatkuvapeitteiseen kasvatukseen turvemaidella ja alavilla kankailla**. Laajasti ymmärrettyä (sisältäen myös pienaukko- ja kaistalehakuut) jatkuvapeitteinen metsänhoito sopii myös karummille kasvupaikoille kuten rämeille.
- Siellä missä kunnostusojitus katsotaan välttämättömäksi, **varmistetaan ojitustyön korkea laatu** (minimoidaan kuivatus) ja **yhdistetään se tutkitusti tehokkaisiin vesiensuojelukeinoihin** kuten riittävän laajoihin pintavalutuskenttiin.
- Voimakkaasti syöpyviin ja metsätalouden näkökulmasta tarpeettoman syviin ojiin rakennetaan veden virtausta hillitseviä ja siten syöpymistä ehkäiseviä patorakennelmia.
- Tehottomista vesiensuojelutoimista (laskeutusaltaat, kaksitasouomat, puun lisääminen vesiin) luovutaan.
- Vesiensuojelukosteikoita perustetaan paikkoihin, joissa ne ovat tarpeellisia ja niiden perustaminen on mahdollista. Käytännössä keskeistä on, tukevatko alueen maanpinnanmuodot kosteikkojen syntymistä.
- Metsänuudistamiseen mahdollisesti liittyvät maanmuokkaukset toteutetaan niin, että vältetään (vanhan) kuolleen puuaineksen hajoaminen.

**Synergia:** Toimien pääasiallinen tarkoitus on hillitä metsätalouden vesistöjä ml. orgaanisen aineen huuhtoutuminen, joka tummentaa vesistöjä ja lisää myös hiilidioksidi- ja metaanipäästöjä vesistöistä. Lisäksi vesitalouteen liittyvät toimet erityisesti turvemaidella hillitsevät maaperän kasvihuonekaasupäästöjä. Monimuotoisuushyötyjä saadaan erityisesti sellaisilla suoalueilla, joita ei uudisojiteta. Vesiensuojelukosteikot voivat olla suotuisia (sekä kosteikon alueella että kosteikon alapuolisissa vesistöissä) eräille lintulajeille, sammakkoeläimille, kosteikkokasveille sekä hyönteisille.

**Ilmastonmuutokseen sopeutuminen:** Toimet, joilla ylläpidetään korkeampaa pohjavedenpinnan tasoa, edesauttavat puiden kasvua kuivuusjaksojen aikana ja hillitsevät turvepalojen riskiä. Vesienhallintatoimilla ehkäistään myös ilmastonmuutoksen myötä muutoin kasvavia ravinnevalumia vesistöihin, turvaten vesiemme tilaa ja niiden kalakantoja tulevaisuudessa. Kosteikot, vähentynyt ojitus ja pienempi ojasyvyys myös edistävät tulvasuojelua ja tasoittavat kasvukauden aikaista vedenpinnan vaihtelua.

#### 4.2.7 Maankäytön muutoksiin liittyvät toimenpiteet

Alla kuvattavilla toimenpiteillä **pyritään metsien hiilensidonnan vahvistamiseen ja monimuotoisuuden turvaamiseen**. Toimilla on myös myönteisiä vaikutuksia vesistöjen tilaan.

- **Vähennetään metsäkatoa**, erityisesti turvemailla näiden suuren ilmastohaitan vuoksi (suota ennallistettaessa voidaan puut tarvittaessa poistaa) ja monimuotoisuuden kannalta arvokkaissa kohteissa.
- Lisätään **metsitystä** kohteissa, joissa se on mahdollista avoimien alueiden lajistoa heikentämättä.
- **Ennallistetaan tai** (silloin kun jäljellä oleva turvekerros on ohut) **metsitetään turvetuotantoalueet**. Ennallistaminen tehdään vettämällä.
- **Ennallistetaan suotuisat suot/suometsäkohteet**. Ennallistamisessa priorisoitavia kohteita ovat ne, joista voidaan tehdä vesiensuojelukosteikoita (riittävä kaltevuus).

**Synergiat:** Metsäkadon estäminen ja metsityksen lisääminen ovat erityisesti ilmastotoimia. Metsäkadon estämisellä voi olla myös monimuotoisuus- ja vesistövaikutuksia, jos säästyneiden metsäalueiden luontoarvot poikkeavat keskimääräisestä talousmetsästä tai jos metsäkadon ehkäisy estää uusien ravinnekuormitusta lisäävien peltoalueiden syntyä. Metsityksessä vaikutus on käänteinen, mutta on pidettävä huoli siitä, ettei se kohdistu alueisiin, joiden metsittäminen heikentäisi avoimien alueiden lajistoa.

Soiden ennallistamistoimilla pyritään lisäämään luonnon monimuotoisuutta ja vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä pitkällä aikavälillä pysäyttämällä turvekerroksen hajoaminen. Lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä ennallistamisen ilmastovaikutukset voivat kuitenkin olla negatiiviset (Launiainen ym. 2025). Ennallistamisen vesistövaikutukset voivat alussa olla negatiiviset, mutta pidemmällä aikavälillä neutraalit/suotuisat.

**Ilmastonmuutokseen sopeutuminen:** Metsäkadon estäminen hillitsee lämpösaarekilmiötä erityisesti tiheästi asutuilla alueilla. Metsät vaikuttavat paikalliseen mikroilmastoon, säädellen lämpötiloja ja kosteutta. Metsitys ja metsäkadon ehkäisy voivat siten ylläpitää ja edesauttaa metsien myönteisiä vaikutuksia mikroilmastoon. Soiden ennallistaminen voi yhtäältä pidättää ravinteita ja kiintoainesta sekä tasata virtaamia, mikä edistää tulvasuojelua ja tasoittaa kasvukauden aikaista vedenpinnan vaihtelua. Lisäksi se estää soiden kuivumista kuivuusjaksojen aikana.

#### 4.2.8 Erityiskohteisiin liittyvät toimenpiteet

Alla kuvattavilla toimenpiteillä **pyritään arvokkaiden, voimakkaasti harvinaistuneiden elinympäristöjen turvaamiseen**.

- **Lisätään vuosittaista kulotusala** paloriippuvaisten lajien elinympäristöjen luomiseksi ja palojatkumoiden varmistamiseksi.
- **Lehdoissa** pidetään puusto suhteellisen harvana, poistetaan harkiten alikasvoskuusia ja suositaan lehtipuita. Lehtoympäristöjen määrää lisätään ennallistamalla.
- **Paahdeympäristöissä** poistetaan varjostavaa puustoa, korjataan pois hakkuutähteet ja paljastetaan kivennäismaata esimerkiksi kulottamalla.

**Synergiat:** Nämä toimet ovat keskittyneet metsäluonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseen. Toimilla on pääosin negatiivinen vaikutus ilmastotavoitteisiin pyrkimisessä, mutta kohteiden pinta-alat ovat yhteenlaskettunakin pieniä ja siten toimien vaikutukset Suomen hiilivarastoihin ovat vähäiset.

**Ilmastomuutokseen sopeutuminen:** Toimilla voi olla vaikutusta lajiston ilmastomuutokseen sopeutumisen osalta. Jos elinympäristöt (lehdot, paloalueet ja paahdejatkumot) ovat riittävän tiheässä, tarjoaa se lajeille mahdollisuuden siirtyä ilmaston muuttuessa kohti pohjoista.

#### 4.2.9 Puun käyttö

Muutokset hakkuumahdollisuuksiin ja puun käyttöön syntyvät toimenpidekokonaisuudessa ympäristötavoitteiden saavuttamisen kannalta tarpeellisten toimenpiteiden sivuseurauksena. Varsinaisesti ainoa lisätoimenpide näiden lisäksi on:

- Hillitään runkopuun ja hakkuutähteiden korjuuta metsähakkeeksi

**Synergiat:** Hakkuutähteiden vähäisempi korjaaminen metsistä tuottaa ilmastohyötyä, koska hiilidioksidi vapautuisi metsässä hajoavista hakkuutähteistä hitaammin kuin mitä poltettaessa tapahtuu ja osa hakkuutähteiden hiilestä päätyy osaksi maaperän hiilivarastoa. Se voisi myös nopeuttaa puuston kasvua, sillä maaperän ravinnetappiot jäisivät pienemmiksi. Hakkuutähteen korjuun väheneminen voi auttaa turvaamaan olemassa olevaa lahoppua, jota hakkuutähteen korjuu voi vahingoittaa. Energiaksi käytettävän runkopuun vähentyessä puuta ohjautuneen enemmän hiilivarastoja muodostavaan käyttöön ja kokonaishakkuumäärät voivat hieman pienentyä.

**Ilmastomuutokseen sopeutuminen:** Ei merkittäviä vaikutuksia.

**Taulukko 43.** Yhteenvedo toimenpiteiden vaikutuksista, arviointiasteikko (--/-/0/+ /++)

Toimenpide	Monimuotoisuus	Vesistöt	Ilmasto	Sopeutuminen
<b>BIODIVERSITEETTI</b>				
Arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisista perusteista	++	++	+	+
Elävien säästöpuiden jättäminen	++	+	++	+
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	++	+	+	+
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	++	+	+	++
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	++	+	+	+
Kulotuksen lisääminen	++	+	-	+
Suojelualueiden lisääminen	++	++	+	+
Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito	++	+	-	+
<b>VESIENSUOJELU</b>				
Suojavyöhykkeet kaikkien pienvesien varten	++	++	+	+
Pintavalutuskentät	?	++	?	+
Virtaamanhallinta ja patorakenteet	?	++	?	+
Vesiensuojelukosteikkojen perustaminen	+	++	+	++
Uudisajoista luopuminen ja kunnostusajojen välttäminen	++	++	++	+
Jatkuva kasvatusturvemailla ja alavilla kankailla	+	++	+	+
<b>ILMASTO</b>				
Metsäkadon välttäminen	++	+	++	+
Metsittäminen	0	0	+	?
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	0	0	++	?
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	?	0	+	+
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	++	+	++	0
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	-	-	++	?
Lannoitukset turvemailla (yleensä tuhkalannoitus)	-	0	+	?
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	+	+	++	-
Runkopuun ja kuolleen puun energiakäytön vähentäminen	++	++	+	+
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	+	0	+	0
Soiden ennallistaminen	++	++	+/-	+
Turvetuotantoalueiden ennallistaminen	+	++	+	+

#### 4.2.9.1 Jatkotutkimustarpeista

Toimenpidekokonaisuuden ja sitä tukevien ohjauskeinojen laadinta paljasti useita tietotarpeita, joita jatkotutkimuksella voitaisiin selvittää. Toimenpidekokonaisuuteen oli tarjolla kulotuksen lisääminen ja valuma-alueen hakkuiden säätely. Näille ei hankkeen puitteissa pystytty määrittelemään täsmällistä ohjauskeinoa. Kulutus säilytettiin toimenpidekokonaisuudessa, koska sille on jo kustannuksiin perustuva tuki. Pinta-alan lisäyksessä tarvittavaa kannustavuutta ei kuitenkaan määritelty. Valuma-alueen hakkuiden säätely sen sijaan pudotettiin toimenpidekokonaisuudesta, koska sille ei hankkeessa määritelty edes alustavaa ohjauskeinoa.

Hankkeessa tehtiin alustavaa arviointia järeiden vanhojen puiden ja kuolleen puun tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavista säästöpuiden ja tekopökelöiden määristä. Tavoitetasojen ja syötteiden välinen yhteys riippuu puulajeittaisista ja kasvupaikkakohtaisista parametreista, jotka kuvaavat säästöpuiden kuolleisuuksia, lahopuun hajoamisnopeuksia ja

luontaisen kuolleisuuden määrää. Eri lähteistä kootut arviot tavoitetasoille ja em. parametreille eivät vaikuttaneet olevan täysin johdonmukaisia. Tietoa eri tekijöistä olisi syytä tarkentaa niin, että samalla huomioitaisiin syötteen ja tuotoksen keskinäinen johdonmukaisuus.

Tässä työssä keskityttiin lähinnä metsänkäsittelyyn, jolla saavutettaisiin määritetyt luontotavoitteet. Yksi potentiaalinen ilmastotoimi on puun käytön suuntaaminen enemmän hiilivarastoja tuottavaan suuntaan. Käytännössä tämä tarkoittaisi lisää sahatavaran ja vanerin tuotantoa ja vähemmän kuiduttamista sekä puuenergiaa. Ilmava-hankkeessa puutuoteportfolion muutoksille laskettiin noin 1,5 miljoonan tonnin nielun lisäys vertaamalla 2000–2009 ja 2014–2018 tuoteportfolioita. Ilmastopolitiikan keinoin tuoteportfolioa voitaisiin muuttaa enemmänkin. Potentiaalinen suuruutta tai portfolion muuttamiseen soveltuvia ohjauskeinoja ei arvioitu tässä työssä. Jatkotutkimus voisi valottaa näitä kysymyksiä.

### 4.3 Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset metsiin, puun saatavuuteen ja käyttöön; skenaarioanalyysi

*Hannu Salminen, Jussi Lintunen, Soili Haikarainen, Mika Lehtonen, Sampo Pihlainen, Anssi Ahtikoski ja Jukka-Pekka Myllykangas*

#### 4.3.1 Tavoitteet

Valtakunnan metsien inventoinnin koealamittauksiin perustuvissa ennustelaskennoissa selvitetiin puuston määrää ja rakennetta ohjaavien toimien vaikutusta koko maan tasolla. Ennusteisiin pohjautuvan skenaarioanalyysin tavoitteena oli tuottaa arvioita metsien kehityksestä toimenpidekokonaisuudessa määriteltyjen keinojen vallitessa. Keskeiset mitattavat tavoitteet olivat kuolleen puun määrä (Taulukko 44), lehtipuiden määrä sekä metsien hiilivaraston kasvu.

**Taulukko 44.** Kuolleen puuston ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) ja järeiden vanhojen puiden (kpl/ha) tavoitetasot taousmetsissä eri kasvupaikkatyypeillä, hemi-keskiboreaalaisella vyöhykkeellä ja pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä.

Kasvupaikkatyyppi; kankaat ja vastaavat turvekankaat	Kuollut puu ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )		Järeä vanha puu (kpl/ha)	
	Hemi-keski- boreaalinen	Pohjois- boreaalinen	Hemi-keski- boreaalinen	Pohjois- boreaalinen
Lehtomainen	21–43	11–22	10–20	6–12
Tuore	17–34	9–17	5–9	6–12
Kuivahko	15–29	8–15	3–7	10–20
Kuiva	10–20	5–10	3–7	9–17

Kuolleen puun määrissä tavoitteena oli painottaa reheviä kasvupaikkoja, minkä katsottiin parhaiten tukevan monimuotoisuutta. Puuntuotannon metsämaista 70 % pinta-alalla tähdättiin yllä olevan taulukon alarajoihin ja 20 % alalla ylärajoihin. Lisäksi 10 % pinta-alasta suojeltiin, mikä johtaa pitkällä aikavälillä taulukon arvoja korkeampiin kuolleen puun määriin. Lehtipuiden osuudelle asetettiin tavoitteeksi keskimäärin 20 % tilavuudesta, ja lisäksi säästöpuiden valinnassa piti suosia lehtipuita.

Toimenpidekokonaisuuden tavoitteena oli, että metsämaan ja puutuotteiden yhteenlaskettu hiilinielu vuonna 2035 olisi noin -23 Mt CO<sub>2</sub>-ekv, jotta kaikki muut hiilitaseeseen vaikuttavat toimet mukaan lukien saavutettaisiin hiilineutraalius kansallisella tasolla. Tämä tarkoittaa noin -36 Mt CO<sub>2</sub>-ekv puuston nielutavoitetta, kun maaperäpäästöjen oletetaan noudattavan KEITO-skenaarioita. Toimenpidekokonaisuus vaikuttaa myös puutuotteiden ja kuolleen puun nieluun ja maaperäpäästöihin, mutta ennustelaskelmassa metsänkäsittelyä ohjataan puuston nielutavoitteen avulla.

#### 4.3.2 Toteutus

Ennustelaskennan perustana on VMI-koealojen keskipistekuviot, joille kullekin ennustettiin Luken MOTTI-ohjelmistolla vaihtoehtoisia käsittelystrategioita ja niitä vastaavia ennalta määritettyjä käsittelyketjuja eri muunnoksineen (Hynynen ym. 2015). Luodusta käsittelyketjujen joukosta muodostettiin lineaarista ohjelmointia hyödyntäen kaksi vaihtoehtoista skenaariota. Ensimmäinen skenaario (SK1) kuvasi tilastoituihin hakkuumääriin ja toimenpidepinta-aloihin pohjautuvaa ”nykymeno jatkuu” tulevaisuutta. Sen rinnalle tuotettiin toinen skenaario (SK2), jossa pyrittiin toteuttamaan toimenpidekokonaisuutta laskentateknisten mahdollisuuksien mukaan. SK2 tehtiin kahdessa vaiheessa; ensin lisättiin monimuotoisuuden kannalta tärkeiden rakennepiirteiden suotuisaan kehitykseen tähtääviä toimia ja toisessa vaiheessa asetettiin tavoitetaso puuston hiilivaraston muutokselle. Jälkimmäisen tavoitteena oli turvata riittävä metsien hiilivaraston keskimääräinen kasvu (hiilinielu). SK2:n ensimmäisen vaiheen välituloksiin viitataan tunnisteella SK2BD, ja niitä esitellään vain rajoitetusti. Maaperän hiilivaraston muutos arvioitiin jälkilaskentana ja kasvihuonekaasuinventaarion menetelmiä soveltaen kummallekin pääskenaariolle (SK1 ja SK2).

SK1:n käsittelyketjut pohjautuvat pääsääntöisesti nykyisiin metsänkasvatussuosituksiin (Tapio 2022), mutta mukana oli myös lieviä käsittelyjä ja pidennettyjä kiertoaikoja sekä mahdollisuudet poimintahakkuisiin ja lepoon (ei toimenpiteitä tarkastelujakson aikana). Viimeksi mainittua sovellettiin kaikissa lakisääteisissä suojelukohteissa. Toimenpidekokonaisuuden piirteitä tavoittelevassa SK2:ssa SK1:n käsittelyketjut vaihdettiin soveltuvin osin vastinpareihin, joissa pyrittiin kehittämään monimuotoisuuden kannalta tärkeitä rakennepiirteitä voimallisemmin kuin SK1:ssä. Lisäksi suojavyöhykkeitä levennettiin ja osa niistä siirrettiin kokonaan puuntuotannon ulkopuolelle (Taulukko 45). Tarkastelun mittakaava ja käytettävissä olevat ennustemallit vaikuttivat kuitenkin siihen, mitä toimenpidekokonaisuuden toimia (ks. 1.3 Toimenpidekokonaisuus) ja niiden vaihtoehtoisia toteutuksia voitiin tarkastella ennustelaskennan keinoin.

**Taulukko 45.** Skenaariossa käytetyt suojavyöhykemääritykset.

	SK1	SK2 ja SK2BD		
	Kevyt käsittely sallittu	Puuntuotannon ulkopuolella	Kevyt käsittely sallittu	Yhteensä rajoitettua
<b>Vesistöt</b>				
meri	10	15	10	25
järvi	10	10		10
virtavesi	10	20	10	30
<b>Ojittamattomat suot</b>				
Korvet		10		10
Muut puustoiset		5		5
Avosuot	10	5		5

**Taulukko 46** Ennustelaskennassa tarkasteltavat toimenpiteet.

Toimenpide	Toteutus perusurassa SK1	Toteutus ennustelaskennan skenaariossa SK2
<b>BIODIVERSITEETTI</b>		
Elävien säästöpuiden jättäminen	Jätetään päätehakuissa 10 elävää säästöpuuta hehtaarille.	Jätetään päätehakuissa 40–50 elävää säästöpuuta hehtaarille. Mikäli mahdollista, painotetaan järeitä lehtipuita.
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	Tekopötkkelöitä ei tehdä. Kuollutta puuta ei viedä pois metsästä.	Kaikissa hakuissa tehdään 10–15 tekopötkkelöä hehtaarille – myös harvennuksissa. Kuollutta puuta ei viedä pois metsästä.
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	Tavoiteltava kasvatettavan puuston lehtipuuosuus varhaisoidossa harvennuksissa on vähintään 10 %.	Tavoiteltava kasvatettavan puuston lehtipuuosuus varhaisoidossa harvennuksissa on vähintään 20 %. Säästöpuiden valinnassa suositetaan lehtipuita.
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	Järeys ei ole säästöpuiden poimintakriteeri.	Järeys on puulajin ohella elävien säästöpuiden poimintakriteeri.
Suojelualueiden lisääminen	Ei lisäsuojelua.	Laajennetaan suojavyöhykkeitä ja suurempi osa niistä jätetään hakkuiden ulkopuolelle (Taulukko 45). Mikäli tarvitaan, voidaan lisäksi jättää osa pinta-alasta kaikkien käsittelyjen ulkopuolelle.
<b>VESIENSUOJELU</b>		
Suojavyöhykkeet kaikkien pienten vesien varteen	Suojavyöhykkeet Taulukko 45.	Laajennetaan suojavyöhykkeitä perusuraan verrattuna (Taulukko 45).
Uudisojituksista luopuminen ja kunnostusojitusten välttäminen	Uudisojituksia ei tehdä lainkaan. Ojaverkoston osittainen kunnostus on sallittua uudistamisen yhteydessä. Muiden kunnostusojituskohteiden valintaperusteita (tilavuusehto) tiukennetaan.	Kuten perusurassa (SK1).
Jatkuva kasvatus turvemaidella ja alavilla kankailla	Lineaarisen ohjelmoinnin ehdoissa ohjataan 10 % turvemaiden ja 3 % kivennäismaiden rehevien maiden kuusikoista poimintahakkuiden piiriin.	Lineaarisen ohjelmoinnin ehdoissa ohjataan 20 % turvemaiden ja 6 % kivennäismaiden rehevien maiden kuusikoista poimintahakkuiden piiriin.
<b>ILMASTO</b>		
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	Keinollisessa uudistamisessa havupuilla oletetaan käytettävän ensimmäisen sukupolven jalostusmateriaalia.	Kuten perusurassa (SK1).
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	Taimikonhoidon valinnat perustuvat nykyisiin hyvän metsänhoidon suosituksiin ja tilastoituihin toteumiin.	Kuten perusurassa (SK1).
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	Kasvatusketjuissa on tarjolla myös korkean puuston määrän ylläpito, mutta sille ei ole kannustimia.	Kasvatusketjuissa on tarjolla myös korkean puuston määrän ylläpito, jota voidaan hyödyntää asetetun hiilinielutavoitteen saavuttamisessa.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2026

Toimenpide	Toteutus perusurassa SK1	Toteutus ennustelaskennan skenaariossa SK2
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	Lannoituspinta-alat ohjataan noudattamaan tilastoituja toteumia.	Kuten perusurassa (SK1)
Lannoitukset turvemailla (tuhkalannoitus)	Lannoituspinta-alat ohjataan noudattamaan tilastoituja toteumia.	Kuten perusurassa (SK1)
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	Kasvatusketjuissa on tarjolla myös pidennetyn kiertoajan vaihtoehtoja, mutta niille ei ole kannustimia.	Kasvatusketjuissa on tarjolla pidennetyn kiertoajan vaihtoehtoja, joita voidaan hyödyntää asetetun hiilinielutavoitteen saavuttamisessa.
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	Hakkuutähteitä ei kerätä energiapuuksi.	Kuten perusurassa (SK1)

Keskeiset skenaariolaskennassa mukana olleet toimenpiteet olivat siten:

- Säästöpuiden määrän lisääminen
- Tekopökkelöiden teko
- Lehtipuiden suosiminen
- Kiertoajan pidentäminen
- Harvennusten intensiteetin alentaminen
- Suojavyöhykkeet ja suojelun lisääminen
- Peitteisen metsänkasvatuksen suosiminen rehevillä turve- ja kangasmailla

Säästöpuiden ja tekopökkelöiden lukumäärät asetettiin tasolle, joka ennakoarvion perusteella on riittävä suhteessa kuolleen puun ja vanhojen järeiden puiden pitkän aikavälin määrätavoitteisiin (Taulukko 44). Sekä kuolleen puun että vanhojen järeiden puiden määrä on tyyppillisesti seurausta toimenpiteistä, joiden täsmällisiä vaikutuksia ei voida ennustaa. Siksi tavoitteiden saavuttamista ei voida ennakolta täysin varmistaa. Esimerkiksi luontaisen kuolemissen todennäköisyyttä voidaan kasvattaa sekä puuston ikää että puiden välistä kilpailua lisäämällä, mutta tarkkaan kuolleen puun hehtaariohtaiseen määrään päätyminen edellyttäisi laskeutentensiivistä iteraatiota.

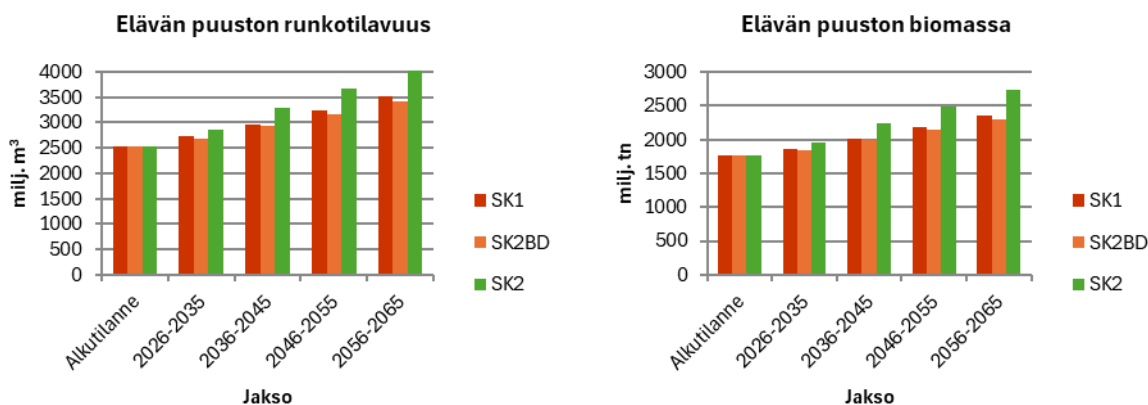
Säästöpuiden elossapysymistä säädettiin kirjallisuuteen perustuvan asiantuntija-arvion mukaisesti niin, että ensimmäisen 10 vuoden jälkeen elossa oli noin puolet alkuperäisistä säästöpuista. Senkin jälkeen säästöpuiden kuolemistodennäköisyyden ennustettiin seuraavien lähimpien 10-jaksojen ajan olevan noin kaksinkertainen normaaliin kilpailusta ym. johtuvaan kuolleisuuteen nähden.

Puuston hiilivaraston kehitys ohjattiin tasolle, jonka oletettiin olevan riittävä täyttämään asetetut tavoitteet. Keskeisin keino oli hakkuumäärien pienentäminen. Maaperän hiilivaraston kehitys laskettiin puustoskenaarioiden pohjalta jälkikäteen. Metsien hiilinielun täsmällinen ohjaaminen olisi niin ikään vaatinut useita tarkentavia uusintalaskentoja. Nyt käytetyssä menetelyssä kuolleen puun määrään ja metsien hiilivaraston kehitykseen vaikuttavat valinnat perustuivat asiantuntijatyönä tehtyyn ennakoarvioon.

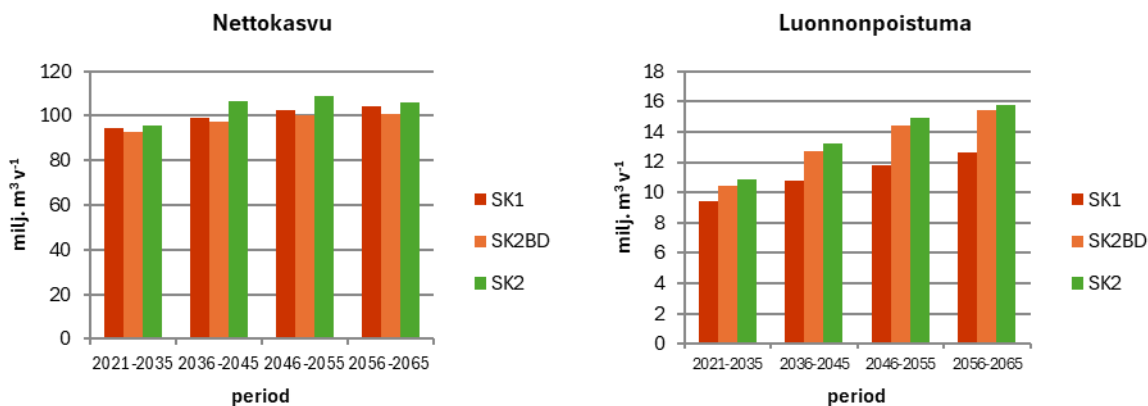
Vaikka laskenta sisältää lukuisia toimenpiteitä, se jättää osan toimenpidekokonaisuudessa esitellyistä keinoista tarkastelun ulkopuolelle eikä kykene täysin seuraamaan asetettuja numeerisia tavoitteita. Kehitysenusteiden toteutuksen arviointi on esitetty Jaksossa 4.3.4.

### 4.3.3 Puuston kehitysenusteet

Elävän puuston määrä kasvoi kaikissa skenaarioissa (Kuva 26). Toimenpidekokonaisuutta jäljittelevät toimet ilman hiilinielutavoitetta (SK2BD) pienentävät puuston määrän kasvua hieman verrattuna skenaarioon SK1. SK2BD:ssä hakkuukertymät pyritään pitämään perusskenaarion mukaisella tasolla (noin 70–72 milj. m<sup>3</sup>/v) ja samaan aikaan otetaan käyttöön hakkuumahdollisuuksia kaventavia metsänkasvatusketjuja ja yksittäisten kohteiden kertymiä pienentäviä keinoja kuten säästöpuut ja tekopökkelöt. Niinpä hakkuut kohdentuvat eri tavalla kuin SK1:ssä.

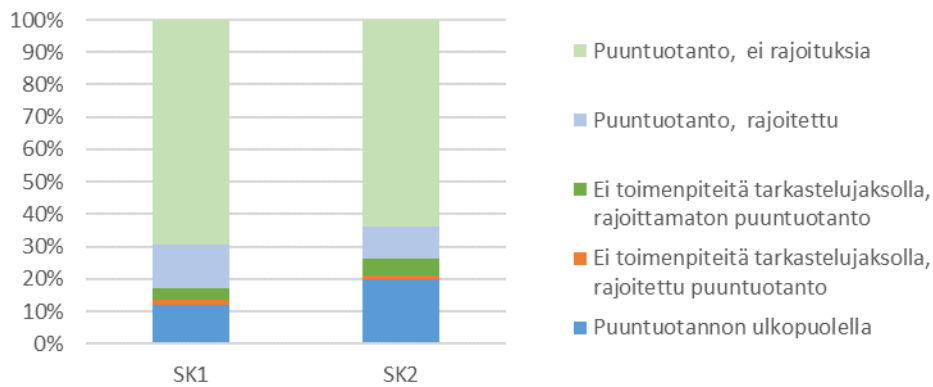


**Kuva 26.** Elävän puuston tilavuuden ja biomassan kehitys 10-vuotiskausittain skenaarioissa SK1 ja SK2 sekä työskenaariossa SK2BD.



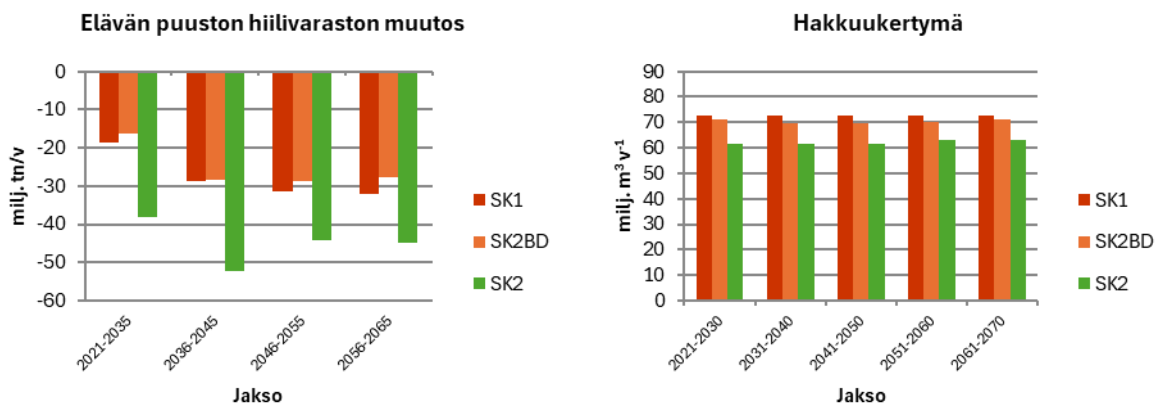
**Kuva 27.** Elävän puuston tilavuuden muutos (nettokasvu) ja luonnonpoistuma. Kuolleet säästöpuut sisältyvät luonnonpoistumaan, mutta tekopökkelöt eivät.

Elävän puuston tilavuuden muutos (nettokasvu) pysyy kaikissa skenaarioissa aluksi noin 95 miljoonan kuution vuositasolla ja kohoaa vähitellen lähelle 100 kuutiota ja SK2:ssa sen ylikin (Kuva 27). Luonnonpoistuma nousee kaikissa skenaarioissa, mutta voimakkaimmin kuitenkin SK2:ssa. Monimuotoisuuden kehitystä tukevat toimet kuten suuremmat säästöpuumäärät ja lehtipuiden suosiminen lisäävät luontaista kuolemista, mikä ilmenee SK2BD:n perusuraa pienempänä nettokasvuna. SK2:n kahta muuta skenaariota pienemmät hakkuumäärät heijastuvat korkeampina kasvuina ja lisääntyvänä kuolleisuutena.



**Kuva 28.** Puuntuotannossa ja sen ulkopuolella olevien metsä- ja kitumaan koalojen suhteellinen osuus kokonaispinta-alasta.

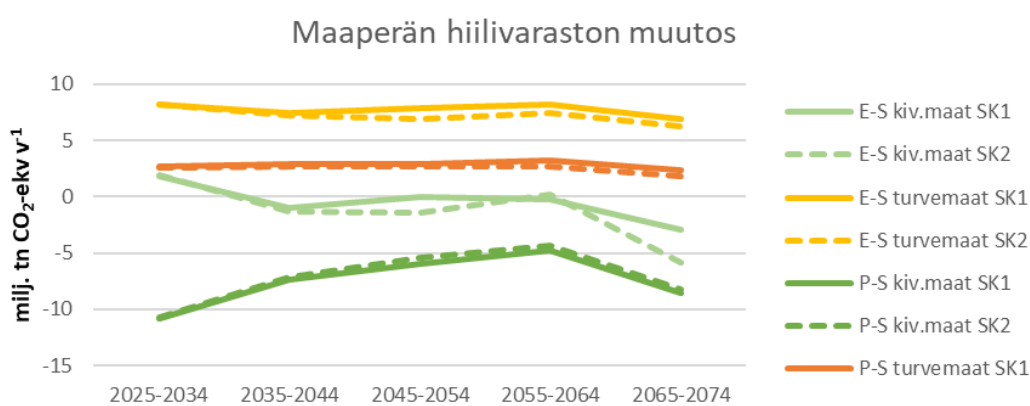
Skenaariossa 2 puuntuotannon ulkopuolelle jätetty pinta-ala oli noin 8 %-yksikköä suurempi kuin vertailukohtana olevassa skenaariossa SK1. Suojelun perusteina olivat lait ja säädökset, joiden ohella otettiin huomioon sertifiointin toimintaohjeet. Suojavyöhykkeiden leventäminen ja osittainen siirto rajoitetusta metsänkäytöstä täyteen suojeluun SK2:ssa johtivat pinta-alaosuusmuutokseen. Koealat, joihin kohdistui metsänkäytön rajoituksia jo skenaariossa SK1, siirtyivät todennäköisemmin kokonaan puuntuotannon ulkopuolelle skenaariossa SK2. Tarkastelujakson aikana hakkuumääriin kohdistuneet rajoitukset käytännössä siirsivät kohteita toimenpiteiden ulkopuolelle. Selkeimmin tämä näkyy skenaarion SK2 puuntuotannon ulkopuolisen pinta-alan lisääntymisessä verrattuna skenaarion SK1 (Kuva 28).



**Kuva 29.** Elävän puuston vuotuiset keskimääräiset hiilivaraston muutokset jaksottain ja vastaavien jaksojen vuotuiset hakkuukertymät.

Hiilivaraston muutoksen tarkastelussa vertailtavien jaksojen pituuden ja alkuhetken valinta vaikuttavat johtopäätöksiin. Lähtökohdaksi voidaan valita koko ennustelaskennan tai kunkin lyhyemmän jakson alkutilanteen varasto. Tässä tulokoosteessa hiilivaraston muutosta tarkastellaan ensin 15 vuoden jaksoa alkutilanteesta vuoteen 2035 ja sen jälkeen kolmen perättäisen 10-vuotisjakson alun ja lopun perusteella. Hakkuukertymät ilmoitetaan 10-vuotisjaksojen vuotuisina keskiarvoina. Näiden jaksottaisten keskiarvojen perusteella skenario SK2:n vuotuinen hakkuukertymä oli noin 11 milj. m<sup>3</sup> pienempi kuin perusuran mukaisessa arviossa (SK1). Vastaavalla tavalla tarkasteltuna puuston hiilivaraston keskimääräinen muutos

skenaariossa SK2 oli noin 17 milj. tn CO<sub>2</sub>-ekv. a<sup>-1</sup> suurempi kuin skenaariossa SK1. Koko tarkastelujakson aikana skenaarioiden SK1 ja SK2 hakkuukertymien ja elävän puuston hiilinielun erotusten suhde on siten noin 1.5 tCO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup>. Vuoden 2035 jälkeinen hiilivaraston muutos nousi vuoden 2035 tavoitetta korkeammalle, koska sitä ei erikseen rajoitettu ja vuoden 2035 tavoitteen saavuttamisen edellyttämät perusuraa pienemmät hakkuumäärät pidettiin koko ennustejakson ennallaan. Hiilivaraston muutoksen näkökulmasta hakkuumääriä olisi voitu kasvattaa vuoden 2035 jälkeen, mutta se olisi edellyttänyt pienipiirteisempää skenaarioiden koostamista. Ennustettu hiilivaraston muutos on ehdollinen tilavuus- ja biomassamalleille ja niihin liittyville valinnoille. Tässä laskennassa puukohtainen tilavuus ennustettiin Laasasenahon (1982) ja biomassassa Repolan (2013) malleilla. Jälkimmäisiä ohjattiin kulloinkin käytävissä olevilla tunnuksilla kuten puulaji, pituus, rinnankorkeusläpimitta, latvussuhde ja pohjapinta-alan kasvu.



**Kuva 30.** Maaperän hiilivaraston muutos orgaanisilla ja kivennäismailla Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

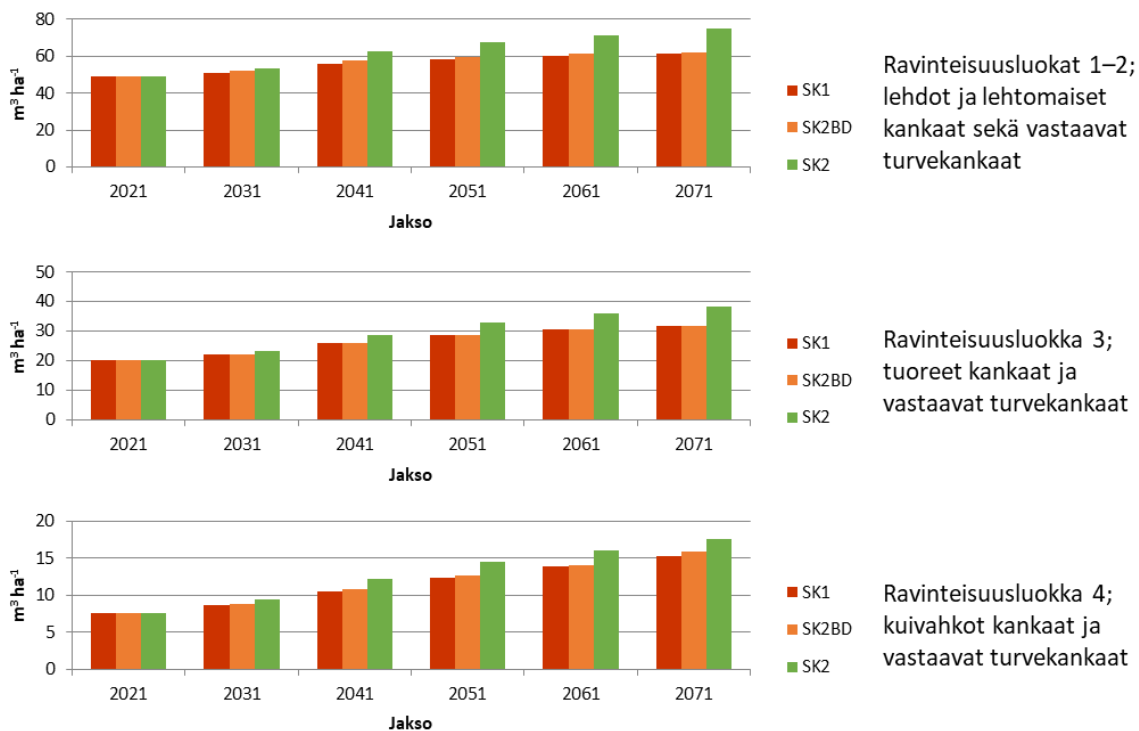
Lähimpien vuosikymmenien aikana maaperä on hiilen lähde kummassakin skenaariossa; SK2:ssa hieman pienempi kuin SK1:ssa (Kuva 30, Taulukko 47). Maaperän hiilivaraston ennusteissa on kuitenkin huomattavaa epävarmuutta varsinkin ennustejakson ääripäissä (ks. Taulukko 47 ensimmäinen ja viimeinen rivi)

**Taulukko 47.** Maaperän hiilivaraston keskimääräinen muutos.

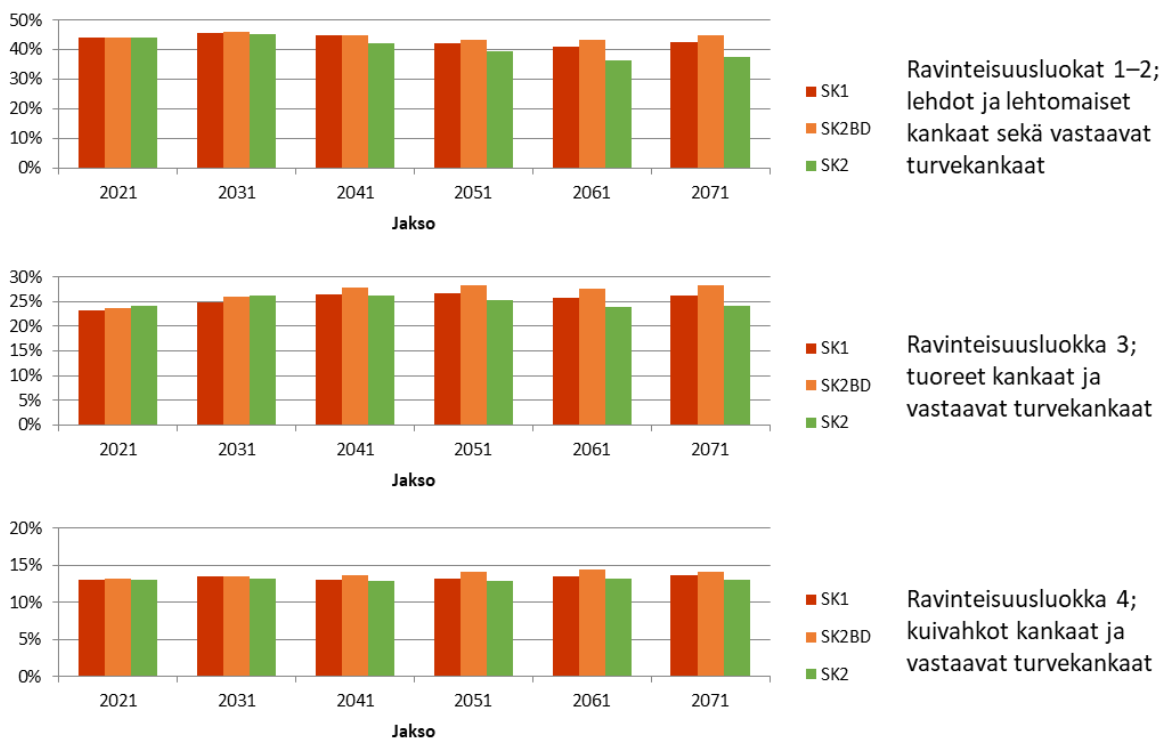
	milj. tn CO <sub>2</sub> -ekv a <sup>-1</sup>	
	SK1	SK2
2025-2034	1.9	2.0
2035-2044	1.8	1.3
2045-2054	4.9	2.7
2055-2064	6.4	6.0
2065-2074	-2.2	-6.1

Skenaariossa SK2 pyrittiin suosimaan lehtipuuta kasvatuksen eri vaiheissa. Lehtipuiden määrän mittarina käytettiin niiden keskitilavuutta ja suhteellista osuutta kunkin koelan tilavuudesta. Jälkimmäinen on mittarina vaikeammin tulkittava, koska se on herkkä muiden puulajien tilavuuden kehitykselle. Lehtipuiden kehitystä edistävät ratkaisut liittyvät käytännössä metsissä tehtäviin toimenpiteisiin. Puulajikirjoa ohjaillaan uudistamisessa, varhaisoidossa ja hakkuissa esimerkiksi säästöpuiden valinnan yhteydessä. Lehtipuiden keskitilavuus nousi kaikissa skenaarioissa, mutta trendi oli koko tarkastelujakson ajan selkeimmin nouseva skenaariossa SK2 ja sitä edeltäneessä työskenaariossa SK2BD (Kuva 31). Lehtipuiden suhteellinen osuus tilavuus-

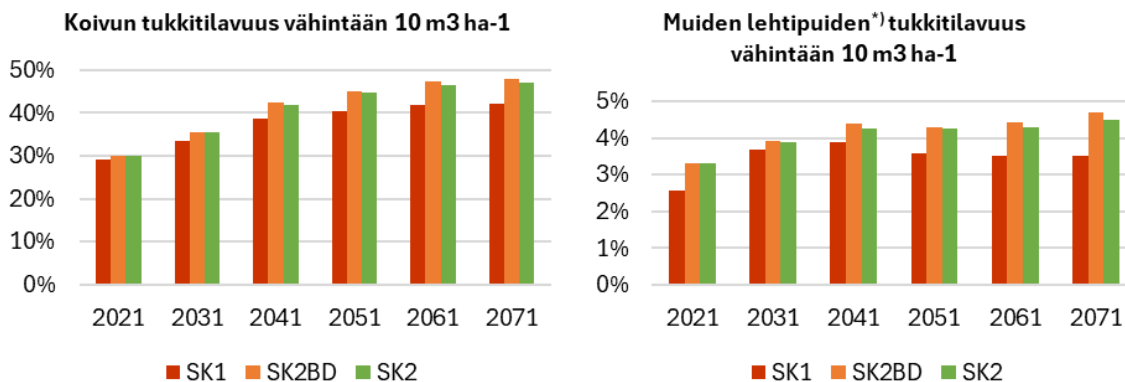
desta sen sijaan oli joko tasainen tai jopa laskeva. Hakkuumäärien rajoittaminen hiilinielutavoitteen saavuttamiseksi piti muiden puulajien tilavuuden nousevalla uralla, joten lehtipuiden suhteellinen osuus skenaariossa SK2 on pienempi kuin työskenaariossa SK2BD (Kuva 32).



**Kuva 31.** Lehtipuiden keskitilavuus puuntuotannon metsä- ja kitumaalla ravinteisuusluokissa 1–2, 3 ja 4.

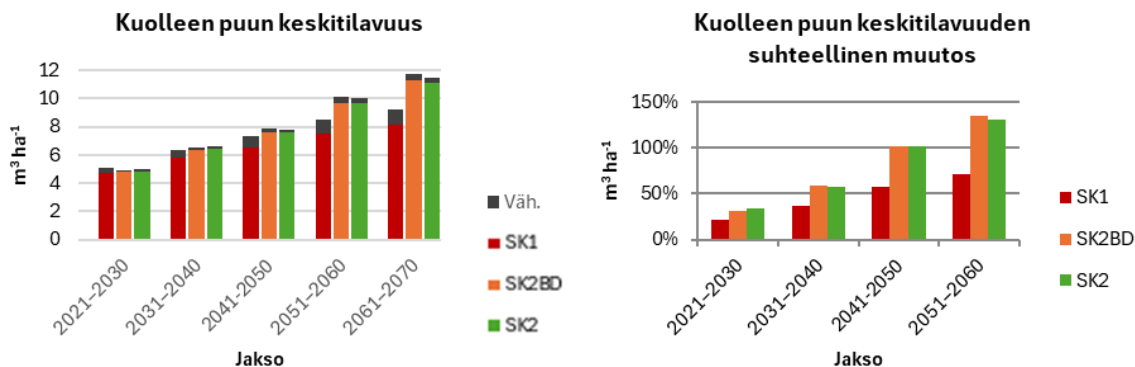


**Kuva 32.** Lehtipuiden osuus tilavuudesta puuntuotannon metsä- ja kitumaalla ravinteisuusluokissa 1–2, 3 ja 4.



**Kuva 33.** Järeää lehtipuuta sisältävien metsien pinta-alaosuus puuntuotannon metsä- ja kitumaalla. \*) Muiden lehtipuiden luokkaan kuuluvat kaikki lehtipuut lukuun ottamatta raudus- ja hieskoivua.

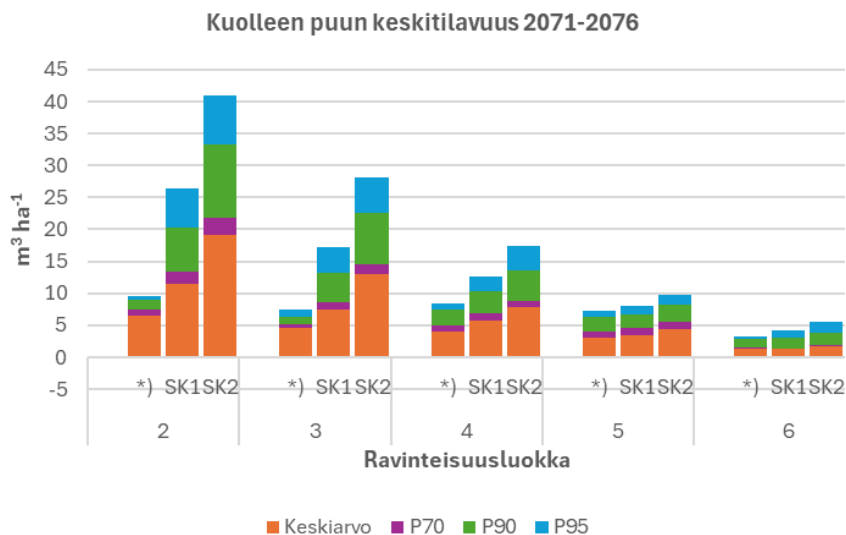
Järeän lehtipuuston edustavuutta kuvataan niiden kohteiden pinta-alalla, joissa hehtaarikohmainen elävien puiden tukkivilavuus on vähintään 10 m<sup>3</sup> (Kuva 33). Lehtipuiden suosiminen heijastuu myös niiden tukkivilavuuksissa skenaariorissa SK2; järeää puuta alkaa kertyä vähitellen. Työskenaariorissa SK2BD järeää lehtipuuta kertyy enemmän kuin varsinaisessa skenaariorissa SK2, koska viimeksi mainitussa on käytössä suppeampi valikoima toimenpiteitä hiilinielutavoitteen rajoittaessa hakkuupinta-aloja.



**Kuva 34.** Kuolleen puun runkotilavuus puuntuotannon metsä- ja kitumaalla skaalattuna VMI13-tulosten yleistasoon. Kuolleen puun tilavuuden ennusteesta vähennettiin (Väh.) päätehakkuun yhteydessä ennako-oletuksiin perustuen joko 70 (SK1) tai 20 % (SK2BD ja SK2), millä pyrittiin jäljittelemään hakkuutoimien vaikutusta kuolleen puun määrään.

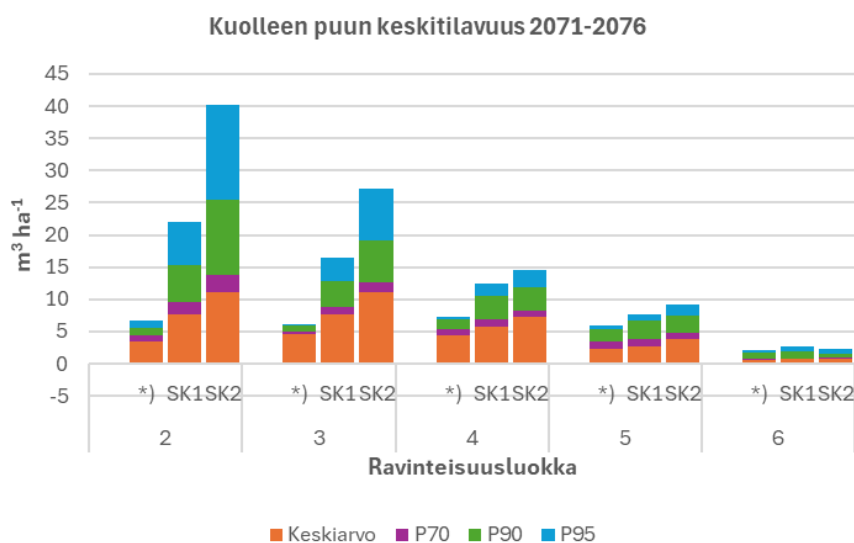
VMI-tuloksissa kuolleen puuston tilavuus sisältää läpimitaltaan yli 10 cm paksuisen runkopuun. VMI13-tulosten mukaan kuolleen puun keskitilavuus metsämaalla Suomessa on 6,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Aiempia VMI-tuloksia hyödyntäen vastaavaksi puuntuotannon metsä- ja kitumaan kuolleen puun keskitilavuudeksi lähtötilanteessa arvioitiin 4,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Tämän skenaariorianalyysin tuloksissa kuolleen puun runkotilavuus laskettiin ensin ilman kokorajoituksia ja skaalattiin sitten vastaamaan VMI-tuloksien edellä mainittua tasoa. Lisäksi laskelmissa huomiointiin hakkuiden oletettu vaikutus lahoppumääriin jälkilaskentana (Kuva 34). Toimenpidekokonaisuuden vaikutuksia kuvaavassa skenaariorissa (SK2) oletettiin, että kuollutta puuta vaurioituu päätehakkuun yhteydessä vähemmän kuin perusurassa (SK1). Kuolleen puun määrää pienennettiin vastaavasti päätehakkuun yhteydessä joko 70 tai 20 %. Alennuskertoimet olivat asiantuntija-arvioon perustuvia eivätkä siten perustu ennustejärjestelmän tuloksiin.

Puuntuotannon metsiin SK2:ssa sisältyvät myös biodiversiteetti- ja hiilensidontatavoitteiden vuoksi tarkastelujakson aikana toimenpiteiden ulkopuolelle jätetyt metsät. Kuolleen puun määrä kasvoi kaikissa skenaarioissa, mutta voimakkaimmin kuitenkin toimenpideohjelman keinoja jäljittelevässä skenaariossa SK2 sekä sitä edeltäneessä työskenaariossa SK2BD. Säästöpuiden määrän lisääminen ja lehtipuiden suosiminen lisää kuolleen puun määrää viiveellä, joten niiden vaikutukset näkyvät vasta ennustejakson edetessä.



**Kuva 35.** Kuolleen puun runkotilavuus; hemi-keskiboreaalisen metsäkasvillisuusvyöhykkeen puuntuotannon metsä- ja kitumaalla. Mean tarkoittaa keskiarvoa sekä P70, P90 ja P95 vastaavia prosenttipisteitä (70, 90 ja 95 %). \*) Kauden 2071–2076 tilanteen rinnalla esitetään koko ennustejakson alkutilanne.

Hemi- ja keskiboreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen puuntuotannon metsä- ja kitumaalla ei saavutettu kuolleen puun tavoitetilavuuksia 50 vuoden tarkastelujaksolla (Kuva 35, vrt. Taulukko 44). Kuolleen puun määrät kasvoivat kuitenkin molemmissa skenaarioissa läpi koko ennustejakson.



**Kuva 36.** Kuolleen puun runkotilavuus pohjoisboreaalisen metsäkasvillisuusvyöhykkeen puuntuotannon metsä- ja kitumaalla. Mean tarkoittaa keskiarvoa sekä P70, P90 ja P95 vastaavia prosenttipisteitä (70, 90 ja 95 %). \*) Kauden 2071–2076 tilanteen rinnalla esitetään koko ennustejakson alkutilanne.

Myöskään pohjoisboreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen puuntuotannon metsä- ja kitumaalla ei saavutettu kuolleen puun tavoitetilavuuksia 50 vuoden tarkastelujaksolla (Kuva 36, vrt. Taulukko 44). Kuolleen puun määrät kasvoivat kuitenkin molemmissa skenaarioissa tasaisesti läpi koko ennustejakson (Kuva 34).

#### 4.3.4 Kehityssennusteiden toteutuksen arvio

Nyt käytetty VMI-koealojen kuviotietoihin, ennalta määritettyihin metsänkasvatusketjuihin, MOTTI-ohjelmistoon ja lineaariseen ohjelmointiin perustuva koko maan kattava ennustelaskenta tavoittaa suuruusluokat ja suuret linjat, mutta jättää osan toimenpidekokonaisuudessa esitellyistä keinoista tarkastelun ulkopuolelle eikä kykene täysin seuraamaan asetettuja numeerisia tavoitteita. Pienipiirteisiä ja kunkin kohteen yksilöllisiin ominaisuuksiin kytkeytyviä toimenpiteitä ei voida kohdentaa aineistossa, jonka kukin koeala edustaa otantakehikon mukaisesti laajaa joukkoa metsiä (Korhonen 2024). Esimerkkeinä tarkastelun ulkopuolelle jääneistä toimista ovat arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisin perustein, kuluksen lisääminen, lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito, monet vesiensuojelun toimet sekä metsittäminen ja metsäkadon välttäminen. Lisäksi ennustelaskennassa ei huomioitu toimenpidekokonaisuuden luonnonhoitotoimissa (säästöpuut ja tekopötkelöt) ollutta jakoa maltillisempien ja voimakkaampien toimien alueisiin. Kuolleen puun määrän lisääminen toteutettiin laskelmassa ilman kuolleen puun korjaamisen ja murskaamisen vähentämistä, koska näitä ei ole Motti-ohjelmistossa kuvattu. Siten toimenpidekokonaisuuden vaikutus tulee laskennassa aliarvioiduksi. Suojelualan laajennus toteutettiin ennustelaskennassa suojavyöhykkeitä laajentamalla, joten suojeleminen on mukana, mutta eri tavoin kohdistettuna kuin toimenpidekokonaisuudessa. Aikataulusyistä ei paneuduttu mm. energiapuun käyttöön ja ennallistamiseen liittyviin näkökohtiin.

Metsien puustojen ja hiilivarastojen kehityksen ennustamisessa on vielä paljon epävarmuuksia. Esimerkiksi muuttuvien ympäristötekijöiden ja erilaisten tuhojen merkitystä ei vielä pystytä käsittelemään samalla tarkkuudella kuin puuston kehitystä nykyisten olojen vallitessa. Nyt laadituissa ennusteissa oletettiin ilmaston olevan nykyisen kaltainen, koska esimerkiksi lämpötilan ja sadannan vaihtelun kaikkia vaikutuksia ei vielä kyetä kytkemään mukaan riittävän luotettavasti. Kasvun taso on ennustelaskelmissa kalibroitu VMI12-koepuumittausten perusteella, minkä lisäksi ne on tasoitettu indeksoimalla suhteessa edeltäneen 30 vuoden kasvuun. Lisäksi ennusteissa on oletettu, että havupuiden keinollisessa uudistamisessa Etelä- ja Keski-Suomessa käytetään jalostettua materiaalia. Kasvua ei ole pyritty kalibroimaan VMI13 alentuneisiin kasvuihin, koska pysyvää kasvun alenemista perustelevia trendejä ei nähty osoitetuksi. Perusurassa puuston vuotuinen nettokasvu on ensimmäisen 15 vuoden aikana noin 94 milj. m<sup>3</sup> ja nousee seuraavien kahden vuosikymmenen aikana 100–103 milj. m<sup>3</sup> tasolle. Vastaavat bruttokasvut ovat ensimmäisen 15 vuoden aikana noin 103 ja kahden seuraavan vuosikymmenen aikana noin 109–114 milj. m<sup>3</sup>. Jälkimmäiset luvut ovat 7–12 milj. m<sup>3</sup> enemmän kuin kahdessa edellisessä metsien inventoinnissa. Tämä osaltaan selittää perusurassa havaittua viime vuosia voimakkaampaa puuston hiilivaraston kasvua. Lisäksi elävän puuston biomassa on laskettu Repolan (2013) malleilla, joten ennusteet eivät ole suoraan vertailukelpoisia esimerkiksi kasvihuonekaasuinventaarion tuloksiin. Ennustetut elävän puuston hiilivaraston muutokset ovat kuitenkin samassa suuruusluokassa metsänielujen kehityssuunnista tehtyjen arvioiden kanssa (Soimakallio ja Pihlainen 2023, taulukko 9). Ennustejärjestelmien epävarmuudet kertaantuvat ennustejakson pituuden kasvaessa, ja eri menetelmillä tuotettujen tulosten vaihteluväli on laaja (ks. Vauhkonen ym. 2024).

Kasvua lisäävien tekijöiden vaikutuksista on malleja ja arvioita, mutta riskejä sisältäviä ja kasvua alentavia piirteitä ei ole mallinnettu ennustelaskentaan suoraan soveltuvalla tavalla. Esimerkiksi käytetyt puiden elossa oloa ennustavat mallit tarkastelevat lähinnä puiden iästä ja kilpailusta johtuvaa kuolleisuutta, mutta eivät sisällä satunnaisia piirteitä sisältävien tuuli-, hyönteis- ja sienituhojen vaikutuksia. Sen seurauksena resilienssiä lisäävien toimien merkitystä on vaikea arvioida ja arvottaa numeerisesti. Puiden kuoleamisen ohella kuolleen puun hajoamisen ennusteet ovat vielä suhteellisen karkealla tasolla. Eniten epävarmuutta sisältyy maaperän hiilivarastojen kehityksen historian ja tulevan dynamiikan kuvaukseen. Lisäksi tulevan muutoksen ennustaminen skenaariolaskennan tapaan asettaa menetelmille erilaisia haasteita kuin inventaariityyppinen menneen kehityksen arviointi, jonka menetelmiä tässä laskennassa sovellettiin.

Monet kiinnostuksen kohteena olleet rakennepiirteet ovat malliteknisesti varantoja ja monien niistä, esim. kuolleen puun määrän, alkutilaa ja aikakehitystä on vaikea arvioida täsmällisesti malleilla, joita ei ole siihen tarkoitukseen lähtökohtaisesti rakennettu. Tämän vuoksi metsämallinnukselle on tyypillistä, että yli ajan kumuloituvat arviot ovat paikoin hyvinkin epävarmoja. Siksi skenaarioiden ennusteisiin on syytä suhtautua varauksella. Sen sijaan metsänkäsittelyerojen aiheuttamat muutokset voivat tulla hyvinkin tarkasti mallinnetuiksi ja siten eri skenaarioissa kumuloituvien arvioiden erotukset voivat olla luotettavampia. Tässä tarkastelussa ennustelaskennan osalta erityisesti metsänkäsittelyn vaikutukset hakkuukertymiin ja elävän puuston määrään sekä hakkuuiden vaikutus elävän puuston hiilivarastoon ovat täsmällisiä. Myös muista kiinnostuksen kohteena olleista suureista lasketut skenaarioiden väliset muutokset ovat tarkkoja, annettuna että niitä pystyttiin mallintamaan toimenpidekokonaisuuden olettamalla tavalla. Siltä osin kuin toimenpidekokonaisuutta ei pystytty täsmällisesti arvioimaan, myöskään arvioitujen muutosten käyttö toimenpidekokonaisuuden vaikutusten arviointiin ei ole täsmällistä.

#### **4.3.5 Vaikutukset puun saatavuuteen**

Toimenpidekokonaisuuden myötä puun tarjonta ja siten saatavuus heikkenee. Puuntarjonnan aleneminen johtuu hehtaarikohtaisen hakkuukertymäpotentiaalin alenemisesta, kun esimerkiksi hakkuuiden yhteydessä jätetään aiempaa enemmän säästöpuuta, ja puuntuotannon piirissä olevat alat pienevät suojavyöhykkeiden ja suojelun myötä. Näiden hakkuupotentiaaliin vaikuttavien tekijöiden lisäksi tarjonnan kehitykseen vaikuttavat metsänomistajien ja puumarkkinoiden reaktiot. Tässä työssä esitetty toimenpidekokonaisuus on niin laaja ja yksityiskohtainen, ettei sitä voitu tarkastella puumarkkinoita kuvaavan metsäsektorimallin avulla. Sen sijaan arvioinnin lähtökohdaksi otettiin toimenpidekokonaisuuden edellä esitetty Motti-tarkastelu ja sen hakkuukertymävaikutukset.

Puun saatavuuden arviointi perustuu Motti-tuloksista saatuihin tuloksiin toimenpidekokonaisuuden vaikutuksista eri puulajien ja puutavaralajien hakkuukertymiin. Mallinnettujen hakkuukertymien avulla määritettiin nykyhetken tilastoihin tukeutuen toimenpidekokonaisuuden mukaiset keskimääräiset hakkuukertymät (Taulukko 48). Hakkuukertymät kuvaavat korjatun runkopuun määrää ja luokittelua hakkuupaikalla. Mallinnus keskittyy ainespuujakeisiin (kuitu- ja tukkipuu), mutta tilastoja hyödyntäen arvoimme myös energiakäyttöön päätyvän runkopuun määrän kehitystä. Perusuralla hakkuukertymien oletettiin pysyvän viime vuosien tasolla.

**Taulukko 48.** Hakkuukertymän muutokset puu- ja puutavaralajeittain milj. m<sup>3</sup> tarkastelujaksolla 2021–2070. Muutokset on suhteutettu vuosien 2019–2023 tilastoitujen hakkuukertymien keskiarvoon.

	Kuusi	Mänty	Lehtipuu
Kuitu	-1,4	-1,7	-1,7
%	-14 %	-11 %	-19 %
Tukki	-2,4	-1,2	-0,4
%	-17 %	-10 %	-31 %

Tarkastelujaksolla (2021–2070) vuotuisen kokonaishakkuukertymän keskimääräinen alenema oli noin 11 milj. m<sup>3</sup>, josta 9 milj. m<sup>3</sup> ainespuuta ja 2 milj. m<sup>3</sup> energiarankaa. Suurimmat ainespuun hakkuukertymien alenemat kohdistuivat kuusitukkiin ja lehti- ja mäntykuituun (Taulukko 48). Suhteellisesti suurimmat muutokset tapahtuivat lehtipuujakeissa ja kuusitukissa. Vaikutus lehtipuihin on suuri sen vuoksi, että säästöpuissa painotetaan lehtipuita, mikä vähentää niiden korjuuta. Kuusitukin väheneminen johtuu siitä, että säästöpuumäärät ovat isoja rehevillä kasvupaikoilla ja hakkuuta vähentävät toimet kohdistuvat vanhoihin metsiin, joissa korjuu kohdistuisi järeisiin puihin.

Puun tuonti on viime vuosina vähentynyt ja tarkastelussa sen oletettiin pysyvän ennallaan. Siten toimenpidekokonaisuuden aiheuttamat hakkuukertymämuutokset johtavat arviossamme suoraan puun saatavuuden ja siten käytön muutoksiin.

#### 4.3.6 Vaikutukset puun käyttöön

Raakapuun käytön muutokset eivät jakaudu täysin vastaavasti hakkuukertymämuutosten kanssa. Tämä johtuu siitä, että eri syistä puutavaralajeja siirtyy hakkuun yhteydessä arvioidusta luokasta toiseen, kun se saapuu käyttöpaikalle. Syitä siirtymille on monia. Erityisesti tukkipuuta siirtyy laatuviokojen ja vähäisten kertymien vuoksi kuiduksi ja energiapuuksi ja vastaavasti kuitupuuta päätyy energiapuuksi. Jonkin verran raakapuuta viedään myös ulkomaille.

Tässä työssä on oletettu, että toimenpidekokonaisuuden vallitessa puutavaralajimuutoksia tapahtuu vähemmän. Keskeisin syy tähän on se, että puun energiakäytön oletetaan vähenevän, osittain luonnollisen teknisen kehityksen ja osittain puun polttoa hillitsevän ohjauksen vuoksi. Energiapuun kysynnän aleneminen johtaa vähäisempään tarpeeseen siirtää tukkia ja kuitua energiakäyttöön, minkä vuoksi teollisuuden käyttämän puun määrä ei vähene yhtä paljon kuin vastaavien puutavaralajien hakkuukertymät.

**Taulukko 49.** Kotimaisen ainespuun käytön muutokset puu- ja puutavaralajeittain milj. m<sup>3</sup> tarkastelujaksolla 2021–2070. Muutokset on suhteutettu vuosien 2019–2023 tilastoitujen kotimaisen ainespuun käyttömäärien keskiarvoihin.

	Kuusi	Mänty	Lehtipuu
Kuitu	-1,3	-1,5	-1,4
%	-14 %	-9 %	-17 %
Tukki	-1,8	-0,9	-0,2
%	-13 %	-8 %	-19 %

Kotimaisen teollisuuspuun käytön oletettiin vähenevän noin 7 milj. m<sup>3</sup> ja energiarangan 4 milj. m<sup>3</sup>. Myös käytössä suurin suhteellinen muutos kohdistuu lehtipuuhun ja kuuseen (Taulukko 49). Kaikki korjattu tukkipuu ei edelleenkään päädy käytössä tukkipuuluokkaan, mikä johtuu erilaisista vioista. Vikojen määrän on tässä oletettu pysyvän maltillisena, mutta tilanne voi muuttua ilmastonmuutoksen lisätessä tuhoriskejä (ks. jakso 3.4.2). Kuitupuun käytön määrän on oletettu seuravan tarkemmin hakkuukertymän muutoksia.

Käytön muutokset kohdistettiin lisäksi eri toimialoihin. Kohdistaminen tehtiin perustuen toimialojen puunkäytön suuruuteen ja viimeaikaisiin trendeihin toimialojen puunkäytössä. Lehtisellun käytön vähenemisen arvioitiin kohdistuvan erityisesti selluteollisuuteen, eikä niinkään mekaaniseen ja puolikemialliseen massateollisuuteen. Sen sijaan kuusikuidun käytön vähenemisen arvioitiin kohdistuvan erityisesti mekaaniseen massateollisuuteen. Mäntykuidun lasku kohdistuu selluteollisuuteen. Tukkipuujakeiden tapauksessa lehtipuun laskun oletettiin kohdistuvan vaneriteollisuuteen ja männyn sahateollisuuteen. Pääosa kuusitukin käytön alenemasta oletettiin kohdistuvan sahateollisuuteen ja pienen osan vaneriteollisuuteen.

Kokonaisuudessaan sahateollisuuden kotimaisen puun käytön vähenemäksi arvioitiin 2,5 milj. m<sup>3</sup> ja vaneriteollisuuden 0,4 milj. m<sup>3</sup>. Vastaavasti selluteollisuudessa vähenemäksi arvioitiin 3,6 milj. m<sup>3</sup> ja mekaanisessa ja puolikemiallisessa massateollisuudessa 1,4 milj. m<sup>3</sup>, kun lisäksi huomioitiin puutuoteteollisuudesta saatavien sivujakeiden määrän väheneminen. Tukkia käyttävien puutuoteteollisuuden toimialojen puunkäytön vähenemä on nykytilanteeseen verrattuna suurempaa, jos puustotuhot yleistyvät ja tukkikokoinen runko joudutaan käyttämään kuiduksi tai energiaksi. Vastaavasti tämä voi nostaa kuidutettavan puun määriä ja siten pienentää puunkäytön vähenemiä massateollisuuden toimialoilla. Tuhoihin liittyvät epävarmuudet koskevat sekä perusuraa että toimenpidekokonaisuutta. Toimenpidekokonaisuudessa pyritään metsänhoidolla hillitsemään tuhoriskiä, joskin pidennetyt kiertoajat voivat myös lisätä riskejä. Puunkäyttömuutosten taloudellisia vaikutuksia arvioidaan myöhemmin jaksossa 4.6.

#### **4.4 Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset monimuotoisuuden heikkenemiskehitykseen**

*Matti Koivula ja Aino Assmuth*

Toimenpidekokonaisuuden tavoitteeksi oli asetettu monimuotoisuuden heikkenemisen taittaminen 2030 mennessä ja kääntäminen tämän jälkeen positiiviselle uralle. Toimenpidekokonaisuus sisältää yleisellä tasolla EU:n biodiversiteettistrategian 10 % tiukan suojelun tavoitteen ja 20 %:lla metsämaan talousmetsissä tehtävän, monimuotoisuutta edistävän tehostetun luonnonhoidon (lahopuun ja pitemmällä aikavälillä järeiden ja samalla vanhojen puiden tavoitetaso 30 % luonnontilan tasosta) sekä 70 %:lla puuntuotannon metsistä tehtävää maltillista luonnonhoitoa (15 % luonnontilan tasosta).

Toimenpidekokonaisuus hyödyttää laajasti metsälajistoa, potentiaalisesti myös pääosaa metsien uhanalaisista lajeista, minkä voi todeta vertaamalla luvun 3.1.9.10 taulukkoa 40 (tiivistelmä lajiston kannalta tärkeiden elinympäristöjen ja rakennepiirteiden lisäämiskeinoista ja niiden vaikutuksista) luvuissa 4.2.1–4.2.5 kuvattuihin käytännön toimenpiteisiin. Kysymys siitä, riittääkö toimenpidekokonaisuus monimuotoisuustavoitteeseen pääsemiseksi, koskeekin ennen kaikkea toimenpiteiden mitoitusta, kohdentamista ja aikataulutusta.

Mitoituksen osalta keskeinen tässä tarkasteltu tekijä on lahopuun määrä hehtaaria kohti. Kohdetasolla 20 m<sup>3</sup>/ha ylittävä määrä taannee sen, että kohteella kykenee elämään edes muutama uhanalainen lahopuulaji (esim. Koivula ym. 2022, Siitonen & Huhta 2023), kunhan tällaiset kuviot eivät ole kovin pienialaisia tai kaukana muista samantyyppisistä. Kaikkia lahopuulajeja 20–30 m<sup>3</sup>/ha ei riitä turvaamaan, ellei määrä ole maisematason keskiarvo tilanteessa, jossa tarkastelualueella on paljon sellaisia kuvioita, joissa määrä on selvästi korkeampi ja jotka sijoittuvat esimerkiksi suojelualueverkoston ja eri lajien yksilöiden liikkuvuuden kannalta tarkoituksenmukaisesti. Laskennallisesti 20 m<sup>3</sup>/ha lahopuujatkumo edellyttäisi noin 60 m<sup>3</sup>/ha elävän puuston säästämistä, jos elävä puusto olisi ainoa lahopuujatkumon ylläpitämiseksi käytettävä keino. Toimenpidetkokonaisuuden lahopuuta koskevissa toimenpiteissä onkin merkittävä rooli erilaisten säästöpuukuvioiden (luontokohteet, suojavyöhykkeet) lisäksi tekopökkelöillä. Tekopökkelöistä hyötyvät varsinkin uhanalaiset lahopuukovakuoriaiset, mutta hyöty kestää toimenpiteestä vain noin 20–30 vuotta, minkä jälkeen tarvitaan uusi ponnistus tekopökkelöiden tuottamiseksi. Toimenpidetkokonaisuudessa ehdotetut säästöpuu- ja tekopökkelömäärät eivät siis sellaisenaan riitä, vaan lahopuujatkumo edellyttää lisäksi luvussa 4.2.5 kuvailtuja suojavyöhyke-, luontokohde- ym. toimia. Tällöin tavoiteltavia määriä täytyy tarkastella metsikkötasoa laajemmassa mittakaavassa, kuten toimenpidetkokonaisuudessa on ajateltakin. Hakkuiden ulkopuolelle jätettäviä alueita koskevat toimenpiteet vaikuttavatkin osaltaan voimakkaasti lahopuumäärään ja varsinkin -jatkumoon.

Monimuotoisuustavoitteen saavuttamisessa olennaista on kuollutta ja järeää puuta lisäävien toimenpiteiden kohdentaminen. Uhanalaisten lajien hyötyminen toimenpiteistä nimittäin edellyttää sitä, että toimenpiteiden toteutusalueilla (kohteilla tai niiden ympäristössä) elää niistä hyötyviä populaatioita ja lajeja. Kohdentamiseen on toimenpidetkokonaisuudessa pyritty mm. erottelemalla kuolleen puun ja järeän vanhan puun tavoitetasot kasvupaikkatyypeittäin ja ilmastovyöhykkeittäin, kohdistuen toteutusta etenkin niille kasvupaikkatyypeille ja ilmastovyöhykkeille, joilla kuolleen puun ja järeän puun määrät olisivat luonnontilassakin korkeita. Tärkeää on myös pyrkimys kohdistaa voimakkaan tavoitetason toimia suojelualueiden läheisyyteen ja muuten kytkeytyneisyys huomioiden. Lajiston suojelun kannalta olisi tärkeää, että voimakkaimpia toimia (mitattuna tavoitetasolla ja pinta-alaosuudella) kohdistettaisiin erityisesti eteläiseen Suomeen.

Myös metsien suojelun kannalta sekä mitoitus että kohdentaminen vaikuttavat keskeisesti tuloksiin. Suomen metsämaahan sovellettuna 10 % suojelupinta-ala tarkoittaisi noin neljän prosenttiyksikön lisäsuojelua nykyisen noin 6 %:n päälle. Tällä hetkellä metsien suojelu on voimakkaasti painottunut Pohjois-Suomeen ja karuille kasvupaikoille. Jos toimenpidetkokonaisuuteen sisältyvään 10 %:n suojeluosuuteen pyrittäisiin tasaisemmin eri puolilla Suomea, se tarkoittaisi etelässä jo varsin huomattavaa lisäsuojelua, esim. Kotiahon ym. (2021) maakunta-kohtaista ehdotusta mukaillen. Mitä suurempi osuus suojelualasta on rehevien kasvupaikkojen metsiä, sen parempi uhanalaisten lajiston ja luontotyyppien kannalta. Toisaalta tällaiset metsät ovat tyypillisesti puuston myyntiarvoltaan arvokkaimpia yksityismaita, joten niiden suojeleminen on kallista.

Toimenpidetkokonaisuus - sisältäen lisäsuojelua ja luonnonhoitotoimia - oletettiin tehtäväksi hyvin nopeasti, ja alkuperäisinä tavoitteina olikin pysäyttää monimuotoisuuden heikkeneminen vuoteen 2030 mennessä ja suotuisan kehityksen vakiinnuttaminen 2050 mennessä. Ehdotettu 10 % tiukan suojelun taso voidaan poliittisen tahdon ja resurssien salliessa toteuttaa heti, mutta suojelu sinänsä ei heti lisää arvokkaiden rakennepiirteiden määrää, ellei suojelupäätökseen yhdistetä esimerkiksi kuollutta puuta lisäävää ennallistamista. Lisäsuojelun olisi

myös kohdistuttava monimuotoisuudeltaan arvokkaimpiin metsiin. Kuolleen puun sekä suurten ja samalla vanhojen puiden tavoitetasoihin pääseminen talousmetsäalueilla ehdotetussa laajuudessa vie vähintään muutamia vuosikymmeniä. Kuolleen puun määrä kehittyisi paljolti muiden metsätaloustoimien (harvennukset, pääte- ja muut hakkuut jne.) ja säästettyjen puiden (uudistusalojen säästöpuut, luontokohteet ja suojavyöhykkeet) kuolevuuden määräämässä tahdissa, mutta kehitystä voidaan nopeuttaa tekopötkelöiden avulla ja näin säädellä kuolleen puun kehitystä tavoitetasoja kohti. Suurten ja samalla vanhojen puiden tavoitetasojen saavuttaminen sijoittuu väistämättä kauemmaksi tulevaisuuteen, koska niitä saadaan vain ajan kanssa, säästämällä. Vanhojen puukäluokkien osuutta metsämaisemassa voidaan toki lisätä nopeamminkin suojelumetsien osuutta kasvattamalla.

Luvussa 3 käsitellyillä suojelu- ja luonnonhoitotoimilla on hyvin dokumentoidut positiiviset vaikutukset juuri sellaisiin lajeihin, jotka metsissämme säilyäkseen erityisesti vaativat muutoksia tavanomaiseen metsänkäsittelyyn. Raportissa ehdotettu toimenpidekokonaisuus keinoineen ja mitoituksineen heijastaa tätä tietoa. Tältä pohjalta arvioimme, että toimenpidekokonaisuuden tuloksena metsälajien uhanalaisuus lieventyisi selvästi ja yleinen uhanalaistumiskehitys kääntyisi positiiviselle uralle 2050 mennessä. Niiden uhanalaisten metsälajien osuus, joiden tilanne vuoden 2050 aikaperspektiivissä havaittavasti paranisi, voisi olla 10–30 % suuruusluokkaa.

## 4.5 Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset ekosysteemipalveluihin

*Janne Artell ja Tuija Lankia*

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan ekosysteemien ihmisten hyvinvoinnille tuottamia hyötyjä, ja niiden luokitteluun on olemassa useita kansainvälisiä luokitteluja. Tässä työssä luokittelemme ekosysteemipalvelut kansainvälisen CICES 5.1 -luokittelun mukaisesti (Haines-Young & Potschin, 2018). Luokittelu on suunniteltu ekosysteemipalveluiden mittaamiseen, arvioimiseen ja tilinpitoon. Sitä on käytetty laajasti ekosysteemipalvelututkimuksessa, ja se on vertailukelpoinen muiden paljon käytettyjen ekosysteemipalveluluokittelujen kanssa.

CICES jaottelee ekosysteemipalvelut kolmeen pääluokkaan: tuotantopalveluihin, säätely- ja ylläpitopalveluihin ja kulttuuripalveluihin. Tuotantopalvelut käsittävät ekosysteemeistä saatavan ravinnon, materiaalin ja energian. Säätely- ja ylläpitopalveluilla tarkoitetaan erilaisia tapoja, joilla ekosysteemit ylläpitävät ja säätelevät ympäristöä, jolla on vaikutusta ihmisen terveyteen, turvallisuuteen tai mukavuuteen. Ne sisältävät ekosysteemien prosessit, jotka hajottavat jätteitä, myrkyllisiä aineita ja muita haittoja sekä prosessit, jotka säätelevät ympäristön fysiokemikaalisia ja biologisia ominaisuuksia ihmisille suotuisasti. Kulttuuripalveluilla tarkoitetaan kaikkia ekosysteemien aineettomia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat ihmisten fyysiseen ja henkiseen hyvinvointiin. Kulttuuripalvelut voidaan jaotella edelleen suoraan vuorovaikutukseen luonnon kanssa, joka on riippuvaista läsnäolosta luonnossa ja epäsuoraan vuorovaikutukseen, joka tapahtuu etäällä luonnosta (Haines-Young & Potschin, 2018).

Tämän jaottelun mukaisesti tunnistettiin metsien tuottamia ekosysteemipalveluita, joille tuotettiin vaikutusarviot asiantuntija-arvioihin perustuen (Taulukko 50–Taulukko 58). Tuotantopalveluista arvio sisältää vaikutukset riistaan, porotalouteen, marjastukseen ja eliölajien geneettiseen materiaaliin. Säätely- ja ylläpitopalveluista arviossa on mukana tuholaisien, vieraslajien ja tautien torjunta, ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen, tulvasuojelu, eroosion

hallinta ja vesivirtojen säätely, makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta), maaperän hiilensidonta ja elinkierron ylläpito ja elinympäristön suojelu. Kulttuuripalveluista arvio kattaa metsissä virkistäytymisen sekä kulttuuriarvot ja maiseman kauneuden. Asiantuntija-arvio ei sisällä arvioita toimenpiteiden vaikutuksista puuntuotantoon ja metsien hiilen sidontaan, joita käsitellään raportin muissa osioissa.

#### **4.5.1 Tiedonkeruumenetelmä: Asiantuntija-arvio**

Arvio toimenpiteiden vaikutuksista ekosysteemipalveluihin toteutettiin asiantuntija-arvion perusteella. Kunkin tunnistetun ekosysteemipalvelun osalta tunnistettiin Luke:n tai Syke:n tutkija, jota pyydettiin arvioimaan, kuinka paljon kukin toimenpide vaikuttaa kyseiseen ekosysteemipalveluun. Skaalana arviossa oli ++ = lisää merkittävästi, + = lisää jonkin verran, 0 = ei vaikutusta, - = vähentää jonkin verran, -- = vähentää merkittävästi, ? en osaa sanoa, # arviot vaihtelevat positiivisen ja negatiivisen välillä. Asiantuntijoilla oli myös mahdollisuus kommentoida arvioitaan ja liittää mukaan kirjallisuusviitteitä. Asiantuntija-arviot pyydettiin sähköpostitse ja tarvittaessa saatuihin vastauksiin pyydettiin lisätietoja jälkeenpäin. Vastauksia saatiin kaikkiin 11 tutkijalta.<sup>2</sup>

#### **4.5.2 Tulokset: laadullinen asiantuntija-arvio toimenpiteiden vaikutuksista ekosysteemipalveluihin**

Asiantuntija-arvion tulokset on esitetty alla taulukoissa (Taulukko 50–Taulukko 58) toimenpidekokonaisuuksittain. Tulokset antavat laadullisen yleiskuvan toimenpiteiden arvioiduista vaikutuksista ekosysteemipalveluihin. Asiantuntija-arvion mukaan vaikutukset eri ekosysteemipalveluihin ovat pääosin positiivisia tai neutraaleja. Ilmastotoimilla asiantuntijat arvioivat olevan jonkin verran myös negatiivisia vaikutuksia toimenpiteisiin. Tuloksia tulkittaessa on hyvä huomioida, että vaikutukset ovat riippuvaisia toimien laajuudesta ja sijainnista ja voivat olla erilaisia lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Asiantuntijat eivät pystyneet arvioimaan kaikkien toimenpiteiden vaikutuksia kaikkiin ekosysteemipalveluihin vaan arviossa ilmeni myös tietopuutteita.

##### **4.5.2.1 Biodiversiteettitoimenpiteiden vaikutukset ekosysteemipalveluihin**

Biodiversiteettitoimenpiteiden arvioidut vaikutukset tuotantopalveluihin, säätely- ja ylläpito- palveluihin ja kulttuuripalveluihin on esitetty taulukoissa (Taulukko 50–Taulukko 52). Asiantuntija-arvion perusteella biodiversiteettitoimenpiteiden tunnistetut vaikutukset ekosysteemipalveluihin ovat pääosin positiivisia. Kuitenkin kulotuksen vaikutukset nähtiin osin ristiriitaisina ja elävien säästöpuiden jättämisen vaikutukset muihin toimenpiteisiin nähden vähäisinä. Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoidon vaikutuksista puuttui eniten tietoa.

---

<sup>2</sup> Kiitämme kaikkia ekosysteemipalveluiden vaikutusten asiantuntija-arvioon osallistuneita asiantuntijoita asiantuntemuksesta ja työpanoksesta: Inese Huttunen (Syke), Matti Koivula (Luke), Jouko Kumpula (Luke), Aleksi Lehtonen (Luke), Markus Melin (Luke), Jani Pellikka, Rainer Peltola (Luke), Sakari Sarkkola (Luke), Katriina Soini (Luke), Liisa Tyrväinen (Luke) ja Ilkka Vanha-Marjamaa (Luke).

**Taulukko 50.** Biodiversiteettitoimenpiteiden vaikutukset tuotantopalveluihin

Biodiversiteettitoimenpiteet	Riista	Porotalous	Marjastus	Eliölajien geneettinen materiaali
Arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisin perustein	+	++	NA	++
Elävien säästöpuiden jättäminen	+	+	+	0
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	0	NA	++	0
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	++	+	++	++
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	+	++	++	0
Kulotuksen lisääminen	0	#	+	+
Suojelualueiden lisääminen	+	++	NA	++
Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito	0	+	+	++

Geneettinen materiaali tarkoittaa kotoperäisiä metsälajeja, joita ihminen jo hyödyntää. Sitä heikentävät toimet, jotka pienentävät populaatioita tai eristävät niitä, sillä geenipooli kapenee ja geenivaihto vähenee. Tämä heikentää lajien sopeutumiskykyä muuttuviin olosuhteisiin ja vähentää mahdollisuuksia löytää esimerkiksi taudinkestäviä yksilöitä jalostukseen.

**Taulukko 51.** Biodiversiteettitoimenpiteiden vaikutukset säätely- ja ylläpitopalveluihin

Biodiversiteetti-toimenpiteet	Tuholaisten ja vieraslajien torjunta, tautien torjunta	Ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen	Tulvasuojelu, eroosion hallinta, vesivirtojen säätely	Maan veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta)	Maaperän hiilensidonta	Elinkierron ylläpito, elinympäristöjen suojeleminen
Arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisin perustein	0	++	++	NA	+	++
Elävien säästöpuiden jättäminen	0	0	0	NA	0	+
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	+	+	+	NA	+	0
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	+	+	+	++	0	+
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	0	+	0	NA	0	+
Kulotuksen lisääminen	#	#	#	NA	NA	+
Suojelualueiden lisääminen	#	+	+	+	+	++
Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito	0	NA	NA	NA	NA	++

**Taulukko 52.** Biodiversiteettitoimenpiteiden vaikutukset kulttuuripalveluihin

Biodiversiteettitoimenpiteet	Metsässä virkistäytyminen	Kulttuuriarvot, maiseman kauneus
Arvokkaiden elinympäristöjen suojeleminen ekologisin perustein	+	+
Elävien säästöpuiden jättäminen	+	+
Lahopuun säästäminen ja tuottaminen	#	#
Lehtipuiden säästäminen ja suosiminen	+	+
Järeiden ja vanhojen puiden pysyvä säästäminen	+	+
Kulotuksen lisääminen	NA	NA?
Suojelualueiden lisääminen	++	++
Lehtojen ja paahdeympäristöjen hoito	+	+

#### 4.5.2.2 Vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset ekosysteemipalveluihin

Asiantuntijat arvioivat myös vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset pääosin positiivisiksi. Poikkeuksina nousivat esiin tuotantopalveluista marjastusmahdollisuudet ja säätely- ja tuotantopalveluista tuholaisten ja vieraslajien torjunta ja tautien torjunta: toimenpiteiden vaikutukset niihin arvioitiin olevan osin vähäisiä tai ristiriitaisia. Kulttuuripalveluihin vesiensuojelutoimenpiteiden arvioitiin vaikuttavan positiivisesti

**Taulukko 53.** Vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset tuotantopalveluihin

Vesiensuojelutoimenpiteet	Riista	Porotalous	Marjastus	Eliölajien geneettinen materiaali
Suojavyöhykkeet kaikkien pienvesien varteen	+	++	0	++
Pintavalutuskentät	NA	NA	0	+
Virtaamanhallinta ja patorakenteet	+	NA	0	NA
Vesiensuojelukosteikkojen perustaminen	+	++	+	+
Uudisojituksista luopuminen ja kunnostusojitusten välttäminen	+	++	#	+
Jatkuva kasvatus turvemilla ja alavilla kankailla	+	++	#	+

**Taulukko 54.** Vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset säätely- ja ylläpitopalveluihin

Vesiensuojelutoimenpiteet	Tuholaisten ja vieraslajien torjunta, tautien torjunta	Ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen	Tulvasuojelu, eroosion hallinta, vesivirtojen säätely	Makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta)	Maaperän hiilensidonta	Elinkierron ylläpito, elinympäristöjen suojeleminen
Suojavyöhykkeet kaikkien pienten vesien varteen	0	++	++	+	+	+
Pintavalutus kentät	0	++	++	NA	NA	+
Virtaamanhallinta ja patorakenteet	0	++	++	0	NA	+
Vesiensuojelukosteikkojen perustaminen	0	++	++	-	+	+
Uudisojituksista luopuminen ja kunnostusojitusten välttäminen	#	++	++	++	+	+
Jatkuva kasvatusta turvemaidilla ja alavilla kankailla	#	+	+	++	+	+

**Taulukko 55.** Vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset kulttuuripalveluihin

Vesiensuojelutoimenpiteet	Metsässä virkistäytyminen	Kulttuuriarvot, maiseman kauneus
Suojavyöhykkeet kaikkien pienten vesien varteen	+	+
Pintavalutus kentät	NA	NA
Virtaamanhallinta ja patorakenteet	+	+
Vesiensuojelukosteikkojen perustaminen	+	+
Uudisojituksista luopuminen ja kunnostusojitusten välttäminen	+	+
Jatkuva kasvatusta turvemaidilla ja alavilla kankailla	++	++

### Ilmastotoimenpiteet

Ilmastotoimenpiteiden arvioituissa vaikutuksissa ilmeni enemmän hajontaa kuin biodiversiteetti- ja vesienhoitotoimenpiteillä. Myös niillä arvioitiin olevan paljon positiivisia vaikutuksia, mutta asiantuntijat tunnistivat myös negatiivisia vaikutuksia ja paljon vähäisiä vaikutuksia kaikissa ekosysteemipalveluluokissa.

**Tuotantopalvelut****Taulukko 56.** Ilmastotoimenpiteiden vaikutukset tuotantopalveluihin

Ilmastotoimenpiteet	Riista	Porotalous	Marjastus	Eliölajien geneettinen materiaali
Metsäkadon välttäminen	+	++	++	+
Metsittäminen	+	+	++	+
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	+	-	0	-
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	0	+	+	-
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	+	#	-	+
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	+	--	0	NA
Lannoitukset turvemaidilla (ns. terveyslannoitus)	+	NA	0	NA
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	+	++	++	0
Runkopuun energiakäytön vähentäminen	0	NA	0	+
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	0	-	-	NA
Soiden ennallistaminen	+	++	NA	++
Turvetuotantoalueiden ennallistaminen	+	++	NA	+

**Taulukko 57.** Ilmastotoimenpiteiden vaikutukset säätely- ja ylläpitopalveluihin

Ilmastotoimenpiteet	Tuholaisten ja vieraslajien torjunta, tautien torjunta	Ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen	Tulvasuojelu, eroosion hallinta, vesivirtojen säätely	Makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta)	Maaperän hiilensidonta	Elinkierron ylläpito, elinympäristöjen suojeleminen
Metsäkadon välttäminen	0	+	+	++	+	+
Metsittäminen	0	NA	+	NA	+	NA
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	-	0	NA	NA	0	+
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	-	0	0	NA	+	NA
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	#	NA	NA	++	+	+
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	NA	-	+	NA	+	NA
Lannoitukset turvemaidilla (ns. terveyslannoitus)	0	0	0	++	NA	NA
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	#	+	+	NA	+	0
Runkopuun energiakäytön vähentäminen	0	0	0	NA	+	NA
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	0	0	0	-	+	NA
Soiden ennallistaminen	0	#	+	++	NA	+
Turvetuotantoalueiden ennallistaminen	0	++	+	++	+	+

**Taulukko 58.** Ilmastotoimenpiteiden vaikutukset kulttuuripalveluihin

Ilmastotoimenpiteet	Metsässä virkistäytyminen	Kulttuuriarvot, maiseman kauneus
Metsäkadon välttäminen	NA	NA
Metsittäminen	+	NA
Jalostettujen siemen- ja taimialkuperien käyttö	0	0
Taimikonhoidon suorittaminen ajallaan	+	+
Harvennusten intensiteetin alentaminen kivennäismailla	+	+
Lannoitukset kivennäismailla (typpilannoitus)	0	0
Lannoitukset turvemaidilla (ns. terveyslannoitus)	0	0
Kiertoajan pidentäminen kivennäismailla	+	+
Runkopuun energiakäytön vähentäminen	0	0
Hakkuutähteiden hyödyntämisen vähentäminen	-	NA
Soiden ennallistaminen	-	-
Turvetuotantoalueiden ennallistaminen	+	+

#### 4.5.2.3 Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset kuhunkin ekosysteemipalveluun

Taulukkoon 59 on koostettu yhteen taulukoissa 50–58 esitetyt vaikutusarviot ekosysteemipalveluittain. Tuotantopalveluiden osalta toimenpidekokonaisuuden arvioitiin vaikuttavan riistään, porotalouteen ja eliölajien geneettiseen materiaaliin pääosin positiivisesti. Vaikutukset marjastukseen olivat vaihtelevat.

Säätely- ja ylläpitopalveluista toimenpidekokonaisuuden vaikutukset olivat pääosin positiiviset ravinteiden ja kiintoaineiden sitomiseen, tulvasuojeluun, eroosion hallintaan ja vesivirtojen säätelyyn, maaperän hiilensidontaan sekä elinkierron ylläpitoon ja elinympäristöjen suojeluun. Tuholaisten ja vieraslajien torjuntaan ja tautien torjuntaan vaikutusten arvioitiin vaihtelevan ja niiden arvioitiin suurelta osin olevan vähäisiä. Makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätelyyn (orgaanisen hiilen valunta) tunnistetut vaikutukset arvioitiin pääosin positiivisiksi, mutta arviossa tunnistettiin myös paljon toimenpidekohtaisia tietopuutteita.

Arviossa mukana olleisiin kulttuuripalveluihin eli metsässä virkistäytymiseen, kulttuuriarvoihin ja maiseman kauneuteen toimenpidekokonaisuuden vaikutukset arvioitiin pääosin positiivisiksi.

Koska ekosysteemipalveluiden muutokselle ei pystytty löytämään kvantitatiivisia arvioita, ei ekosysteemipalveluittain ole mahdollista arvioida rahamääräisiä hyötyjä. Julkisia tietokantoja hyödyntäen on kuitenkin mahdollista antaa osittaisia kuvauksia Taulukossa Taulukko 59 esitettyjen ekosysteemipalveluiden hyödyntämisen kokoluokista. Luonnonvarakeskuksen tilaston<sup>3</sup> mukaan riistasaaliista vuonna 2023 saatiin luullista lihaa noin 7 miljoonaa kiloa (arviolta 55 miljoonan euron arvosta). Hirvi ja metsäkanalinnut muodostavat arviosta merkittävän kokonaisuuden. Jokaisenoikeuksin kerättävästä marja- ja sienisadosta ei ole olemassa

<sup>3</sup> <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsastys/metsastys-2023>

ajantasaista tilastotietoa. Ruokavirasto kerää tietoa kauppaan tulevien marjojen ja sienien määristä<sup>4</sup>. Kaupallisen toiminnan laajuuteen vaikuttavat useat ulkoiset tekijät kuten työvoiman saatavuus ja kasvukauden säätila, mikä vaikuttaa osaltaan marjojen ja sienien vuotuisen kauppa-arvoon. Työvoiman vähyys on vaikuttanut merkittävästi kerättyjen marjojen (erityisesti mustikka, puolukka, lakka) myyntiin keruuseen. Mustikan myyntiin kerätyt määrät ovat vaihdelleet vuosien 2020–2024 välillä 1,16 ja 9,36 miljoonan kilon välillä. Vastaavasti kerätyn puolukan vaihteluväli on ollut 3,96 ja 10,65, ja lakan osalta 0,03 ja 0,27 miljoonaa kiloa vuodessa.

**Taulukko 59.** Toimenpidekokonaisuuden arvioidut vaikutukset ekosysteemipalveluittain

Tuotantopalvelut	Riista	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Porotalous	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Marjastus	Vaikutukset vaihtelevat
	Eliölajien geneettinen materiaali	Pääosin positiiviset vaikutukset
Säätely- ja ylläpitopalvelut	Tuholaisten ja vieraslajien torjunta, tautien torjunta	Vaikutukset vaihtelevat, suurelta osin vähäiset vaikutukset
	Ravinteiden ja kiintoaineiden sitominen	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Tulvasuojelu, eroosion hallinta, vesivirtojen säätely	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Makean veden ja meriveden kemiallisen laadun säätely (orgaanisen hiilen valunta)	Tunnistetut vaikutukset pääosin positiivisia, mutta paljon tietopuutteita
	Maaperän hiilensidonta	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Elinkierron ylläpito, elinympäristöjen suojelu	Pääosin positiiviset vaikutukset
Kulttuuripalvelut	Metsässä virkistäytyminen	Pääosin positiiviset vaikutukset
	Kulttuuriarvot, maiseman kauneus	Pääosin positiiviset vaikutukset

#### 4.5.2.4 Yhteenveto ja keskustelu

Asiantuntija-arvio toimenpiteiden vaikutuksista ekosysteemipalveluihin antavat laadullisen yleiskuvan siitä, minkälainen vaikutus toimenpidekokonaisuudella olisi ekosysteemipalveluihin. Arvion mukaan vaikutus on pääsääntöisesti positiivinen. Arvio nosti esiin myös tietopuutteita: useimpien toimenpiteiden osalta asiantuntijat eivät pystyneet arvioimaan vaikutuksia kaikkiin ekosysteemipalveluihin.

<sup>4</sup> <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tuet/elintarvikkeet/marsi-raportit/marsi-2024-raportti.pdf>

Tuloksia hyödynnettäessä on hyvä huomioida, että vaikutuksia arvioitiin yleisellä tasolla, eikä työssä pystytty hienovaraisesti arvioimaan esimerkiksi sitä, että vaikutusten suuruuteen vaikuttaa se, kuinka laajoilla pinta-aloilla ja millaisissa kohteissa toimia tehdään ja että toimenpiteiden lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset voivat olla erilaisia. Useat arvioon osallistuneet asiantuntijat sisällyttivät arvioihinsa kommentteja, joissa mainitsivat näiden olevan merkityksellisiä seikkoja vaikutuksia arvioitaessa.

Kunkin ekosysteemipalvelun vaikutuksia arvioi yksi asiantuntija. Arvion luotettavuutta parantaisi, jos jokaisen ekosysteemipalvelun osalta arvioita pyydetäisiin laajemmalla asiantuntijajoukolta.

#### **4.5.3 Toimenpidekokonaisuuden vaikutusarvio markkinattomien hyötyjen taloudelliseen arvoon**

Ehdotetun toimenpidekokonaisuuden tavoitteena (ks. luku 3.1) oli neljä kokonaisuutta;

- I. Luontokadon pysäyttäminen ja luonnon tilan kääntäminen elpymisuralle vuoteen 2030 mennessä Suomen metsissä
  - a. 2030 mennessä luonnon tilan heikkenemisen tulisi olla loppunut (nettona) ja luonnon tulisi olla elpymisuralla
  - b. 2035 luonnon monimuotoisuuden tilan tulisi olla sama tai parempi kuin vuonna 2020 (Suomen oma tavoite)
  - c. 2050 mennessä ekosysteemien elinvoimaisuus tulisi olla turvattu ja ihmisen aiheuttaman lajien sukupuuton loppunut.
- II. Metsätalouden vesistövaikutusten merkittävä väheneminen.
- III. Metsien hiilinielun tulisi olla vuonna 2035 sellaisella tasolla, että hiilineutraalisuustavoite saavutetaan. Tämän jälkeen nielua pidetään yllä ja kasvatetaan maltillisesti kohti vuotta 2050.
- IV. Metsänhoidon avulla sopeudutaan ilmastonmuutokseen ja vahvistetaan Suomen metsien resilienssiä, eli metsäekosysteemien kykyä sopeutua ja palautua häiriön jälkeen.

Markkinattomien hyötyjen arvioimiseksi hankkeessa etsittiin Suomessa julkaistuja taloudellisen arvottamisen tieteellisen vertaisarvioinnin läpäisseitä julkaisuja, joissa arvioidaan metsänhoidon tavoitteiden tuottamia markkinattomia arvoja. Metsien tuottamat ekosysteemipalveluarvot eivät rajoitu puuntuotannon markkina-arvoon, vaan metsät tuottavat kansalaisille myös erilaisia tuotantopalveluita (kuten kotitarvepuu, riista, marjat, sienet), sekä kulttuurisia ekosysteemipalveluja (kuten luonnon virkistyskäyttö, tietoisuus metsäluonnon hyvästä tilasta, perintöarvot). Erityisesti kulttuuristen ekosysteemipalveluiden hyödyt ovat usein markkinoiden ulkopuolella, jolloin niille ei synny vertailtavaa markkinahintaa. Ilman markkinahintaa nämä hyödyt voivat tulla tunnustetuiksi, mutta huomiotta jätetyiksi taloudellisissa laskelmissa.

Ympäristötaloustieteen tieteenalalla on useita menetelmiä markkinattomien hyötyjen arvioimiseksi. Kun aiempaa kokemusta esitettyjen tavoitteiden mukaisesta maailmantilasta ja siihen liittyvistä rahavirroista ei ole olemassa, on mahdollista kysyä kansalaisilta enimmäismaksuhalukkuutta tavoitteiden mukaisesta maailmantilasta. Enimmäismaksuhalukkuus on hyvinvointitaloustieteessä käytetty termi. Kuluttaja saa ostaessaan tuotteen, tai maksaessaan veroja taloudellisesti mitattavaa hyötyä enimmäismaksuhalukkuuden ja todellisesti maksetun

kustannuksen (esimerkiksi markkinahinta) välisen erotuksen verran. Enimmäismaksuhalukkuus keskimääräisenä mittarina ei siis tarkoita, että kaikki kansalaiset olisivat valmiita maksamaan saman verran politiikan tavoitteiden saavuttamisesta, sitä etteivätkö nousevat kustannukset aiheuttaisi yhteiskunnassa voittajia ja häviäjiä, tai sitä että koko maksuhalukkuus tulisi kerätä ylimääräisinä kustannuksina kuluttajilta todellisista kustannuksista piittaamatta.

Kyselyihin perustuvissa tutkimuksissa on hypoteettisen markkinatilanteen aiheuttaman harhan vaara, ja tutkimuksissa pyritään vähentämään tätä erilaisin tutkituin keinoin. Enimmäismaksuhalukkuus ei myöskään ole absoluuttisen tarkka tai ajassa muuttumaton suure. Arvottamistutkimukset kertovat kuitenkin hyötyjen suuruusluokasta. Lisäksi yhteiskunnan olosuhteiden muutokset vaikuttavat arvottamistulosten ajantasaisuuteen. Tästä syystä käytetyn analyysin pohjana olevassa viimeiset kymmenen vuotta kattavassa metsien ekosysteemipalveluita ja metsienhoidon tavoitteita arvottavassa kirjallisuuskatsauksessa keskitytään erityisesti suomalaisiin vertaisarvioituihin julkaisuihin, jotta hyötyarvioissa olisi mahdollisimman vähän erilaisten harhojen lähteitä.

Löysimme yhteensä 10 suomalaista vertaisarvioitua tutkimusta ja niiden sopivuutta esitettyjen tavoitteiden markkinattomien hyötyjen taloudelliseen arviointiin<sup>5</sup>. Tavoitteeseen I Luontokaidon pysäyttäminen ja luonnon tilan kääntäminen elpymisuralle vuoteen 2030 mennessä suoraan kohdentuvia tutkimuksia oli yksi. Mäntymaa ym. (2023) tutkimuksessa yksi arvotettava tekijä oli Suomen metsissä esiintyvien uhanalaisten lajien määrän kehittyminen kyselyajankohtaa suotuisammaksi tai heikommaksi vuoteen 2035 mennessä. Viidessä tutkimuksessa luonnon monimuotoisuutta metsissä sivuttiin. Saarikoski ym. (2022) arvioivat eteläisen, Oulu-Kajaani linjan alapuolisen Suomen soiden monimuotoisuuden pitämistä vuoden 2016 tasolla. Juutinen ym. (2017) tutkimuksessa yksi valtion metsien hakkuiden arvoihin vaikuttava tekijä oli hoidettujen metson soidinalueiden määrän muutos. Juutinen ym. (2021) tarkastelivat metsänomistajien korvauspyyntöjä 15 vuoden hoitosopimuksista, joissa huomioitaisiin muiden tekijöiden lisäksi luonnon monimuotoisuus. Mäntymaa ym. (2024) tutkimuksessa tarkasteltiin luonnon monimuotoisuuden suojelupinta-alan kasvattamista Suomen metsissä yhdessä soiden ennallistamisesta alan kasvattamisen ohella. Tyrväinen ym. (2014) selvittivät Ruka-Kuusamon alueen turistien maksuhalukkuutta alueen metsien uhanalaisten lajien populaatioiden kasvusta.

Tavoitteeseen II. Metsätalouden vesistövaikutusten merkittävä väheneminen ei löytynyt suoraan metsänhoidollisin keinoin tavoitetta arvottavaa tutkimusta. Kahdessa tutkimuksessa sivuttiin aihetta: Juutinen ym. (2017) tarkastelivat valtion metsien hakkuiden osalta maisemapsukurien laajentamista 20 metristä 40 metriin Lapin, Kainuun ja Hämeen alueella; Saarikoski ym. (2022) tarkastelivat soidensuojelun vaikutuksia turpeenoton ennakoituihin vaikutuksiin heikossa (välttävä tai huono) ekologisessa tilassa olevien järvien lukumäärään eteläisessä Suomessa. Suomen vesistöjen hyvän ekologiseen tilan saavuttamiseen liittyvää arvottamiskirjallisuutta on muutoin olemassa (esimerkiksi Nieminen ym. 2019, Artell 2014, Vesterinen ym. 2010, Lankia ym. 2023), mutta arvottamistulosten osittaminen metsänhoidollisten toimenpiteiden tasolle ei ole mahdollista. Tavoitteeseen III Metsien hiilinielu vuonna 2035: hiilineutraalisuustavoite saavutetaan vastasi suoraan kaksi tutkimusta. Mäntymaa ym. (2023) arvioivat hyötyjä metsien suhteellisen hiilinielun muutoksesta verrattuna Suomen

---

<sup>5</sup> Olemme inflaatiokorjanneet tutkimuksissa tehdyt arviot vuoden 2024 tasolle käyttäen Tilastokeskuksen rahanarvonmuunninta (<http://stat.fi/tup/laskurit/rahanarvonmuunnin.html>) elinkustannusindeksin mukaisesti.

kasvihuonekaasupäästöihin vuoteen 2035 mennessä. Mäntymaa ym. (2024) taas arvioivat hyötyjä kansallisten kasvihuonekaasupäästöjen välttämistä ilmastoystävällisen metsänkasvatuksen ja tuulivoiman keinoin. Lisäksi Saarikoski ym. (2022) arvioivat hyötyjä eteläisen Suomen soihin sitoutuneen hiilivaraston vähenemisen hidastamisesta ja Juutinen ym. (2021) metsänomistajien korvauspyynnöistä 15 vuotisen sopimuksen osalta, johon kuului ilmastovaikutuksia vähentäviä toimenpiteitä.

Tavoitteeseen IV Metsänhoidolla sopeudutaan ilmastomuutokseen ja vahvistetaan Suomen metsien resilienssiä ei löytynyt tutkimuskirjallisuudesta hyötyarvioita. Arvottamistutkimuksissa on olennaista, että arvotettavat hyödykkeet ovat mahdollisimman selkeästi määriteltyjä vastaajille. Tavoite IV on laaja-alainen ja monitulkintainen. Siihen kytkeytyvät arvottamistulokset olisivat todennäköisesti päällekkäisiä edellisten tavoitteiden arvojen kanssa ja johtaisivat hyötyjen kaksoislaskentaan.

Kirjallisuustarkastelun pohjalta tavoitteiden I ja III osalta voidaan vastata parhaiten Mäntymaa ym. (2023) tutkimuksen perusteella. Tässä tutkimuksessa käytettiin valintakoemenetelmää, joka mahdollistaa erilaisten arvottamisskenaarioiden arviointia. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellut arvottamiseen vaikuttavat tekijät (luonnon monimuotoisuus, hiilen sidonta ja metsäsektorin työpaikkojen määrän muutos) ovat linjassa selvityksen tavoitteiden ja vaikutusten kanssa. Toinen vaihtoehto olisi ollut käyttää Mäntymaa ym. (2024) tutkimusta. Heidän tarkastelussaan oli kuitenkin mukana tuulivoiman kehittyminen, sekä tämän selvityksen kannalta vaikeasti määriteltävä ilmastoystävällisen metsänhoitoalan pinta-ala.

### **Hyötyarvion laskeminen ja tausta**

Valintakoemenetelmän avulla voidaan selvittää joustavasti useiden erilaisten arvottamisskenaarioiden suhteellisia rahamääräisiä arvoja. Arvotettavat tekijät ja niiden tasot (käytetyssä esimerkissä uhanalaisten metsälajien määrä, hiilensidonta ja työpaikkojen lukumäärä) tulisi valita niin, että niihin voidaan vaikuttaa toimenpiteillä. Vastaajajoukolla esitetään tilastollisin menetelmin useita, jopa kymmeniä satunnaistettuja vaihtoehtoja, joissa esitetylle nykytilalle tarjotaan paketteina eri asteisia muutoksia arvotettavien tekijöiden tasoissa. Kuhunkin valintaan liittyy kustannus. Yksittäisen vastaajan tulee valita hänelle esitetyistä muutamasta vaihtoehtotilanteesta kustakin mielestään paras vaihtoehto. Vastaaja voi myös valita kustannuksettomana nykytilassa pysymisen. Lopuksi valintakoemenetelmällä kerätyt tiedot yksittäisten vastaajien mieltymyksistä kerätään yhteen ja analysoidaan tilastollisesti. Koko aineiston tasolla päästään kiinni yksittäisten arvotettavien tekijöiden ja tasojen vaikutuksesta valintoihin ja hyväksytyihin maksuhalukkuuksiin. Tulosten avulla voidaan tunnistaa erilaisia mieltymysryhmiä ja arvioida näille erillisiä maksuhalukkuuksia eri arvotettaville tekijöille. Kustannus-hyötyanalyysissä käytetään kuitenkin yleisemmin keskimääräisiä maksuhalukkuuksia kuvaavia malleja.

Valintakoemenetelmää ei pidetä kustannus-hyötyanalyysissä kannustinyhteensopivana<sup>6</sup> (eng. incentive compatible) menetelmänä toisin kuin yksittäisen arvottamisskenaarioiden kansanäänestystä (eng. referendum) imitoivan, kyllä/ei vastauksiin perustuvaa ehdollisen arvottamisen menetelmää. Todellisia maksuhalukkuuksia ja arvottamismenetelmillä kysytyjä maksuhalukkuuksia vertailevia tutkimuksia käsittelevässä meta-analyysissä (Penn & Hu 2018) havaittiin valintakoemenetelmällä mitattujen hyötyjen tuottavan *keskimäärin* vertailumenetelmiä 60 %

---

<sup>6</sup> Kannustinyhteensopiva kysymys on muotoilultaan sellainen, että se kannustaa vastaajaa vahvasti vastaamaan rehellisesti todellisen, kysymyshetkellä muotoutuvan maksuhalukkuuden mukaisesti.

pienemmän eron mittaustilanteessa havaitusta todellisesta maksuhalukkuudesta. Kansanäänestystä imitoivan ehdollisen arvottamisen menetelmällä arvioitujen ja todellisten maksuhalukkuuksien erot olivat noin 95 % pienempiä vertailumenetelmiin verrattuna. On luonnollista ajatella, että arvottamismenetelmillä kysytyt maksuhalukkuudet olisivat suurempia kuin todellinen maksuhalukkuus, näin ei kuitenkaan välttämättä ole. Pennin ja Hun (2018) vertailumenetelmien joukossa oli myös avoin maksuhalukkuuskysymys ("montako euroa olisit enimmillään valmis maksamaan jotta..."), joka intuition vastaisesti tuottaa usein pienempiä maksuhalukkuusarvioita kuin standardina pidettyä kansanäänestysmuotoista ehdollisen arvottamisen menetelmää (Metcalfe ym. 2012, Brouwer ym. 2015). Valintakoemenetelmän tulokset voivat siis erota jonkin verran todellisesta maksuhalukkuudesta, mutta kirjallisuuden perusteella ei ole täysin selvää onko suunta useimmiten alas- vai ylöspäin.

Ehdollisen arvottamisen menetelmän kysymykset ovat myös joustamattomia – arvotettavat kokonaisuudet ovat sidottuja vain ja ainoastaan esitettyyn arvottamiskysymyksen sanalliseen kuvaukseen. Kansanäänestysmuotoinen suora demokratia ei myöskään ole suomalaisille kulttuurisesti tuttu toimintatapa. Suomalaisesta arvottamiskirjallisuudesta ei löytynytäkään aieman kirjallisuuskatsauksemme perusteella ehdollisen arvottamisen arvottamiskysymystä, jolla olisi voitu vastata tässä hankkeessa esitettyihin tavoitteisiin. Hyötyjen laskennan osalta on myös olennaista välttää hyötyjen kaksoislaskentaa. Jos hyötyjä laskettaisiin useista erillisistä tieteellisistä tutkimuksista yhteen, kaksoislaskennan vaara olisi ilmeinen. Tämän vuoksi tässä tarkastelussa käytetään yhtä tutkimusta, vaikka se vastaakin vain kahteen (I Luontokadon pysäyttäminen ja III Metsien hiilineutraalisuus) tavoitteeseen neljän tavoitteen sijaan. Näiltä osin tulokset aliarvioivat metsänhoidon tavoitteiden saavuttamisen hyötyjä.

Tässä tarkastelussa hyödynnetään Mäntymaa ym. (2023) valintakoemenetelmällä tehtyä arvottamistutkimusta, jossa kysyttiin verkkopaneelissa 2000 suomalaiselta vuonna 2021 näkemystä Suomen metsienhoidon suuntaviivoista<sup>7</sup>. Kyselyn avaamisen jälkeen vastaajille kerrottiin, että tutkimukseen osallistumalla voi vaikuttaa miten luonnon monimuotoisuus, hiilen sitominen metsiin ja alan työllisyys otetaan huomioon suomalaisessa metsänhoidossa. Kyseilyssä vastaajille esitettiin tietoa kustakin aiheesta, sekä muistutettiin ennen itse valintakoetta että metsäpolitiikan tavoitteet voivat olla keskenään ristiriitaisia ja ratkaisuille on kustannuksia niiden toteuttajille, ja kustannuksia tulnaisiin kattamaan verotusta kasvattamalla. Itse toimenpiteiden kuvattiin alkavan vuonna 2022 ja näkyvän täysimääräisinä 2035 mennessä. Mäntymaa ym. (2023) tieteellisen artikkelin tulokset on ilmoitettu vuoden 2024 euroina per aikuinen suomalainen per vuosi 10 vuoden ajan.

Mäntymaa ym. (2023) arvioivat metsäpolitiikan vaikutuksia työllisyyteen niin, että politiikat voivat lisätä (5 % tai 10 %), ylläpitää (66 000 työpaikkaa), tai vähentää (-5 % tai -10 %) metsäsektorin työpaikkojen määriä (vaihteluväli 59 000–73 000 työpaikkaa). Mäntymaa ym. (2023) mallissa työllisyysvaikutusten hyötyarviot kuvattiin lineaarisina esitetyllä vaihteluvälillä; yhtä suuri muutos työllisyyttä kasvattavasti ja vähentävästi ovat siis samanarvoisia. Yhden työpaikan arvoksi on saatu 0,13 €. Tutkimus ei ottanut kantaa laajempaan työmarkkinoiden kehittymiseen tai ehdotettujen muutosten vaikutusaikaan työmarkkinoilla.

---

<sup>7</sup> Arvioina käytetään Mäntymaa ym. (2023) Appendix A:n random parameters logit mallin keskiarvoisia tuloksia. On huomattava, että tulokset ovat voimakkaasti heterogeenisiä, eli vastaajien välillä on selkeitä eroja. Keskiarvoisen mallin tulokset eivät yksin näytä erilaisten politiikkavaihtoehtojen voittajia ja häviäjiä.

Metsässä elävien lajien uhanalaisuuskehityksestä Mäntymaa ym. (2023) esittivät vastaajille muutoksia niin, että toimet voisivat ylläpitää nykyistä 833 uhanalaisuusstatusta, parantaa tilannetta niin, että vain 750 lajia olisi uhanalaisia (10 % parannus), tai heikentää tilannetta niin, että uhanalaisia lajeja olisi 920 (10 % heikennys). Näiltä osin valintakoemenetelmän tulokset paljastavat suomalaisten olevan maksuhalukkaita siitä, että uhanalaisten lajien määrä vähenee 10 % (n. 255 €) ja kokevan suurempaa haittaa siitä, että uhanalaistumiskehitys jatkuisi. Kymmenen prosentin lisäys uhanalaisten lajien määrään aiheuttaisi noin 489 € haitan vastaajille. Olemme tehneet tässä arviossa oletuksen, että metsälajien uhanalaistumisen kehityksen kääntyminen vastaisi 10 prosentin vähenemistä uhanalaisten lajien määrässä, eli hyödyt olisivat 255 €/ aikuinen /vuosi/10 vuoden ajan.

Mäntymaa ym. (2023) esittivät kyselyssä vastaajille tiedon hiilensidonnasta, jonka mukaan metsiin sitoutuisi keskimäärin puolet Suomen kasvihuonekaasupäästöistä viitaten Kallio ym. (2013)<sup>8</sup> tietoihin. Vastaajille tarjottiin kahta erilaista hiilensidontaskenaariota, joista yksi vähensi kansallisten kasvihuonekaasupäästöjen suhteellista hiilensidontaa metsissä kolmannekseen, ja toinen lisäsi hiilensidonnan osuutta kahteen kolmasosaan. Vastaajille ei puhuttu megatonneista hiilidioksidiekvivalenteista, koska ne eivät ole yleisesti suomalaisille tuttuja käsitteitä. Nykytilanne Suomen metsien osalta on kuitenkin se, että ne ovat kasvihuonekaasujen nettopäästölähde ohittaen Mäntymaa ym. (2023) tutkimuksen heikoimman esitetyn vaihtoehdon. Arvottamistuloksia joudutaan siis ekstrapoloimaan, jotta voitaisiin arvioida hiilensidonnan tavoitteisiin pääsyn hyödyt euromääräisesti. Valintakoemenetelmän tulosten mukaan hiilensidonnan putoaminen 50 %:sta 33 %:n tuottaisi noin 293 euron vuosittaisen haitan (n. 17,2 € haittaa per %-yksikkö) vastaajille, ja vastaavasti hiilensidonnan kasvaminen 50 %:sta 66 %:n Suomen kasvihuonekaasupäästöistä tuottaisi noin 127 € maksuhalukkuuden (n. 7,9 € hyötyä per %-yksikkö). Haitan suhteellisesti suurempi arvo tilan parannuksen hyötyihin verrattuna on tunnettu ilmiö taloustieteessä ja psykologiassa. Pysymällä vain itse tutkimuksen tulosten edellä mainitulla liikkumavälillä siirtymällä konservatiivinen arvio haittojen ja hyötyjen määrästä hiilensidontatavoitteiden osalta olisi 293 € + 127 €, eli noin 420 €/ aikuinen /vuosi 10 vuoden ajan. Jos tuloksia halutaan ekstrapoloida, eli käyttää prosenttiyksikkökohtaisia arvoja haittoille ja hyödyille kasvihuonekaasujen suhteellisesta sitomisesta, liikkuminen nykyisestä sitomisesta (arvio 0 %) 50 %:n sitomiseen metsissä vähentäisi haittoja 892 €, ja hiilineutraalisuustavoitteeseen metsänieluilla siirtyminen, eli 100 % Suomen kasvihuonekaasuista sitoutuvat metsiin tuottaisi hyötyjä noin 397 € lisää. Näin ollen *spekulatiivinen* arvio hiilinielujen voimakkaasta lisäämisestä nykyisen nettopäästäjän sijaan kaikki Suomen kasvihuonekaasupäästöt nieleväksi metsäksi olisi noin 1 289 €/aikuinen/vuosi 10 vuoden ajan. Lisäksi Mäntymaa ym. (2023) aineiston analyysin perusteella maksuhalukkuutta olisi jo pelkällä toimiin ryhtymisellä noin 35 €/henki/vuosi 10 vuoden ajan.

Luonnon monimuotoisuus- ja metsien hiilinielutavoitteiden saavuttamisen hyötyarvio on tämän arvion perusteella noin 710–1 579 €/henki/vuosi 10 vuoden ajan vuoden 2025 metsien hiilinielutilanteessa. Suomen aikuisväestöllä (4 643 694, Tilastokeskuksen ennakkotieto 8/2025) tämä tarkoittaa noin 3,3–7,3 miljardin euron vuosihyötyä; hyödyn nettonykyarvo 4 % diskonttokorolla 10 vuoden ajan maksettuna on n. 27–62 miljardia euroa. On huomioitava, että näistä arvioista puuttuvat vesien tilaa parantavan tavoitteen arvot, sekä laajempaan

---

<sup>8</sup> Kallio, A.M.I., Salminen, O., Sievänen, R. 2013. Sequester or substitute – Consequences of increased production of wood based energy on the carbon balance in Finland. *Journal of Forest Economics* 19, 402-415.

metsäluonnon resilienssiin liittyvän tavoitteen arvot. Lisäksi Mäntymaa ym. (2023) huomioivat, että kansalaisten mieltymykset ovat vahvasti jakautuneet viiteen ryhmään; nykytilaan suosiviin "traditionalisteihin" (25,6 %), korkean maksuhalukkuuden "maksimimaksajiin" (14,8 %), luonnon monimuotoisuutta vaaliviin "biodiversiteetin suojelijoihin" (16,7 %), "muutoksen tukijoihin" (23,4 %), joille riittää muutos nykytilasta, ja viimeisenä ryhmään, joka ei valintoja tehdesään laittanut painoarvoa työllisyydelle, "sosio-ekonomian hylkääjät" (19,4 %).

Tuloksia arvioitaessa on huomioitava, että Mäntymaan ym. (2023) tutkimus ei ole tehty suoraan tässä raportissa esitettyjä skenaarioita varten ja kysely on tehty ennen Ukrainan sotaa vuonna 2021. Tulokset antavat kuitenkin viitteitä kansalaisten arvostuksista ja niiden painotuksista. Tarkempia maksuhalukkuuksia olisi, niin halutessa, mahdollista saada muotoilemalla tarkkarajaisia politiikkatoimia, niiden odotettuja tuloksia ja kustannuksia, ja altistamalla vastaajille uskottavasti päätöksentekoko kyselyn tuloksista riippuvaksi.

### **Tietolaatikko: Vesien suojelutoimien taloudellisen hyödyn arviointi**

Toimenpidekokonaisuuden ekosysteemipalveluvaikutusten arviointia täydennettiin vesien suojelutoimien tuottaman ravinnepäästöjen vähentämishyötyjen arvioinnilla. Suoritettu arviointi perustuu kehitteillä olevaan mallinnusjärjestelmään ja siksi tuloksissa on huomattavaa epävarmuutta. Arvioinnin tavoitteena onkin lähinnä tuottaa suuruusluokka-arvio vesien suojelutoimien vaikutusten mahdollisesta mittakaavasta.

Vaikutusten mittakaavaa määritettiin nykyisen metsätalouden vesistökuormituksen ja toimenpidekokonaisuuden suhteellisten vaikutusten avulla. Molempiin tietoihin liittyy epävarmuuksia. Vesistökuormituksen vähenemisen lisäksi pyrittiin arvioimaan kuormituksen aiheuttamien ympäristöhaittojen rahamääräistä arvoa. Kuormitus muutettiin haitaksi käyttäen aiempaa rajahaitta-arviota (Gren 2001), joka vuoden 2024 rahassa oli 10 euroa tyyppiekvivalenttikiloa kohden. Laskennassa fosforikuormitus muutettiin tyyppiekvivalenteiksi kertomalla ns. Redfield-kertoimella 7,23 (Wetzel 2001). Rajahaitan arvio on yleisesti käytetty vastaavissa laskelmissa, mutta se ei kuvaa parhaalla mahdollisella tavalla Suomen sisävesiä. Tämän vuoksi myös haittojen arvioinnissa on suurta epävarmuutta. Epävarmuuksien vuoksi vaikutusarvioinnin keskeisenä osana tehtiin herkkyystarkastelu, jonka avulla haarukoitiin vaikutusten mahdollista vaihteluväliä. Vesien tummumisen aiheuttaman haitan suuruutta ei tässä laskelmassa pystytty arvioimaan.

Metsätalouden aiheuttaman ravinnekuormituksen suuruusluokka on tuhansia tonneja tyyppiä ja satoja tonneja fosforia. Esimerkiksi Finer ym. (2021) arvioivat metsätalouden tyyppi-kuormitukseksi 8000 t ja fosforikuormitukseksi 600 t. Toimenpidekokonaisuuden vesien suojelutoimista suojavaikohyötyille, pintavalutuskentille ja vesien suojelukosteikoille, kunostusojituksen lopettamiselle, vedenpinnannostolle, uudisojituksen lopettamiselle ja jatkuvaan kasvatukseen siirtymiselle turvemailla pystyttiin laatimaan tyyppi- ja fosforikuormituksen vähenemiselle arviot. Arviomme perusteella metsätalouden tyyppi-kuormituksesta saadaan keskimäärin torjuttua yli neljännes ja fosforikuormituksesta kolmannes. Herkkyyssanalyysissä huomioitiin epävarmuus sekä nykytilanteessa -25 % ja +50 % että toimenpiteiden vaikutuksessa +/- 50 %. Ravinnekuormituksen vähenemisen vaihteluväliksi saatiin tyyppelle 800–4 800 tonnia ja fosforille 80–450 tonnia vuodessa (keskiestimaatit 2 200 ja 200 t/a). Vesienlaadun parantumisen myötä vältettyjen haittojen arvo, kun huomioidaan epävarmuus (+/- 50 %) rajahaitoissa oli 10–120 milj. € (keskiestimaatti 40 milj. €).

## 4.6 Toimenpidekokonaisuuden taloudelliset vaikutukset

*Jussi Lintunen*

Puunkäytön vähenemisen myötä myös puuta jalostavien toimialojen tuotanto vähenee. Erityisesti jos tuotantorakenne ja puunkäyttö eri tuotantoprosesseissa ei pysty joustamaan, tuotannon tasot seuraavat suoraan puunkäytön vähenemistä. Viidenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla on luultavaa, että tuotanto- ja panosrakenteet muuttuvat ja teollisuus pystyy luomaan enemmän arvonlisää käytettävissä olevista puumääristä. Koska tässä työssä tarkastellaan myös lyhyen aikavälin muutoksia, talousvaikutustarkastelu tehdään olettaen tilanne, jossa tuotantorakenne ja -prosessit ovat nykyisen kaltaisia. Näin tarkastelu voidaan tehdä käyttäen viime vuosien panostuotostauluja. Pidemmällä aikavälillä toimialojen sopeutuminen muuttaa tässä tehtyä vaikutusten suuruusluokka-arviota.

Tuotanto- ja panosrakenteen pysyessä nykyisen kaltaisena, puunkäytön vähenemä johtaa suoraan tuotannon vähenemiseen. Arvioinnissa keskeistä on puunkäytön muutos suhteessa toimialan kaikkeen puuraaka-aineen käyttöön, mukaan lukien tuontipuu ja teollisuuden sivuvirrat. Näin arvioituina toimenpidekokonaisuuden myötä puutuoteteollisuuden vuotuinen tuotos laskisi 10 prosenttia ja paperi- ja massateollisuuden 11 prosenttia. Energiantuotannossa rankapuun väheneminen olisi 18 % viime vuosien kiinteiden puupolttoaineiden käytöstä lämpö- ja voimalaitoksissa.

Metsätalous ja puunkorjuu -toimialalla taloudellisen aktiviteetin muutokset ovat moninaisemat. Jos puunhinnat pysyvät ennallaan, puunmyyntitulot seuraavat hakkuiden kehitystä. Tarkastelujaksoittainen hakkuutulojen alenema on 11–17 prosenttia yli kolmen miljardin vuotuisesta tasosta alle kolmen miljardin tasoon. Keskimääräinen lasku samoin kuin hakkuukassavirtojen nettohyötyarvon lasku (kolmen prosentin korolla) on 14,5 prosenttia. Puunhintojen reagoidessa ylöspäin puunmyyntitulot laskevat vastaavasti vähemmän tai jopa kasvavat, jos hinnannousu on riittävän voimakasta. Puunhintareaktioita ei tässä työssä kyetty kuitenkaan arvioida. Metsähoito-alatoimialalla puunmyyntitulojen väheneminen ja puuntuotannollisten metsänhoitotoimien lasku vähentävät tuotosta, mutta näitä kompensoi luonnonhoitotoimien kasvu. Puunkorjuu-alatoimialan tuotos laskee hakkuiden laskun myötä. Metsätaloutta palveleva toiminta -alatoimiala kasvattanee tuotosta suunnittelupalveluiden tarpeen kasvun myötä. Viimeisenä metsien nettokasvu -alatoimiala kasvaa puustopääoman karttuessa. Kokonaisuutena arvioimme metsätalous ja puunkorjuu -toimialan tuotoksen laskevan 9 prosenttia.

Tuotoksen muutosten avulla voidaan arvioida arvonlisäyksen ja työvoiman tarpeen kehitystä. Tässä työssä oletettiin, että arvonlisän ja tuotoksen suhde pysyy nykyisellä tasolla, joten arvonlisän suhteelliset muutokset seuraavat suoraan tuotoksen muutoksia. Työvoimatarvetta kuvataan tuotoksen työpanoskertoimilla. Työpanoskertoimet ovat historiallisesti laskeneet työn tuottavuuden kasvaessa. Tässä arviossa tarkastellaan tilannetta, jossa työpanoskertoimien on oletettu pysyvän nykytasollaan.

**Taulukko 60.** Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset metsäsektorin toimialojen arvonlisäykseen (milj. €) ja työvoiman tarpeeseen (työntekijöiden lukumäärä). Mahdolliset poikkeamat toimialojen summan ja yhteensä-rivin välillä johtuvat lukujen pyöristyksistä.

	Arvonlisäys (milj. €)		Työvoiman tarve	
	2019–2023	muutos	2019–2023	muutos
Metsätalous	3 750	-370	21 600	-2 100
Puutuote	1 760	-180	20 900	-2 200
Paperi ja massa	3 010	-320	18 100	-1 900
Yhteensä	8 520	-870	60 600	-6 200

Metsäsektoritoimialojen vuotuiset arvonlisäykset ovat viime vuosina olleet 1,8–3,8 mrd. € (Taulukko 60). Toimenpidekokonaisuuden arvioitiin laskevan teollisuustoimialojen reaalista arvonlisää noin 10 prosenttia eli 180 milj. € puutuoteteollisuudessa ja 320 milj. € paperi- ja massateollisuudessa. Metsätalouden sekä suhteellinen että absoluuttinen arvonlisäyksen lasku on suurempaa, noin 370 milj. €. Arvonlisäyksen lasku metsäsektorilla on yhteensä noin 870 milj. €. Metsäsektorin toimialoilla työvoiman tarve on suhteellisen tasaista ollen kullakin lähellä 20 000 työntekijää. Toimialoittainen työvoiman tarpeen väheneminen on 1 900–2 200 työllistä. Työn tuottavuuden kasvun myötä työvoiman tarve alenee. Toimenpidekokonaisuus määrittää puunkäytön ja siten tuotannon suhteelliset muutokset, jotka eivät riipu työn tuottavuudesta. Työn tuottavuuden kasvu siis pienentää toimenpidekokonaisuuden aiheuttamia absoluuttisia työvoiman tarpeen vähenemisiä.

Metsäsektorin tuotannon aleneminen johtaa kerrannaisvaikutuksina muiden toimialojen tuotannon vähenemiseen, kun metsäsektorin käyttämien välituotteiden ja palvelujen tarve vähenee. Kerrannaisvaikutuksia voidaan arvioida panostuotos-mallia käyttäen (esim. Kniivilä ym. 2022). Metsäsektorin toimialojen välillä on paljon kytköksiä, mutta kytköksiä on merkittävästi myös muihin kotimaisiin toimialoihin, kuten kuljetus- ja varastointi, energiahuolto, tukku-kauppa ja kemikaalien valmistus (esim. Berg-Andersson ym. 2021). Taulukossa 61 on esitetty metsäsektorin yhteiset kerrannaisvaikutukset muihin toimialoihin. Kerrannaisvaikutukset ovat suhteellisen suuria: arvonlisäyksen alenema muilla toimialoilla on noin 60 prosenttia metsäsektorin vastaavasta ja työvoiman tarpeen muutos yhtä suurta kuin metsäsektorilla. Työvoiman tarpeen suurta muutosta selittää metsäsektorien käyttämisen tuotteiden ja palvelujen tuotannon metsäsektoria korkeampi työvoimavaltaisuus.

**Taulukko 61.** Koko metsäsektorin (metsätalous, puutuoteteollisuus ja paperi- ja massateollisuus -toimialat) muutosten nettovaikutus metsäsektorin ulkopuolisten toimialojen arvonlisäykseen (milj. €) ja työvoiman tarpeeseen (työntekijöiden määrä).

	Kerrannaisvaikutukset			
	Arvonlisäys (milj. €)		Työvoiman tarve	
	2019–2023	muutos	2019–2023	muutos
Metsäsektori	5 120	-520	61 600	-6 200

Puuntuotannon vähenemisellä on siis negatiivinen vaikutus metsäsektoriin kytkeytyvien toimialojen taloudelliseen aktiviteettiin. Tämä aiheuttaa sopeutumistarvetta mutta toisaalta vapauttaa tuotantopanoksia muiden toimialojen käyttöön. Vapautuvien resurssien positiivisia

talousvaikutuksia ei tässä työssä pystytty arvioimaan. Negatiiviset vaikutukset kohdistuvat metsäteollisuuspaikkakunnille ja erityisesti osalle niistä. Aluetaloudelliset vaikutukset voivat siis olla merkittäviä. Koko kansantalouden tasolla toimenpidekokonaisuuden aiheuttama arvonlisäyksen lasku kerrannaisvaikutuksineen on noin puolen prosentin tasosiirtymä. Tehdyillä oletuksilla toimenpidekokonaisuuden ollessa käytössä, kansantalouden arvonlisä olisi siis puoli prosenttia alhaisempi kuin jos nykykäytännöt jatkuisivat. Vapautuvat resurssit kompensoivat tätä alenemaa.

Toimenpidekokonaisuus vaikuttaa puuntuotantoa laajemmin metsien tarjoamiin ekosysteemipalveluihin (jatkossa muut ekosysteemipalvelut). Osalle näistä muista ekosysteemipalveluista on markkinat, osalle on odotettavissa, että markkinat voisivat tulevaisuudessa kehittyä ja loput ovat pysyvästi markkinattomia. Toimenpidekokonaisuuden vaikutukset muihin ekosysteemipalveluihin arvioitiin laadullisesti, joten niistä ei pääsääntöisesti pystytä tekemään kvantitatiivisia arviota kuten puuntuotannosta. Taulukko 59 esitetyn koosteen mukaan toimenpidekokonaisuuden vaikutukset muihin ekosysteemipalveluihin ovat pääosin positiivisia. Osa hyödyistä tuottaa hinnoiteltuja markkinahyötyjä ja osa puolestaan vähentää taloudellisia kustannuksia aiheuttavia riskejä, kuten esim. tulvasuojelu. Tietolaatikossa vesiensuojelutoimien taloudellisen hyödyn arvioinnista saatiin vältettyjen haittojen arvoksi 10–120 milj. €. Nämä arvot eivät kuitenkaan ole markkinahyötyjä tai todellisten kustannusten välttämistä, vaan maksuhalukkuuksiin perustuvia hyvinvointimuutoksia. Luontomatkailua palvelevat yritykset voivat hyötyä metsissä tapahtuvissa muutoksista ja kaikki yritykset hyötynevät metsätalouden kestävyuden mainehyödyistä, mutta näiden hyötyjen euromääriä on vaikea arvioida.

Hiilensidonnan osalta voidaan laskea hiilensidontahyötyjen arvo, joka voi realisoitua julkisen talouden eduksi, jos maankäyttösektorin päästövähennystavoitteeseen ei päästä ja vajetta katetaan esimerkiksi ulkomailta nieluyksiköitä ostamalla. Toimenpidekokonaisuuden myötä metsien vuotuinen puustonhiilinielu vahvistuu noin 17 milj. tCO<sub>2</sub> (Jakso 4.3.1). Nielun voimistumisen rahallinen arvo riippuu nieluyksiköiden hinnasta. Jos hinta on 10 €/tCO<sub>2</sub> on taloudellinen hyöty 170 milj. € vuodessa ja jos hinta on 100 €/tCO<sub>2</sub>, hyöty on 1,7 mrd. €. Hyödyt voivat siis olla merkittäviä.

## 5 Ohjaukeinit

*Aino Assmuth, Sampo Pihlainen, Jussi Lintunen, Matti Koivula, Leena Kärkkäinen, Aleksi Lehtonen, Mika Nieminen, Maria Ojanen, Minna Pappila, Samuli Pitzén, Johanna Pohjola, Pekka Punttila, Heli Saarikoski, Katriina Soini ja Esa-Jussi Viitala*

### 5.1 Ohjaukeinovaihtoehdoista

Ohjaukeinoilla tarkoitetaan julkishallinnon tapoja vaikuttaa toimijoiden (esim. kansalaisten ja yritysten) käyttäytymiseen. Suomen metsien käytön kannalta ohjaukeinoilla ja niiden muotoilulla on suuri merkitys, koska suuri osa metsistä on yksityisessä omistuksessa.

Ohjaukeinit voidaan karkeasti jakaa normiohjaukseen, taloudellisiin ohjaukeinoihin ja informaatio-ohjaukseen. Normiohjauksella, johon kuuluvat muun muassa määräyksiä ja rajoitteita asettava lainsäädäntö, kaavoitus ja lupakäytännöt, luodaan puitteet sallitulle toiminnalle. Taloudellisilla ohjaukeinoilla, kuten veroilla ja tuilla, pyritään muuttamaan yksilöiden ja organisaatioiden taloudellisissa päätöksissään kohtaamaa kannustinympäristöä. Toisaalta veroilla on tyypillisesti myös merkittävä fiskaalinen funktio, eli niillä kerätään varoja julkisten menojen kattamiseksi. Jos taloudellisena ohjaukeinoana käytetään tukiaista (tässä selvityksessä puhutaan tuista), nämä on rahoitettava valtion budjetista, mikä rajoittaa merkittävästi niiden käyttöönoton mahdollisuuksia ja realistista tukitasoa. Taloudellinen ohjaukeino voidaan muotoilla myös keinokeinoisen markkinan muotoon, jolloin lasketaan liikkeelle tietty määrä haitan (päästö, haitta luonnolle) aiheuttamisen oikeuksia, veloitetaan toimijat luovuttamaan yksiköitä aina haittaa aiheuttaessaan, ja annetaan toimijoiden käydä keskenään kauppaa yksiköistä. Tällaista lähestymistapaa edustaa Euroopan Unionin kasvihuonekaasujen päästöoikeuskauppa (EU ETS).

Normiohjauksella pystytään estämään ympäristön tilaa heikentäviä toimia ja velvoittamaan keskeisiin ympäristön tilaa turvaaviin toimiin Suomen metsissä. Nykyisessä metsiä koskevassa normiohjauksessa on huomattavasti parantamisen varaa (ks. esim. Soininen ja Pappila 2023). Toisaalta talousmetsiä koskevassa lainsäädännössä täytyy käytännössä sallia monenlaista josakin määrin ympäristölle haitalliseksi tiedettyä toimintaa, koska kaiken ympäristölle haitallisen toiminnan kategorinen kieltäminen tekisi elinkeinotoiminnan, kuten metsätalouden harjoittamisen, hyvin vaikeaksi ja loukkaisi siten omaisuudensuojaa. Tästä johtuen lainsäädännöllä on vaikeaa täysin estää sellaista vaikeammin hahmotettavaa ja monelle taholle hajautunutta ympäristön heikentämistä, joka kuitenkin yhteisvaikutuksiltaan uhkaa metsien luonnon monimuotoisuuden säilymistä, vesistöjen hyvää tilaa ja ilmastonmuutoksen torjuntaa.

Taloudelliset ohjaukeinit voisivat parhaimmillaan täydentää normiohjausta tuomalla ainakin jotkut ympäristölle tuotetut haitat ja hyödyt osaksi metsätalouden toimijoiden euromääräistä päätöksentekoa. Koska taloudelliset ohjaukeinit jättävät tilaa myös maanomistajan omalle päätöksenteolle, ne ovat omaisuudensuojan kannalta täyskieltoja vähemmän ongelmallisia ja kannustavat parantamaan ympäristön tilaa kustannustehokkaasti – eli silloin kun se on vaikuttavaa ja/tai edullista. Normiohjauksen ja taloudellisten ohjaukeinojen yhdistely vaikuttavuutta, fiskaalisia realiteetteja, hyväksyttävyyttä ja hallinnollista toteutettavuutta tasapainotellen on huomattava haaste, johon liittyyvää keskustelua tämä hanke pyrkii edistämään.

Informaatio-ohjauksella tarkoitetaan julkisen hallinnon toteuttamaa tiedon ja koulutuksen tarjoamista asetettujen tavoitteiden edistämiseksi. Informaatio-ohjausta on käytetty erityisesti yksityisten maan- ja metsänomistajien neuvonnassa, esimerkkeinä mainittakoon metsäneuvonta ja metsänhoitosuositukset. Suositusten merkitys on erityisesti siinä, että ne tyypillisesti pyrkivät ohjaamaan neuvojien, ja sitä kautta neuvottavien, toimintaa. Informaatio-ohjausta tuottavat erityisesti maa- ja metsätalousministeriön alainen Suomen metsäkeskus sekä konsernimuotoinen metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, joka mm. koostaa metsänhoidon suositukset tutkimustiedon pohjalta. Neuvonta- ja tietopalveluita tarjoavat myös yksityiset toimijat ja tietyiltä osin ELY-keskukset.

Informaatio-ohjaus voi olla erityisen vaikuttavaa tilanteissa, joissa jokin ympäristölle hyödyllinen toimintatapa on toimijan omien intressien mukainen tai niiden kannalta neutraali, mutta tiedon puute estää tämän toimintatavan valitsemisen tai omaksumisen. Informaatio-ohjauksella voidaan myös, ainakin pidemmällä aikavälillä, vaikuttaa toimijoiden intresseihin ja luoda uudenlaisia tavoitteita. Vastaavasti lienee epätodennäköistä, että informaatio-ohjauksella saataisiin lyhyellä tähtämellä yksityisiä toimijoita ryhtymään toimiin, jotka eivät lainkaan vastaa heidän nykyisiä (taloudellisia tai muita) preferenssejään.

Informaatio-ohjaus on todennäköisesti tehokkaimmillaan yhdistettynä muihin ohjauskeinoihin: Yhtäältä informaatio-ohjaus voi muokata väestön ja organisaatioiden tietopohjaa ja asenteita ympäristötavoitteiden kannalta suotuisemmiksi, jolloin normiohjaus tai taloudellinen ohjaus koetaan hyväksyttävämmäksi ja voi näin saavuttaa tarpeellisen poliittisen tuen. Toisaalta sovellettaessa normi- tai taloudellista ohjausta on välttämätöntä, että ohjattavat henkilöt ja muut tahot ymmärtävät, millä perusteilla heitä ohjataan, ja miten he voivat omalla toiminnallaan vaikuttaa ohjauksen aiheuttamiin kustannuksiin, ja tähän tarvitaan informaatio-ohjausta.

Ennen varsinaista ohjauskeinoarviointia, mahdolliset ohjauskeinot pyrittiin kartoittamaan laajasti. Tätä tarkoitusta varten tuotettiin matriisi, joka sisältää kaikille 13.2.2024 järjestetyssä tutkijatyöpajassa käsitellyille toimenpidekokonaisuuden toimenpiteille kolme teoreettisesti mahdollista ohjauskeinolähestymistapaa: lainsäädäntötien, taloudellisen porkkanan (tuet ja korvaukset) sekä taloudellisen kepin (vero tai maksu).<sup>9</sup> Näistä kaikista tuotettiin asiantuntija-arvioon perustuva lyhyt luonnehdinta, pois lukien ne muutamat vaihtoehdot, joille ei ollut järkevästi ajateltavissa toteutustapaa.

Yllä kuvatusta laajasta ohjauskeinomatriisista monitieteinen tutkijaryhmä valitsi varsinaiseen arviointiin ohjauskeinojoukon perustuen seuraaviin kriteereihin:

- Kattavuus: arvioitavia ohjauskeinoja yhdistelemällä tulee olla mahdollista merkittävästi edistää kaikkien toimenpidekokonaisuuteen (luku 4) sisältyvien toimenpiteiden toteutumista.
- Vaikuttavuus: arvioitavat ohjauskeinot ovat alustavan asiantuntija-arvion mukaan sellaisia, että niillä voi olla aitoa vaikuttavuutta toimenpidekokonaisuuden taustalla olevien ympäristötavoitteiden edistämiseksi.

---

<sup>9</sup> Kuten edellä on kuvattu, informaatio-ohjauksella yksinään ei todennäköisesti voida aikaansaada merkittäviä, laajan mittakaavan muutoksia yksilöiden tai organisaatioiden toiminnassa. Sen sijaan informaatio-ohjausta tarvitaan muiden ohjauskeinomuotojen tukena, ja tähän liittyviä seikkoja käsitellään kunkin ohjauskeinon kohdalla erityisesti toteutettavuutta ja hyväksyttävyyttä tarkasteltaessa.

- Synergia: arvioitavat ohjaukeinoet edistävät synergiaa monimuotoisuus-, vesistö- ja ilmastotavoitteiden toteuttamisen välillä, tai vähintään edistävät yhtä näistä aiheuttamatta toisille tavoitteille haittaa.
- Monipuolisuus: arvioitavissa ohjaukeinoissa on edustettuna erilaisia lähestymistapoja normiohjauksesta taloudellisiin porkkanoihin ja keppeihin, jolloin voidaan tarkastella erilaisten lähestymistapojen vaikutuksia esimerkiksi tulonjaolle ja hyväksyttävyydelle.
- Toteutettavuus: arviointiin ei ole mielekäästä ottaa ohjaukeinoja, jotka olisivat käytännössä mahdottomia toteuttaa esimerkiksi tietopohjan merkittävien puutteiden tai lainsäädännön keskeisten periaatteiden vuoksi tai poliittisen tahtotilan puuttumisen vuoksi (esimerkiksi alueiden pakkolunastus vs. omaisuudensuoja).

## 5.2 Ohjaukeinojen arviointi

Hankkeessa arvioidaan seuraavat, toimenpidekokonaisuuden kuvausta vastaavalla tavalla ryhmitellyt, ohjaukeinoet. Tarkempi kuvaus kustakin ohjaukeinoista annetaan ohjaukeinojen arvioinnin alussa.

	<i>Hakkuiden ja taimikonhoidon ohjau</i>
1a	Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta
1b	Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämistä tuki
2	Lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat
3	Metsien hiilitukijärjestelmä
	<i>Hakkuiden ulkopuolelle jätettävien alueiden ohjau</i>
4a	Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden ja -kaistojen lisäämistä osalta
4b	Korvaus maanomistajalle 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä
5	METSO-suojelun laajentaminen
	<i>Maanmuokkauksen, ojituksen ja vesienhallinnan ohjau</i>
6	Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus
7	Ojituksen haittavero
	<i>Maankäytön muutosten ohjau</i>
8	Maankäytön muutosten hinnoittelu, sisältäen ilmasto- ja luontovaikutukset
	<i>Eryiskohteisiin liittävä ohjau</i>
9	Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki
	<i>Puun käyttöön liittävä ohjau</i>
10	Metsähakevero
	<i>Valtion metsät</i>
11	Valtion metsät näyttämään esimerkkiä

Ohjauskeinojen arviointi perustuu kirjallisuuskatsaukseen ja tutkijaryhmän asiantuntija-arviointiin. Arviointia täydennettiin 11.4. ja 29.5.2024 järjestettyjen sidosryhmätyöpajojen avulla, joista ensimmäisessä sidosryhmien edustajat arvioivat vaadittavia toimenpiteitä Suomen luonto-, ilmasto- ja vesistötavoitteiden saavuttamiseksi ja jälkimmäisessä toimenpiteiden suorittamiseen ohjaavia ohjauskeinoja. Näihin työpajoihin kutsuttiin laajasti eri metsäpolitiikan toimijoita kuten ministeriöiden, etujärjestöjen, metsäyhtiöiden ja ympäristöjärjestöjen edustajia sekä metsänomistajia. Jälkimmäisessä sidosryhmätapaamisessa arvioitiin kaikkia tässä raportissa arvioitavia ohjauskeinoja paitsi ohjauskeinoja 9 ja 10 sekä maankäytön muutosten ohjausta vain metsäkadon osalta. Lisäksi arviointia täydennettiin kansalaispaneelin avulla, jota varten valikoitiin kahdeksan ohjauskeinoa (ohjauskeinot 1a, 1b, 2, 3, 5, 6, 7 ja 11). Kansalaispaneelin osallistujat valittiin ositetun satunnaisotannan avulla pyrkien varmistamaan, että eri väestöryhmät ovat tasaisesti edustettuina. Kannanoton (Liite C) muotoiluun 31.8.–1.9.2024 osallistui 31 kansalaista ja sen pääpaino on etenkin ohjauskeinojen hyväksyttävyydessä. Tässä raportissa ohjauskeinoja arvioidaan seuraavilla ulottuvuuksilla:

- Vaikuttavuus ja luotettavuus: arvioidaan ohjauskeinojen odotettavissa oleva vaikutus toivottujen toimenpiteiden toteutumiseen, sisältäen varmuuden ja kattavuuden arvioinnin.
- Kustannukset ja valtiontalous: arvioidaan ohjauskeinojen ohjausvaikutuksen kustannustehokkuus, kustannusten ja hyötyjen jakautuminen yhteiskunnassa ja vaikutukset valtiontalouteen (suuruusluokka).
- Hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden: arvioidaan ohjauskeinojen hyväksyttävyyden sisältäen muun muassa mahdolliset vaikutukset eri toimijaryhmille, juridinen ja hallinnollinen toteutettavuus ja mahdollinen aikataulu.

### **5.2.1 1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämiseksi, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta**

#### **Ohjauskeinojen kuvaus**

Ohjauskeinossa lainsäädäntöön lisätään vaatimukset a) lehtipuun säästämiseksi taimikonhoidossa ja hakkuissa, b) riittävästä säästöpuumäärästä (ml. hyvin suuret ja vanhat puut), c) lahoppuun turvaamiselle (hajottamiselta tai korjuulta) ja d) riittäväälle tekopökkelömäärälle.

- a) Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämiseksi taimikonhoidossa ja hakkuissa:
- Lehtipuusuutta ei vähennetä alle 20 %:iin kasvatettavan puuston runkoluvusta. Yhtään alalla luontaisesti esiintyvää puulajia ei saa kokonaan poistaa.
- b) Lainsäädäntöön vaatimukset riittävästä säästöpuumäärästä, sisältäen järeet puut:
- Riittävä säästöpuumäärä eritellään pääpuulajeittain<sup>10</sup>, kasvupaikoittain ja ilmastovyöhykkeittäin. Suojavyöhykkeiden puut huomioidaan hakkuutarkasteluissa säästöpuina.

---

<sup>10</sup> Pääpuulajilla tarkoitetaan metsikön vallitsevaa puulajia.

c) Lainsäädännön vaatimukset lahopuun turvaamiselle (hajottamiselta tai korjuulta):

- Kielto kuolleen puun korjuulle (paitsi tapauksissa, jossa metsätuholaki aktivoituu) ja asetuksessa ohjeistus minimoida lahopuun hajotusta hakkuissa. Riittävä kuolleen puun lisääminen (esim. tekopötkelöt) eritellään pääpuulajeittain, kasvupaikoittain ja ilmastovyöhykkeittäin.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Ohjauskeinolla saadaan periaatteessa laaja-alaisesti toteutettua toivottu rakennepiirteiden minimimäärä ajan myötä, jos valvonta hoidetaan asianmukaisesti. Toisaalta on huomioitava, että vaikka ohjauskeinossa lainsäädäntöön vaatimuksina sisällytettävät rakennepiirteet on tutkimuskirjallisuudessa yhdistetty elinympäristöjen laatuun ja lajiston säilymisen turvaamiseen (ks. selvityksen alaluku 2.1 ja esim. Koivula ym. 2022), merkittävää epävarmuutta liittyy siihen, miten ja millä aikavälillä lajiston suotuisa kehitys näkyy. Ohjauskeino sisältöä olisikin tulevaisuudessa tarkasteltava havaittujen vaikutusten ja toimintaympäristön muutoksen valossa ja tehtävä tarvittaessa päivityksiä.

Ohjauskeino voi parantaa metsien vastustuskykyä muuttuvassa ilmastossa lehtipuuston paremman säilymisen ja luontaisen tuholaiistorjunnan edistämisen ansiosta. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kysymyksiä tarkastellaan laajemmin selvityksen alaluvussa 2.3.3.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinoon kustannukset muodostuvat pääosin menetetyistä puuntuotannosta, joka seuraa suurimmaksi osaksi säästöpuiden jättämisestä ja tekopötkelöiden tuottamisesta. Näiden kustannusten suuruus riippuu täten erityisesti siitä, miten kireäksi näiden vaatimukset asetetaan. Vaikutuksia muuttaa myös jonkin verran se, että hehtaarikohtaisen puuntuotannon väheneminen todennäköisesti johtaa hakkuupinta-alojen laajenemiseen.

Ohjauskeino vähentää metsänomistajan puunmyyntituloja, mukaan lukien energiapuun myynnistä saatavia tuloja. Toimenpidekokonaisuuden mukaisilla vaatimuksilla puunmyyntitulon menetys nykyisiltä hakkuualoilta olisi 100 miljoonan euron suuruusluokkaa. Ohjauskeinolla on myös vaikutuksia puun tarjontaan (karkea arvio 1,5 milj. m<sup>3</sup>) ja siten läpi puun arvoketjun: se todennäköisesti vähentää metsäkoneyrittäjien tuloja jonkin verran, ja nostaa metsäteollisuuden puunhankinnan kustannuksia, mikä heikentää kannattavuutta. Ohjauskeino myös vähentää energiapuun tarjontaa, mutta tämän muutoksen mittakaava on pieni, sillä markkinoille tuleva energiapuu on pääosin päätehakkuun yhteydessä syntyviä hakkuutähteitä ja harvennushakkuiden karsimattomia tai karsittuja rankoja, mihin tämä ohjauskeino vaikuttaa kokonaisuus huomioon ottaen varsin rajallisesti.

Nykyistä kunnianhimoisempi monimuotoisuuden turvaaminen talousmetsissä tuottanee metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla. Lisäksi voidaan ajatella, että tiukentunut monimuotoisuuspolitiikka saattaa lisätä investointeja korkeamman jalostusasteen puutuotteiden (esim. tekstiilit) tuotantoon, koska niissä raaka-aineen hinnan merkitys on pienempi ja kestävyysväittämän arvo suurempi.

Ohjauskeinoon myötä valtion verotulot puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta vähenevät. Lisäksi valtiolle koituu kustannuksia ohjauskeinoon toimeenpanosta, valvonnasta ja mahdollisista sanktioista.

Varsinkin pidemmällä aikavälillä on luultavaa, että metsiköiden lisääntynyt monimuotoisuus kasvattaa niiden vastustuskykyä erilaisille häiriöille ja näin todennäköisesti vähentää laajoja puustotuhoja. Tämä osaltaan turvaa tulevaisuuden puuntuotantoa ja vähentää metsänomistajan tulonmenetyksiä, lieventäen edellä kuvattuja haitallisia vaikutuksia metsätalouden arvoketjulle ja verokertymälle.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Ympäristölainsäädännön, kuten kaiken lainsäädännön, on täytettävä perustuslain vaatimukset. Metsä- ja luonnonsuojelulainsäädännössä tämä tarkoittaa erityisesti tasapainottelua ympäristöperusoikeuksien ja omaisuudensuojan välillä. Perustuslaki velvoittaa huolehtimaan luonnon monimuotoisuudesta ja ympäristön suojelemisesta (20 §). Erityisesti 20.2 § on tarkoitettu ohjaamaan lainsäätäjän toimintaa. Kun säädetään luontoa suojaavia lakeja, on huomioitava perusoikeuksien rajoituksiin liittyvät ehdot, kuten tarkkarajaisuus, hyväksyttävät tarkoituksetperät, oikeasuhtaisuus sekä riittävä oikeusturva. Samalla on otettava huomioon muut perustuslain säännökset, kuten yhdenvertaisuus (6 §), omaisuudensuoja (15 §) ja elinkeinopaus (18.2 §). Erityisesti 2010-luvulta lähtien ympäristöperusoikeuksien painoarvo on kasvanut perustuslakivaliokunnan lausunnoissa.

Perusoikeuksien rajoittamista koskevia sääntöjä arvioitaessa on tärkeää punnita metsän käytön rajoitusten ja toisaalta luontokadon ja ilmastonmuutoksen torjumisen tarpeen ja merkityksen välillä. Lisäksi on selvitettävä voisiko luontokadon ja ilmastonmuutoksen hillitsemiseen löytyä keinoja, jotka rajoittavat omaisuudensuojaa vähemmän. Rajoitusten on oltava välttämättömiä tavoitteen saavuttamiseksi ja niiden laajuuden on oltava oikeassa suhteessa perusoikeuksien suojaamaan etuun sekä rajoituksen taustalla olevan yhteiskunnallisen edun tärkeyteen. Esimerkiksi monille uhanalaisille lajeille tärkeiden lehtipuiden osuus ja lahopuiden määrä ei ole suosituksista ja sertifiointijärjestelmistä huolimatta noussut riittävästi, joten lainsäädännölle voidaan katsoa olevan perusteita.

Valtiosääntönäkökulmasta ei voida etukäteen määritellä tarkkaa rajaa sille, kuinka paljon omistajan tulee sietää rajoituksia. Tämä on ratkaistava tapauskohtaisesti punnitsemalla eri näkökulmia vastakkain. Rajoitusten hyväksyttävyyys on tiiviisti yhteydessä niiden suhteellisuuteen. Nämä samat reunaehdot koskevat muitakin alla esittäviä ohjauskeinoja, jotka eivät perustu vapaaehtoisuuteen.

Osa ehdotetuista ohjauskeinoista johtaa metsänhakuista saatavien tulojen menetykseen. Tällä hetkellä metsälain 11 §:ssä säädetään metsänomistajan mahdollisuudesta poiketa 10 §:n mukaisten erityisen tärkeiden elinympäristöjen turvaamisesta, mikäli siitä aiheutuisi vähäistä suurempaa metsäntuoton vähenemistä tai muuta taloudellista menetystä tai haittaa. Rajaksi on vuoden 2013 metsälain uudistuksessa asetettu 4 % metsäkiinteistön markkinakelpoisen puuston arvosta, jolla käsittelyalue sijaitsee, tai 3 000 euroa. Kyseiset rajat ovat poliittisen kompromissin tulos, ei perustuslain edellyttämä taso. Alun perin esitettiin rajaksi 4 000 euroa (HE 75/2013 vp), eikä sekään ollut perustuslakivaliokunnan näkemyksen mukaan ongelmallista (PeVL 36/2013 vp). Korvauksen tarpeellisuuden harkinta on osa kokonaisvaltaista suhteellisuusarviointia (Länsineva 2012). Mikäli otettaisiin käyttöön useita tässä esitettyjä ohjauskeinoja, tulee valtion korvausvelvollisuutta tarkastella jokaisen ohjauskeinoon kohdalla ja huomioida myös ohjauskeinojen yhteisvaikutukset.

Lehtipuiden säilyttämisen osalta on metsänomistajien oikeusturvan takaamiseksi kiinnitettävä huomiota erityisesti sääntelyn tarkkarajaisuuteen. Omaisuudensuojaa rajoittavan

lainsäädännön tulee olla sisällöltään täsmällistä ja tarkkarajaista eli rajoituksen olennaisen sisällön tulee ilmetä laista riittävän yksiselitteisesti (Länsineva 2012).

Edellä todettiin, että ohjauskeino nostaisi metsäteollisuuden puunhankinnan kustannuksia. Muutosta luultavasti vastustettaisiin tällä perusteella. Keskustelu hakkuiden määrästä ja erityisesti hakkuiden negatiivisesta vaikutuksesta metsäluonnon monimuotoisuuteen ja hiilinieluihin sekä Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamiseen on kuitenkin jatkunut jo pitkään, eikä metsäteollisuus voi olettaa, että hakkuiden nykyisenkaltainen sääntely jatkuisi loputtomiin. Vaikkei nyt olekaan kyse elinkeinovapauden rajoittamisesta, voidaan tässä yhteydessä mainita, että perustuslakivaliokunta on elinkeinovapauden osalta korostanut, ettei yrityksillä ole oikeutta olettaa toimintaa koskevan lainsäädännön säilyvän muuttumattomana (PeVL 55/2018 vp). Hiilen käytön kieltämisen yhteydessä on tuotu esiin, että erityisesti varallisuusmassaltaan huomattavat energiayhtiöt eivät voi perustellusti odottaa hiilen käytön sääntelyn pysyvän ennallaan, etenkin kun tämä kysymys on ollut esillä kansallisessa energia- ja ilmasto-politiikassa jo vuodesta 2001 alkaen (HE 200/2018<sup>11</sup>). Metsien käytön rajoitukset voivat koskea pienempiäkin yrityksiä kuin metsäteollisuusyrityksiä, mutta niidenkin osalta on todettava, että muutokset ovat välttämättömiä luontokadon hidastamiseksi.

Ohjauskeino oli sidosryhmien keskuudessa eniten kannatusta saaneiden joukossa. Joidenkin sidosryhmien edustajat esittivät, että vaadittu säästöpuiden määrä ei saisi olla liian korkea. Ohjauskeinosta katsottiin seuraavan myös hallinnollisia kustannuksia muun muassa valvonnan tarpeen vuoksi. Onkin selvää, että vaikka ohjauskeinon toteutuksessa voidaan joiltain osin pohjata nykyiseen lainsäädäntöön ja instituutioihin, tarve seuranta- ja valvontamenetelmien kehittämiseksi sekä neuvonnalle ja koulutukselle on merkittävä.

Kansalaispaneeli katsoi, että ohjauskeino tulisi ottaa käyttöön, koska sertifiointit eivät riitä monimuotoisuuden turvaamiseen talousmetsissä ja ilman lainsäädäntöä ja sen tuomia sanktioita toimia ei tehdä riittävässä laajuudessa. Vaatimusten tulisi kuitenkin olla monimuotoisuuden kannalta tehokkaita sekä riittävän tarkkoja ja selkeitä, jotta lopputulos on aidosti vaikuttava ja seuranta on mahdollista. Ohjauskeinosta aiheutuvat tulonmenetykset koskettavat panelistien arvion mukaan todennäköisesti suurmetsänomistajia enemmän kuin pienmetsänomistajia, mikä lisää ohjauskeinon hyväksyttävyyttä. Kansalaispanelistien mukaan valvonnasta veronmaksajille aiheutuvat kustannukset ovat hyväksyttäviä ohjauskeinon vaikuttavuuden turvaamiseksi. Loppuäänestyksen perusteella ohjauskeino oli panelistien eniten kannattama.

## **5.2.2 1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiseksi tuki**

### **Ohjauskeinon kuvaus**

Kuutiokohtainen tuki lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiseksi kohdistuu ohjauskeinon 1a myötä tulevan uuden lainsäädännön minimivaatimuksia korkeammille säästöpuu- (sisältäen järeät puut) ja tekopökkelömäärille. Tuki kohdistetaan monimuotoisuudelle tärkeitä kohteita painottaen. Tukikelpoisen säästöpuun ja tekopökkelöiden enimmäismäärät määritellään pääpuulajeittain, kasvupaikoittain ja ilmastovyöhykkeittäin. Tuki on siinä

---

<sup>11</sup> Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi hiilen energiakäytön kieltämisestä ja oikeudenkäynnistä markkinaoikeudessa annetun lain 1 luvun 2 §:n muuttamisesta 200/2018 vp, s. 42.

mielessä tulosperusteinen, että metsänomistajalle maksetaan tuotetuista tekopötkelöistä ja säästöpuista ja korvauksen suuruus määräytyy näille määritettyjen arvojen mukaan.

Ohjauskeinolla pyritään siihen, että noin 20 %:lla metsien pinta-alasta toteutettaisiin kunnianhimoisempia monimuotoisuustoimia ja näin mahdollistettaisiin myös hieman vaateliaampien lajien esiintyminen. Periaatteessa olisi mahdollista, että julkinen valta tunnistaa (esim. Zonation-tyyppisen analyysin pohjalta, ks. selvityksen alaluku 2.1.8) monimuotoisuuden kanalta tärkeimmät kohteet, ja tuet kohdistetaan vain näihin kohteisiin. Tämä lähestymistapa voi johtaa suuriin kustannuksiin, koska osa metsänomistajista ei ole valmiita toimiin, jos tukitaso ei ole hyvin korkea. Näin ollen voi olla mielekkäämpää, että tuki on laajemman joukon saatavilla. Tukea voisivat esimerkiksi pystyä hakemaan kaikki metsänomistajat, joiden metsät ovat tukikelpoisia. Tukikelpoisuuden voisi määrittää riittävän suuri pistemäärä, käyttämällä pisteytystä, jossa pisteitä voi saada esim. suojelualueeseen tai arvokkaaseen elinympäristöön kytkeytyneisyydestä, kasvupaikan rehevyydestä, puulajikoostumuksesta (lehtipuuvaltaisuus), leveysasteesta ja pinta-alasta. Pisteitä voisi saada myös, jos metsä sijaitsee useamman maanomistajan muodostamalla alueella, jossa panostetaan luonnonhoitoon. Tällaisessa muodossa ohjauskeino muistuttaa luonnonarvokauppaa. Tukitasojen arviointi vaatii erillisen selvityshankkeen. Tukijärjestelmä on mahdollista toteuttaa myös hyödyntämällä käänteistä huutokauppaa, jonka avulla tukijärjestelmän kustannuksia voidaan rajoittaa. Käänteisessä huutokaupassa valittujen tarjouksien valinnassa käytettäisiin sekä pisteytystä että hintaa.

Maa- ja metsätalousministeriön asettaman Metsätalouden tulosperusteiset tuet -työryhmän muistiossa ideoitiin tukea kannustamaan kuolleiden puiden korjaamatta jättämistä ja säästöpuiden määrän kasvattamista (MMM 2025). Muistion mukaan tuen kustannusvaikuttavuutta voitaisiin parantaa rajaamalla kohteita esimerkiksi vain luonnonsuojelualueiden läheisyyteen. Lisäksi muistiossa tuodaan esille mahdollisuus toteuttaa tuki tarjouskilpailuna, jossa pisteytyksessä huomioitaisiin tukipyynnön lisäksi esimerkiksi puuston määrä, puulaji, kasvupaikkatyyppi, kohteen sijainti, sekä korotetut pisteet aikaisemman puusukupolven puiden säästämisestä.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Koska ohjauskeinon piirissä tuetut toimet ovat vapaaehtoisia, ei voida etukäteen varmistaa ketkä metsänomistajat näihin tarttuvat. Käytännössä olisi seurattava vaikutuksia ja iteratiivisesti päivitettävä tukitasoa (aloitetaan korkealta, tarvittaessa lasketaan) ja informaatio-ohjausta haluttujen kohteiden mukaan saamisen edistämiseksi. Ongelman voisi ratkaista hyödyntämällä alusta pitäen käänteistä huutokauppaa, jossa jokaisella kierroksella valitaan parhaat tarjoukset, jotka valitaan pisteytyksen ja hinnan yhdistävän indeksin perusteella.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinon menetettyyn puuntuotantoon liittyvät kustannukset ovat pitkälti samansuuntaiset kuin ohjauskeinossa 1a, sillä erotuksella, että metsänomistajalle tuet kompensoivat taloudelliset menetykset. Kustannusten suuruus riippuu siitä, kuinka laajalti metsänomistajat haluavat toteuttaa tuettuja toimia. Toimenpidekokonaisuuden pohjalta arvioitiin karkeasti, että tavoitteiden täyttyessä täysimääräisesti 1b aiheuttaisi noin miljoonan kuution puuntarjonta-aleman ja noin 50 miljoonan euron puunmyyntitulomenetykset

Ohjauskeinolla voisi olla vaikutuksia läpi puun arvoketjun: se todennäköisesti vähentäisi metsäkoneyrittäjien tuloja jonkin verran, ja nostaisi metsäteollisuuden puunhankinnan

kustannuksia, mikä heikentäisi kannattavuutta. Toisaalta nykyistä kunnianhimoisempi monimuotoisuuden turvaaminen talousmetsissä tuottaisi metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla. Ohjauskeino voisi myös vähentää energiapuun tarjontaa, mutta tämän muutoksen vaikutuksen mittakaava markkinoilla olisi pieni.

Valtiolle koituisi tuista kustannuksia. Niiden pitää vähintään kattaa edellä esitetyt 50 miljoonan euron puunmyyntitulomenetykset. Rahoitusta tähän voisi siirtää nykyisen Metka-tukijärjestelmän piirissä maksettavista puuntuotannon tuista. Lisäksi ohjauskeino myötä valtion verotulot puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta voisivat vähetä, ja valtiolle koituisi kustannuksia toimeenpanosta ja valvonnasta.

### **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuus**

Vapaaehtoisena ohjauskeino ei herätä esimerkiksi omaisuudensuojaan liittyviä kysymyksiä, ja tuki-instrumenttien voidaan arvioida olevan hyväksyttäviä metsänomistajille. Valtiontalouden näkökulmasta kustannusrasite voi aiheuttaa hyväksyttävyyshaasteita, mikä oli ohjauskeino kohtaan selkeimmin esitetty kritiikki sidosryhmätyöpajassa. Sidoryhmien keskuudessa ohjauskeino sai vaihtelevaa kannatusta. Keskustelussa nähtiin, että ohjauskeino kohdistaminen luonnonhoidon näkökulmasta arvokkaille alueille voisi lisätä hyväksyttävyyttä.

Toteutettavuutta helpottaa, että tuet olisivat todennäköisesti toteutettavissa hyödyntäen Metka-järjestelmän tuki-järjestelmäpohjia. Ohjauskeinosta kuitenkin seuraisi tarvetta seuranta- ja valvontamenetelmien kehittämiseksi sekä neuvonnalle ja koulutukselle.

Kansalaisraati katsoi, että ohjauskeino tulisi ottaa käyttöön, koska lainsäädännön minimivaatimusten (ohjauskeino 1a) ylittäminen on toivottavaa, ja metsänomistajille maksettavat tuet minimivaatimuksia korkeammista säästöpuu- ja tekopökelömääristä täydentävät keino 1a lainsäädäntöä hyvin. Ohjauskeinosta 1a syntyy kustannuksia metsänomistajille, kun taas 1b mahdollistaa myös tuen metsänomistajille. Osa panelisteista katsoi, että metsäteollisuuden tulisi kattaa tukien rahoitus, kun taas toiset näkivät, että myös kansalaisten tulisi osallistua monimuotoisuuden turvaamiseen. Tuot tulisi panelistien mukaan suunnata mahdollisimman kustannustehokkaasti niin, että korvaus on metsänomistajan näkökulmasta riittävän kannustava ja resursseja käytetään mahdollisimman hyvin monimuotoisuuden turvaamiseksi asian- tuntijatietoon perustuen. Panelistit arvioivat, että toteuttamisen haasteena on mittaaminen ja se, millä kriteereillä korvausta maksetaan ja mitä asioita valvotaan.

## **5.2.3 2. Lakisääteiset päätehakuiden ikä- ja läpimittarajat**

### **Ohjauskeino kuvauks**

Asetetaan uudistushakkuille metsien hiilensidontahyödyt huomioivat läpimitta- ja ikärajat vastaavalla tavalla kuin vuoden 1997 maa- ja metsätalousministeriön päätöksessä (MMM 1997). Lakirajat määritellään alue- ja kasvupaikkakohtaisesti hyödyntäen esimerkiksi metsänhoidon suosituksia. Lakirajojen palauttamisella pyritään rajoittamaan hyvin nuorten metsien päätehakkuita.

### **Vaikutavuus ja luotettavuus**

Ohjauskeinolla saadaan periaatteessa laaja-alaisesti toteutettua toivottu minimi-päätehakkuikä Suomen metsissä ja näin vaikutettua suhteellisen nopeasti puuston ikärakenteeseen. Siltä osin kuin rajojen palauttaminen vaikuttaa käytännön metsänhoitoon, ne vaikuttavat

edullisesti monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden (järeät puut, kuollut pysty- ja maapuusto) määrään ja laatuun ja näin ollen useimpien metsätalouden takia uhanalaistuneiden lajien elinolosuhteisiin. Toisaalta ne voivat lisätä harvennuksia, millä on luontaista kuolleisuutta vähentävä vaikutus ja voivat lisätä päätehakkuita metsissä, joita jo jostain syystä on kasvatettu puustoltaan asetettavia rajoja järeämmäksi. Kuten yleensäkin ohjauskeinoissa, sekä toivotut että epätoivotut vaikutukset ovat sitä mittavampia, mitä tiukempi ohjauskeino on. Lakirajojen asettamisen tasossa joudutaan tasapainottelemaan halutun vaikutuksen ja haitta-vaikutusten määrän välillä.

Kiertoajan piteneminen kasvattaa metsien hiilivarastoa, jos metsien käsittely muuten pysyy ennallaan. Ohjauskeinon myötä metsikön kiertoaika pitenisi niillä metsänomistajilla, jotka olisivat muuten soveltaneet minikiertoaika lyhyempää kiertoaika. Ohjauskeinon ilmastovaikutusta heikentää kuitenkin se, että päätehakkuiden lykkäämisestä aiheutuva puun tarjonnan väheneminen ja tästä seuraava puun hinnan nousupaine todennäköisesti johtavat lisääntyneisiin päätehakkuihin metsissä, joiden puusto on asetettuja rajoja järeämpää, sekä puun tarjontaa tukeviin harvennushakkuihin, jollei harvennuksia ohjata erillisellä järjestelmällä, kuten hiilitukijärjestelmällä (ks. ohjauskeino 3).

Peltoniemen ym. (2023) markkinatason mallinnustulosten mukaan vuosittaista hiilinielua saadaan lisättyä nopeasti, koska rajat vähentävät hakkuita, mutta nieluvaikutus voi kääntyä myöhemmin negatiiviseksi. Tätä selittää päätehakkuiden sopeutuminen niissä metsissä, joissa rajoite ei estä hakkuita, harvennusten voimistuminen kaikissa metsissä ja myöhemmin päätehakuut metsissä, jotka saavuttavat hakkuurajat. Näistä tekijöistä syntyy hiilensidonnan ja hakkuiden ajallinen vaihtelu, mikä johtaa ikärakenteen ja hiilivaraston ajallisiin muutoksiin. Keskimäärin hiilivarasto vaikuttaisi kasvavan. On myös mallituloksia, joissa positiivinen nieluvaikutus on pysyvämpi (Hynynen ym. 2024).<sup>12</sup>

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinosta aiheutuu kustannuksia niille varttunutta metsää omistaville metsänomistajille, joilla hakkuut ja siten puunmyyntitulot lykkääntyvät ohjauskeinon vuoksi. Syynä on se, että metsänomistajan soveltaessa positiivista diskonttokorkoa puunmyyntitulojen lykkääntyminen johtaa nettotulojen nykyarvon alenemiseen, jota tukkipuun osuuden kasvaminen järeämmäksi kasvaneissa puissa ei tyypillisesti riitä kattamaan. Vaikutus riippuu siis kunkin metsänomistajan käyttämästä subjektiivisesta korkokannasta. Jos metsänomistajan korkovaade on tarpeeksi alhainen ja/tai läpimitta- ja ikärajat tarpeeksi matalat, omistajalle ei välttämättä aiheutuisi rajoituksista mitään kustannuksia. Karkea arvio on, että kymmenen vuoden lykkäämisen keskimääräiset kustannukset ovat alle 1 000 €/ha. Lisäksi on huomioitava, että jos rajoitukset vähentävät puun tarjontaa ja siten nostavat sen hintaa lyhyellä aikavälillä, osalla metsänomistajista tulot voivat kasvaa (esim. Peltoniemi ym. 2023a). Myös rajoitteen alaiset metsänomistajat voivat hyödyntää kohoavia hintoja harvennushakkuita lisäämällä. Positiiviset tulovaikutukset vähenevät kuitenkin ajan myötä, kun puun tarjonta kasvaa entiselleen hakkuurajat

---

<sup>12</sup> Poliittikkatoimien vaikutukset riippuvat usein mallin rakenteesta ja keskeisistä oletuksista. Peltoniemen ym. (2023) käyttämässä FinFEP-mallissa (Lintunen ym. 2015) hakkuutasot määräytyvät kysynnän ja tarjonnan tasapainona ja metsänomistajilla on kolmenlaisia tavoitefunktioita. Etenkin kiertoaikojen pidentämiseen sopeutumisessa erilaiset metsänomistajaryhmät ja puumarkkinoiden tasapaino näyttävät olevan keskeisessä roolissa.

saavuttavien metsiköiden hakkuiden myötä. Vaikutusten suuruus riippuu merkittäväällä tavalla asetetuista rajoista.

Ollikainen ym. (2025) mallinsivat metsälain uudistamisen vaikutuksia. He olettivat, että metsälaki uudistettaisiin vastaamaan Tapion hyvän metsänhoidon suosituksia puiden minimi-ikästä ja minimikoosta harvennuksissa ja päätehakuissa. Uudistamisläpimitan osalta oletettiin, että metsälaissa vaadittaisiin Tapion suositusten vaihteluvälin ylärajan mukaista läpimittaa. He arvioivat metsälain uudistamisesta syntyvät muutokset diskontattuihin kantorahatuloihin ja nieluun, ja saavat kustannusvaikuttavuudeksi 16 €/ tCO<sub>2e</sub>, jos puun hinta ei muutu, ja 4 €/ tCO<sub>2e</sub>, jos puun hinta nousee 5 % ja kysyntä ei supistu.

Metsäteollisuudelle aiheutuu kustannuksia siirtymäkauden aikana puun tarjonnan laskiessa ja hinnan noustessa. Negatiivisia vaikutuksia aiheutuu myös metsäteollisuuden arvoketjussa. Pidemmällä aikavälillä ainespuun kertymä pysyy kuitenkin mallinnusten mukaan samana tai kasvaa (Peltoniemi ym. 2023a), joten pitkällä aikavälillä hakkuumahdollisuudet eivät heikkene.

Valtiontaloudelle aiheutuu vähäisiä hallinnollisia kustannuksia. Ohjauskeino todennäköisesti parantaa metsien virkistyskäyttämömahdollisuuksia ja -arvoa (ks. esim. Simkin ym. 2020), millä saattaa olla kansanterveyden kannalta hyödyllisiä vaikutuksia.

### **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden**

Lakisäätöiset hakkuiden ikä- ja läpimittarajat vaikuttaisivat todennäköisesti jonkin verran heikentävästi joidenkin metsänomistajien nettotulojen nykyarvoon, mikä on haaste hyväksyttävyyden kannalta. Aiemmin käytössä ollut instrumentti on metsänomistajille ennestään tuttu, mikä voi edistää hyväksyttävyyttä. Toisaalta voidaan nähdä tempoilevana ja metsäpolitiikan ennustettavuuden kannalta ongelmana, että kyseinen lainsäädäntö otettaisiin uudelleen käyttöön melko pian siitä luopumisen jälkeen. Koska ohjauskeino on helposti ymmärrettävä ja kustannukset valtiontalouden näkökulmasta pienet, hyväksyttävyyden kansalaisten keskuudessa olisi luultavasti hyvä.

Lakisäätöiset hakkuiden ikä- ja läpimittarajat olisivat melko helposti toteutettavissa, koska voitaisiin hyödyntää aiempaa lainsäädäntöä ja olemassa olevia instituutioita. Järeysvaatimuksen palauttaminen lakiin ei olisi ongelmallista myöskään perustuslain omaisuudensuojan näkökulmasta. Järeysvaatimuksille on Suomessa pitkät perinteet. Alun perin nykyisessäkin, vuonna 1996 säädetyssä metsälaissa oli järeysvaatimus hakkuille. Sen jälkeen perustuslakivaliokunta on muuttanut kantaansa ympäristöperusoikeusmyönteisempään suuntaan eli omaisuuden käyttörajoitusten hyväksyttävyyden ja oikeasuhtaisuusarvioinneissa perustuslain 20 §:ään liittyvät perusteet ovat saaneet enemmän painoarvoa. Lisäksi perustuslain vaatimukset, kuten tarkkarajaisuus, yhdenvertaisuus ja oikeasuhtaisuus, on helppo täyttää järeysvaatimuksen osalta.

Sidosryhmätyöpajassa ohjauskeino sai korkeaa kannatusta. Käydyssä keskustelussa muun muassa todettiin, että ohjauskeinoon käyttöönotto on hallinnollisesti jokseenkin helppoa, koska se on jo aiemmin ollut käytössä. Toisaalta valvonnasta arvioitiin aiheutuvan kuluja. Nostettiin esiin myös, että ohjauskeino voisi aiheuttaa iskun metsänomistajan talouteen. Sidosryhmien edustajat alleviivasivat myös mahdollista puustotuhoriskiä, joka voisi korostua kiertoaikojen pidentyessä esimerkiksi kuusivaltaisissa metsissä. Vaikutus tuhoriskeihin on kuitenkin arvioitavissa vähäiseksi, jos kiertoaikojen pidennys koskee vain kaikkein lyhyimpiä kiertoaikoja.

Kansalaispaneeli katsoi, että ohjauskeino pitäisi palauttaa käyttöön hiilensidonta- ja monimuotoisuushyötyjen vuoksi. Osallistujat kuitenkin totesivat, että huomiota täytyy kiinnittää metsänomistajien tasapuoliseen kohteluun kasvuvyöhykekohtaisten ikä- ja läpimittarajojen oikeudenmukaisen määrittelyn perusteella.

### 5.2.4 3. Metsien hiilitukijärjestelmä

#### Ohjauskeinoon kuvaus

Hiilitukijärjestelmän tarkoituksena on luoda metsänomistajalle taloudellinen kannuste kasvat-  
taa metsiä hiilivarastoa. Tukijärjestelmä luo hiilensidonnalle hinnan ja vaikuttaa siten met-  
sänomistajan tekemiin metsänhoitopäätöksiin tarjoamalla vaihtoehdoisen tulonlähteen puun-  
myyntitulojen lisäksi. Hiilitukijärjestelmässä korvausta maksetaan sidotun hiilen määrän mu-  
kaan. Järjestelmä on siten tuloperusteinen. Metsänomistaja voi vapaasti valita millä keinoin  
hän pyrkii kasvattamaan metsien hiilivarastoa. Hiilitukijärjestelmä kannustaa siten valitsemaan  
kussakin tapauksessa tehokkaimmat toimet hiilensidonnan lisäämiseksi. Näitä toimia ovat  
päätehakkuun ajoituksen muutos, harvennusten ajoituksen ja voimakkuuden muutokset, uu-  
distamistiheyden muutos, lannoittaminen, metsitys ja metsänhävityksen välttäminen. Hiilituki-  
järjestelmä voidaan ulottaa kattamaan myös puutuotteiden hiilivarastot, mikä luo kannustinta  
tuottaa pitkäikäiseen käyttöön kelpaavaa puuta.

Hiilitukijärjestelmä voidaan rakentaa monin eri tavoin. Keskeisiä valintoja ovat se, perustuuko  
hiilitukijärjestelmä hiilivirtojen vai hiilivaraston suuruuteen (hiilituki ja -vero vs. hiilivuokra) ja  
se, maksetaanko korvausta koko hiilen määrään vai lisäiseen hiileen perustuen (lisäisyysvaati-  
mus). Nämä valinnat eivät talousteorian mukaan oikein toteutettuna vaikuta metsänomistajan  
hakuupäätökseen (Lintunen ym. 2016), mutta lisäisyyden huomioimisella on merkittäviä tu-  
lonjakovaikutuksia. Sen sijaan päätökset korvauksen suuruudesta ja siitä, onko hiilitukijärjes-  
telmä vapaaehtoinen vai pakollinen, vaikuttavat merkittävästi myös saavutettavaan ilmasto- ja  
monimuotoisuushyötyyn. Hiilitukijärjestelmän toteuttamisvaihtoehtoja ja niiden seurauksia  
ovat tarkastelleet mm. Assmuth ym. (2024). Selkeyden vuoksi tässä ohjauskeinoarvioinnissa  
tarkastellaan vain yhtä, toteuttamiskelpoisuus edellä hahmoteltua hiilitukijärjestelmän toteu-  
tustapaa.

Oletamme siis tarkastelussa, että hiilitukijärjestelmä perustuu 1) hiilivuokra-maksulogiikkaan,  
2) lisäisyysvaatimukseen ja 3) metsänomistajien vapaaehtoiseen osallistumiseen. Hiilivuokra-  
lähestymistavassa metsänomistajan saama tuki perustuu hiilivaraston suuruuteen eli metsik-  
koon sitoutuneen hiilen määrään; metsänomistaja saa tuloa ns. hiilivuokran muodossa (Sohn-  
gen & Mendelsohn 2003, Uusivuori & Laturi 2007, Lintunen ym. 2016). Periodisen (esim. viisi  
vuotta) hiilivuokran suuruus kuvaa saavutettua ilmastohyötyä siitä, että metsään sitoutuneen  
hiilen määrää vastaavaa päästöä viivästetään yhdellä periodilla. Lisäisyyteen perustuvassa hii-  
livuokrajärjestelmässä metsänomistaja saa tuloa, jos hiilivarasto on perusuraa korkeammalla  
tasolla. On keskeistä huomata, että perusura voidaan määritellä sisältämään ns. tavanomaiset  
metsänhoitotoimet ja hakkuut, esimerkiksi metsänhoidon suositusten mukaisella tavalla (tai  
päätehakkuiden osalta ohjauskeinossa 2 määriteltävien lakirajojen mukaisesti), eli hiilitukien  
ansaitseminen ei edellytä hakkuiden lopettamista. Lisäisyyteen perustuvan järjestelmän kes-  
keisiä haasteita on perustason määrittäminen. Valtion maksamiin tukiin perustuvassa järjes-  
telmässä, jossa hiilensidonnan lisäämistä ei käytetä toisaalla syntyneiden päästöjen kompen-  
soimiseen, täsmällisestä lisäisyysvaatimuksesta voidaan tinkiä, jolloin perusuran roolissa ko-  
rostuu tulonjakovaikutusten hallinta (ks. Assmuth ym. 2024).

Koska hiilitukijärjestelmä on tulosperusteinen, se lähtökohtaisesti jättää metsänomistajalle paljon vapautta päättää, millaisin toimin (jos lainkaan) hän pyrkii hiilensidontaa lisäämään maillaan. Kuitenkin voisi olla tarpeen sisällyttää hiilitukijärjestelmään lisäehtoja, joilla pyrittäisiin varmistamaan, että järjestelmä ei sivuvaikutuksenaan heikennä monimuotoisuutta tai ekosysteemien laatua. Käytännössä lisäehdot voisivat toimia niin, että järjestelmään liittyessään metsänomistaja sitoutuu olemaan käyttämättä esimerkiksi sellaisia lannoitusmenetelmiä, joilla katsotaan olevan ympäristöhaittoja, tai olemaan metsittämättä kohteita, joilla on avoimena pysyessään monimuotoisuusarvoa perinnebiotooppeina tai muina luontokohteina. Lisäksi tulee huomata, että suometsissä puuston hiilivaraston kasvattamisen ja maaperäpäästöjen hallinnan välillä vallitsee ristiriita, joten pelkästään puuston hiilivaraston mittaamiseen perustuva järjestelmä todennäköisesti kasvattaisi päästöjä suometsistä. Toisaalta suometsien maaperän kasvihuonekaasudynamiikkaa koskeva tietopohja ei ole vielä riittävällä tasolla tulosperusteista järjestelmää ajatellen, joten tulisi harkita suometsien jättämistä alkuvaiheen järjestelmän ulkopuolelle.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Hiilitukijärjestelmän aikaansaamien ilmasto- ja monimuotoisuushyötyjen määrään vaikuttaa korvauksen suuruus ja siten järjestelmän houkuttelevuus metsänomistajien kannalta. Hiilitukijärjestelmä on ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta vaikuttava ohjauskeino, jos suurin osa metsänomistajista kuuluu tukijärjestelmän piiriin ja sopeuttaa metsänhoitoaan sen mukaisesti. Jo matalakin hiilikorvaus lisäisi mallilaskelmien perusteella merkittävästi hiilinielua perusuraan verrattuna ja vaikutus alkaisi heti järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Maltillisella hiilikorvauksen tasolla vaikutus pysyisi melko samansuuruisena vuosikymmenien ajan.

Koska hiilitukijärjestelmään liittyminen oletetaan tarkastelussa vapaaehtoiseksi, on huomiotava, että jollei järjestelmä ole riittävän houkutteleva (johtaen matalaan kattavuuteen), maan sisäinen hiilivuoto heikentää merkittävästi hiilitukijärjestelmän tehoa ensimmäisten 10–20 vuoden ajan mallilaskelmien perusteella (esim. Peltoniemi ym. 2023a).

Metsänomistajille tehtyjen kyselyjen perusteella metsänomistajien liittymistä vapaaehtoiseen järjestelmään edistävät riittävän korkea ja usein tai etupainotteisesti maksettava korvaus sekä maltillisen pituinen sopimuskausi ja joustavat irtautumisehdot (Karppinen ym. 2018, Peltoniemi ym. 2023a). Lisäksi pidettiin tärkeänä, että puustotuhoista aiheutunut hiilivaraston väheneminen ei jää metsänomistajan vastuulle. Sopimuksen tekoa edistää, jos sitä suosittelee metsäalan ammattilainen.

Hiilitukijärjestelmä voi edistää metsäluonnon monimuotoisuutta, jos kiertoaikojen pidentyessä myös metsäluonnon kriittisten rakennepiirteiden (esimerkiksi vanhat järeät puut) määrä lisääntyy. Monimuotoisuushyötyjä syntyy myös kuolleen puun määrän lisääntymisestä. Monimuotoisuushyötyjä syntyy erityisesti silloin, jos hiilituen perusteena olevassa puustossa otetaan huomioon myös lahoppuusto.

Jos halutaan varmistaa, että hiilitukijärjestelmä säilyttää tai jopa lisää kannustimia hoitaa taimikonhoidon ajallaan, järjestelmän ehdot voidaan muotoilla niin, että tasaikäisessä metsänhoidossa metsikölle voidaan maksaa hiilitukea vasta silloin, kun taimikonhoito on suoritettu suosittelun mukaisesti.

## **Kustannukset ja valtiontalous**

Metsänomistajien tulot kasvavat hiilitukijärjestelmän seurauksena. Metsänomistaja saa vapaaehtoisuuteen perustuvissa järjestelmissä hiilikorvaustuloa myös silloin, kun järjestelmä perustuu lisäisyyteen, kunhan perusura valitaan sopivalla tavalla. Lisäksi puunmyyntitulot kasvaisivat mallilaskelmien mukaan järjestelmään kuuluvilla metsänomistajilla, kun puun hinnan nousun positiivinen vaikutus puunmyyntituloihin on voimakkaampi kuin hakkuiden alenemisen vaikutus (Peltoniemi ym. 2023a). Myös järjestelmän ulkopuolelle jäävät metsänomistajat hyötyvät hiilikorvauksesta, sillä he pystyvät myymään puuta korkeampaan hintaan. Tämä voi heikentää halukkuutta osallistua vapaaehtoiseen hiilikorvausjärjestelmään.

Järjestelmän perustuminen lisäiseen hiilensidontaan alentaa merkittävästi siihen liittyviä rahavirtoja. Näin metsänomistajien saamat korvaustulot ja valtiolle aiheutuvat kustannukset jäävät selvästi pienemmiksi kuin järjestelmässä, jossa maksettaisiin kaikesta sidotusta hiilestä.

Kustannukset metsäteollisuudelle ja muille toimialoille aiheutuvat pääosin puuntuotannon vähenemisestä. Metsäteollisuuden puunhankinnan kustannukset kohoavat, mikä heikentää kannattavuutta. Kannattavuuden heikentymiseen vaikuttaa mm. se, missä määrin hiilensidontaa lisätään hakkuita vähentämällä ja missä määrin metsän kasvuun vaikuttamalla, otetaanko vastaava hiilitukijärjestelmä käyttöön myös kilpailijamaissa ja osin tähän liittyen missä määrin kohonneet kustannukset voidaan siirtää kuluttajahintoihin tai välituotteiden hintoihin vientimarkkinoilla. Metsäteollisuuden kannattavuuden heiketessä kysyntä ja tulot vähenevät aloilla, jotka tuottavat panoksia tai palveluita metsäteollisuudelle (esim. metsäkoneyrittäjät), ja tällä olisi haitallisia aluetaloudellisia vaikutuksia. Toisaalta metsänhoitoon liittyvien neuvontapalveluiden kysyntä voi kasvaa ja metsien käyttö luontomatkailuun voi hieman lisääntyä. Metsäteollisuus voi saada myös maine-etua parantuneesta kestävydestä.

Kustannukset valtiolle aiheutuvat maksetuista hiilituista sekä transaktiokustannuksista (mittaus, hallinnointi, valvonta). Hiilivuokra-muotoisen tuen kustannukset riippuvat hiilivarastojen kehityksestä. Pohjola ym. (2018) arvioivat 15 euron tCO<sub>2</sub>-hinnalla, lisäisyyteen perustuvien koko maan kattavien vuotuisten hiilivuokrien olevan 30 milj. € viisi vuotta järjestelmän käyttöönoton jälkeen ja 550 milj. € 50 vuoden jälkeen. Vastaavasti samoihin tuloksiin perustuen, jos vuotuinen lisäinen hiilinielu 15 euron hiilen hinnalla vaihtelee 15 ja 30 milj. tCO<sub>2</sub> väliltä, olisi nettohiilinieluun perustuva maksettu hiilitukikustannus 250–450 milj. €. Toimenpidekokonaisuudessa muut ohjauskeinot voimistavat metsien hiilivarastojen kehitystä, minkä vuoksi hiilitukijärjestelmälle jää täydentävä rooli. Tällöin esimerkiksi viiden miljoonan tonnin hiilinielun saavuttamiseksi riittää matalampi hiilenhintaa ja/tai vain osittain kattava järjestelmä. Esimerkiksi 10 euron CO<sub>2</sub>-tonnin hinnalla viiden miljoonan lisäinen nielu tarkoittaisi edullisimmillaan 50 miljoonan euron vuotuisia kustannuksia. Lisäksi verotulot metsäteollisuudesta vähenevät.

Kansantalouden näkökulmasta hiilinielujen lisääminen voi olla muiden sektorien lisätoimia tai päästöoikeuksien ostamista edullisempi keino saavuttaa ilmastotavoitteet. Valtiolle voi koitua huomattavia kustannuksia, jos EU:n sitoviin LULUCF-tavoitteisiin pääseminen edellyttää yksiköiden ostamista muista jäsenmaista; hiilitukijärjestelmällä voitaisiin merkittävästi edistää tavoitteisiin pääsemistä.

## **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden**

Ohjauskeinon toteutettavuuteen liittyy haasteita ennen kaikkea hiilensidontan mittaamisen ja raportoinnin sekä perusuran määrittämisen osalta. Käytännössä hiilensidontan määrä

mitattaisiin metsikön tilan (puun määrän) perusteella, ja tämä tieto olisi saatavissa Metsäkeskukselta. Mittaamisen ja valvonnan avuksi voisi tulla kaukokartoitus. Voisi olla järkevää porastaa mittaamisen ja raportoinnin tarkkuutta koskevat vaatimukset metsänomistajan metsäomistusten määrän mukaan, jotta rasite näistä ei muodostuisi esteeksi pienmetsänomistajien liittymiselle järjestelmään. Perusuran olisi luontevaa perustua esimerkiksi metsänhoidon suosituksiin. Lisäksi olisi tärkeää määritellä periaatteet sille, miten toimitaan, jos hiilitukijärjestelmään kuuluvaan metsikköön kohdistuu merkittävä puustotuho. Ohjauskeinon ymmärtäminen ja hiilensidonnin määrään vaikuttavien tekijöiden omaksuminen edellyttää ehdottomasti neuvontaa ja koulutusta sekä metsänomistajille että keskeisessä välittäjäasemassa oleville metsäammattilaisille.

Vapaaehtoisena ohjauskeino ei herätä esimerkiksi omaisuuden suojaan liittyviä kysymyksiä. Tutkimuskirjallisuuden ja selvityshankkeiden perusteella metsänomistajat kokevat hiilitukijärjestelmän ehdollisesti hyväksyttävänä (Karppinen ym. 2018, Peltoniemi ym. 2023a). Hyväksyttävyyteen vaikuttavat keskeisesti riittävä tukitaso ja sopimusehdot.

Hilmari-hankkeessa (Peltoniemi ym. 2023a) ehdotettiin, että hiilitukijärjestelmän toteutuksen osalta voitaisiin selvittää vaihtoehtoa, jossa metsänomistajalle tarjottaisiin joukko vaihtoehtoisia metsänhoitoehdotuksia, joihin kuhunkin liittyisi hiilensidonta-arvio ja sitä vastaava hiilituen määrä. Tällöin järjestelmä ei olisi enää tulosperusteinen, mutta toisaalta osallistuminen olisi metsänomistajalle vaivatonta ja siksi ehkä suositumpaa.

Sidosryhmätyöpajan osallistujien keskuudessa ohjauskeino sai sekä kannatusta että vastustusta. Keskustelussa nostettiin esiin, että ohjauskeino olisi helppo toteuttaa hallinnollisesti, sillä erilaisia metsiin liittyviä tukia on jo käytössä. Toisaalta sidosryhmien edustajat nostivat myös esiin, että ilman tasapainottavaa haittaverotusta ohjauskeinosta seuraa kustannuksia valtiontaloudelle.

Kansalaispaneelin osallistujat kannattivat hiilitukijärjestelmän käyttöönottoa, mikäli se auttaisi välttämään tai vähentämään EU:lle mahdollisesti maksettavaa sanktiota hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamatta jättämisestä. Kansalaispaneeli katsoi tarpeelliseksi selvittää metsäteollisuuden roolia järjestelmän rahoittamisessa. Toisaalta panelistit näkivät, että ohjauskeinon todellisia vaikutuksia on vaikea arvioida, sillä järjestelmän toteuttamisessa on vielä paljon avoimia kysymyksiä, kuten kuinka paljon hiiltä tulee sitoa tuen saamiseksi sekä miten sidotun hiilen määrä mitataan luotettavasti.

## **5.2.5 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta**

### **Ohjauskeinon kuvaus**

1. Metsälain luontokohteilta poistetaan luonnontilaisuuden, pienialaisuuden ja taloudellisen vähämerkisyisyyden vaatimus. Tämän seurauksena metsälaki nykyisestä poiketen velvoittaa suojelemaan myös sellaiset kohteet, joita on aiemmin heikennetty (esimerkiksi puron vastaranta hakattu aiemmin) tai jotka ovat laajuudeltaan, laadultaan tai puustoltaan sellaisia, että suojelemisesta aiheutuu metsänomistajille tuntevia tulonmenetyksiä. On tärkeää huomata, että osa näistä tulonmenetyksistä tullaan korvaamaan metsänomistajalle (ks. ohjauskeino 4b).

2. Lainsäädäntöön lisätään velvoite jättää kaikkien pienvesien (lähteet, pienet lammet sekä purot ja norot, joilla on uoma) varten vähintään 10 metrin levyinen metsätalouden

ulkopuolelle jätettävä suojavyöhyke. Suojavyöhykevaatimukselle voidaan tarvittaessa määritellä poikkeusehtoja Pohjois-Suomen suuren purotiheyden huomioimiseksi.<sup>13</sup> Lisäksi ojille säädetään jätettäväksi 2 metrin suojakaista, jota ei muokata, mutta jolta runkopuut voidaan poistaa.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Luonnontilaisuuden, pienialaisuuden ja taloudellisen vähämerkityksisyyden vaatimuksen poisto parantaa lakikohteiden ja suojattavien vesien ekologista laatua (pienilmasto, rakennepiirteet, vähäisempi reunavaikutus) ja näin ollen oletettavasti parantaa pienialaisten erityisympäristöjen monimuotoisuusmerkitystä (vrt. Suomen ja Ruotsin avainbiotoopit; Suomessa eroavat tavanomaisesta talousmetsästä melko vähän, Ruotsissa missä kohteet moninkertaisia pinta-alaltaan erot talousmetsiin merkittäviä.)

On huomattava, että 10 metrin suojavyöhyke ei välttämättä riitä turvaamaan pienvesikohteita, joille mikroilmaston ylläpito on tärkeää. Olisikin tärkeää, että valtio esimerkiksi Helmi-elinympäristöohjelman puitteissa paikantaisi ekologisesti arvokkaimmat pienvedet ja tarjoutuisi suojelemaan ja tarvittaessa lunastamaan ne sekä tarvittavat ekologisesti määritellyt suojavyöhykkeet.

Normiohjaus on luotettava tapa pyrkiä tavoitteisiin.

Nykyinen metsälain 11 §:n poikkeuslupamahdollisuus voi vaarantaa puroekosysteemien turvaamisen, sillä 11 § mahdollistaa elinympäristön suojelusta poikkeamisen aina kun omistajalle koituu vähäistä suurempaa taloudellista menetystä. (Esimerkiksi vuosien 2009–2011 aikana haettiin keskimäärin 82 poikkeuslupaa vuodessa, jotka kaikki myönnettiin. Tämä oli noin 2,3 prosenttia erityisen tärkeitä elinympäristöjä koskeneista metsänkäyttöilmoituksista (HE 75/2013 vp).). Poikkeuslupakäytäntö uhkaa kaikkia vähänkään suurempia eli monimuotoisuuden kannalta merkittävimpiä purokokonaisuuksia. Poikkeuslupien sijaan olisi suositeltavaa aina maksaa korvauksia.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinon kustannukset muodostuvat pääosin menetetyistä puuntuotannosta. Näiden kustannusten suuruus riippuu siitä, miten leveäksi suojavyöhyke edellytetään. Kustannukset voivat vaihdella metsätiloittain ja alueittain.

Ohjauskeino vähentää niiden metsänomistajien puunmyyntituloja, joihin toimet kohdistuvat. Puumarkkinavaikutukset nostanevat puun hintoja, mikä osin kompensoi kustannuksia ja toisaalta voi lisätä joidenkin metsänomistajien tuloja. Toimenpidekokonaisuudelle arvoitiin suojavyöhykkeiden vuotuisiksi puunmyyntitulomenetykseksi n. 20 milj. €. Ohjauskeinolla on myös vaikutuksia läpi puun arvoketjun: se todennäköisesti vähentää metsäkoneyrittäjien tuloja jonkin verran, vähentää metsäteollisuuden raaka-aineen saantia ja nostaa puunhankinnan kustannuksia, mikä heikentää kannattavuutta. Toisaalta nykyistä kunnianhimoisempi

---

<sup>13</sup> Olisi myös perusteltua selvittää mahdollisuus määritellä suojavyöhykkeen leveys hyödyntäen kosteusindeksiä (Hilli ym. 2022). (Hilli A., Mykrä H., Hokajärvi R., Annala M. (2022). Kosteusindeksin hyödyntäminen purojen suojavyöhykkeiden suunnittelussa. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2022 artikkeli 10725. <https://doi.org/10.14214/ma.10725> ]

monimuotoisuuden turvaaminen talousmetsissä tuottanee metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla.

Ohjauskeinon myötä valtion verotulot puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta vähenevät. Lisäksi valtiolle koituu kustannuksia ohjauskeinon toimeenpanosta, valvonnasta ja mahdollisista sanktioista. Toisaalta ohjauskeinolla toteutetaan samalla EU:n ennallistamisasetuksen tavoitteita, kun suojavyöhykkeet edistävät uhanalaisten pienvesiluontotyyppien ennallistumista ja parantavat vesistöjen tilaa valuma-alueella.

### **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden**

Hyväksyttävyydessä voi olettaa olevan haasteita niiden metsänomistajien keskuudessa, joiden mailla kyseisiä kohteita on, ja jotka olisivat toteuttaneet kohteissa hakkuita. Kuten jo edellä todettiin, omaisuudensuojaa rajoittavan lainsäädännön tulee olla sisällöltään riittävän täsmällistä ja tarkkarajaista. Rajoituksen olennaisen sisällön tulee ilmetä laista riittävän yksiselitteisesti. Omaisuudensuojan ja hyväksyttävyyden kannalta on keskeistä, että merkittävä osa metsänomistajan tulonmenetyksistä katetaan korvauksilla (ks. 4b).

Ohjauskeinon toteutettavuus on sikäli varsin hyvä, että voidaan pohjata nykyiseen lainsäädäntöön ja instituutioihin. Suojavyöhykkeen yleispätevytydessä (aina 10 m) hyvää on selkeys: lain noudattamista on helpohko valvoa.

Tämä ohjauskeino ei käytännössä nostaisi pienvesien suojavyöhykkeen nykyistä leveyttä niissä yli 90 %:ssa suomalaisista metsistä, jotka ovat PEFC-sertifioituja, sillä PEFC-metsäsertifiointistandardi edellyttää, että vesistöjen ja lähteiden suojakaistan leveys on keskimäärin vähintään 10 metriä, mutta kaikkialla vähintään 5 metriä (PEFC FI 1002:2024). Toisaalta PEFC sallii poimintahakkuut suojavyöhykkeellä, joten ohjauskeino lisäisi vesiensuojelun kunnianhimoa myös PEFC-sertifioituissa metsissä. Lisäksi on huomattava, että PEFC koskee vain kaupallisia hakkuita, eikä estä suojavyöhykkeiden hakkuita esimerkiksi polttopuukäyttöön.

Ohjauskeino oli sidosryhmien keskuudessa yksi eniten kannatusta saaneista. Keskustelussa muun muassa todettiin, että ohjauskeino on selkeä ja lakiteknisesti toteutettavissa. Lisäksi nousi esiin, että nykyinen lainsäädäntö on riittämätöntä, eikä suojaa edes arvokkaimpia kohteita. Hyväksyttävyyden osalta sidosryhmien edustajat arvioivat, että ilman kompensoivaa tukea ohjauskeino aiheuttaisi tulonmenetyksiä osalle metsänomistajista. Tästä huolimatta nähtiin, että ohjauskeino olisi laajalti eri ryhmien keskuudessa hyväksyttävä.

## **5.2.6 4b. Korvaus 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä**

### **Ohjauskeinon kuvaus**

4a:ta täydennetään maksamalla hyödyntämisen ulkopuolelle jätettävistä luontokohteista metsänomistajalle korvaus tulonmenetyksistä. Käytännössä korvaus toteutetaan jo nykyäänkin käytössä olevan Metka-tukijärjestelmän ympäristötuen kautta. Korvaus koostuu peruskorvauksesta ja hakkuuarvokorvauksesta. Laskennassa huomioidaan vähäisen haitan kynnyks, joka on tällä hetkellä ympäristötuessa 4 % kohteen sisältävän metsäkiinteistön välittömistä hakkuumahdollisuuksista tai korkeintaan 3 000 €. Metsänomistajalle siis jää tietynlainen "omavastuu" hyödyntämisen ulkopuolelle jätettävistä luontokohteista johtuvasta tulonmenetyksestä, mutta valtion maksama korvaus huolehtii siitä, että tulonmenetyks ei muodostu kenellekään kohtuuttomaksi.

## **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Luontokohteiden turvaaminen varmistetaan lainsäädännöllä, ja tulonmenetyksistä maksettavien korvausten tarkoituksena on varmistaa kyseisen lainsäädännön hyväksyttävyyttä ja yhteensopivuus omaisuudensuojaa käsittelevän lainsäädännön kanssa. Ohjauskeino on sikäli vaikuttava ja luotettava.

## **Kustannukset ja valtiontalous**

Puuntuotannon vähentyminen ja siitä aiheutuvat kustannukset on jo huomioitu ohjauskeinoon 4a alla, eikä niitä tule laskea kahteen kertaan.

Valtiolle koituu kustannuksia korvausten maksamisesta<sup>14</sup>. Karkeasti ottaen vuoden 2023 ympäristötukisopimuksiin käytetty rahamäärä (12,7 miljoonaa euroa<sup>15</sup>) tulisi tuplata, jos kohteiden ei tarvitse enää olla pienialaisia tai taloudellisesti vähämerkityksellisiä. Tämän lisäksi luonnontilaisuuden vaatimuksen poistaminen kasvattaisi suojelukustannuksia määrällä, jota ei pystytty tarkemmin arvioimaan tässä selvityksessä. Laskelman tarkemmat tiedot löytyvät Liitteestä B.

## **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuus**

Metsänomistajien näkökulmasta korvaukset edistävät lainsäädäntöohjauksen (4a) hyväksyttävyyttä. Valtiontalouden näkökulmasta kustannusrasite voi kuitenkin aiheuttaa hyväksyttävyyshaasteita.

Korvausten toteutuksessa voidaan pitkälti hyödyntää Metka-tukijärjestelmää (ympäristötuki) sitä päivittäen.

Ohjauskeino herätti sidosryhmissä sekä kannatusta että vastustusta. Korvauksen kannatettavuus oli siis alhaisempaa kuin korvauksettoman ohjauskeinoon 4a kannatus. Korvauksen nähtiin lisäävän ohjauskeinoon hyväksyttävyyttä metsänomistajien näkökulmasta, mutta laajempaa yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä vähensivät korvauksen tuottamat kustannukset valtiontaloudelle.

## **5.2.7 5. METSO-suojelun laajentaminen**

### **Ohjauskeino kuvaus**

Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman (METSO) on ympäristöministeriön sekä maa- ja metsätalousministeriön yhteishanke, joka perustuu valtioneuvoston periaatepäätökseen vuodelta 2014, ja jatkuu ainakin vuoteen 2030 (Gummerus-Rautiainen ym. 2021). METSO:n avulla yksityiset metsänomistajat voivat korvausta vastaan suojella metsäänsä

---

<sup>14</sup> Suojavyöhykkeistä ei ohjauskeinossa makseta korvauksia, sillä ne ovat suurelta osin jo turvattu nykyisen tasoilla metsäsertifikaateilla. Ohjauskeinoon rajaus tähän muotoon oli seurausta sidosryhmien ja kansalaispaneelin keskustelujen pohjalta tehdystä kokonaisarviosta ohjauskeinoon hyväksyttävyyden kannalta sopivasta tasapainosta.

<sup>15</sup> Ks. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/vapaaehtoinen-metsien-suojelu-metsänomistajien-suosiossa-metso-ohjelman-ympäristötukisopimuksissa-ja-luonnonhoitotoissa-ennatyslukemat>

joko määräaikaisesti tai pysyvästi. Suojeluun valitaan metsiä, jotka ovat luonnonarvoiltaan monipuolisia ja eliölajien elinympäristöinä erityisen arvokkaita (Syrjänen ym. 2016).

METSO-ohjelma on hyväksi koettu keino suojelualan lisäämiseksi yksityisissä metsissä. Ohjelman toteutuksen ekologinen laatu on ollut hyvä. Kustannustehokkuutta olisi kuitenkin mahdollista parantaa esimerkiksi tarjouskilpailujen avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että samalla suojelubudjetilla pystyttäisiin suojelemaan enemmän.

Tarjouskilpailua pilotoitiin METSO:n alkuaikoina vuosina 2004–2006. Tarjouskilpailussa ympäristöviranomaiset pyysivät maanomistajilta luonnonsuojelubiologisten kriteerien perusteella tarjouksia suojeltavista kohteista ja hintoja, joilla he olivat halukkaita tarjoamaan kohteitaan suojeluun. Maanomistajat saivat halutessaan antaa tarjouksia. Tarjouskilpailun tuloksena viranomaiset hyväksyivät suojeltaviksi sellaiset kohteet, jotka parhaiten täyttivät luonnonsuojelubiologiset kriteerit. Suojeluvaihtoehdot olivat *yksityinen luonnonsuojelualue, määräaikainen sopimus tai valtion luonnonsuojelualueeksi hankkiminen*.

EU:n kehittyvä valtioneuvostolainsäädäntö tulee todennäköisesti entistä paremmin mahdollistamaan tarjouskilpailun tapaiset lähestymistavat yksityisten maiden suojeluun.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

METSO-suojelu on jo käytännössä havaittu toimivaksi keinoksi lisätä yksityismetsien suojelualaa. Sen kautta voidaan periaatteessa suojella kaikki vanhat sekä luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset yksityismetsät. Koska METSO-suojelu on vapaaehtoista, ei voida etukäteen kuitenkaan varmistaa mitkä metsänomistajat tähän mahdollisuuteen tarttuvat eli mitä kohteita saadaan suojeltua. METSO-ohjelman ekologinen laatu on kuitenkin tutkimusten (Siitonen ym. 2012, Anttila ym. 2023) perusteella ollut hyvä. Ohjelman mittakaavan tulisi toki olla huomattavasti suurempi toimenpidekokonaisuuden mukaisesti suojelupinta-aloihin pääsemiseksi. Kniivilä ym. 2022 arvioivat, että 10 prosentin (maakunnittainen) metsämaan suojelutavoite vaatii n. 1,3 milj. ha lisäsuojelun. Lisäksi tulisi miettiä, voitaisiinko METSO-suojelun kohdentamisessa huomioida paremmin esimerkiksi elinympäristöjen kytkeytyneisyys. Tämä voisi olla mahdollista esimerkiksi, jos METSO toteutettaisiin tarjouskilpailuna ja tarjousten vertailussa käytettäisiin hinnan ja ekologisen arvokkuuspistemäärän muodostamaa indeksiä.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeino aiheuttaa kustannuksia menetetyn puuntuotannon kautta. Näiden kustannusten suuruus riippuu siitä, miten paljon metsää suojellaan (ks. Kangas ja Ollikainen 2024). Metsänomistajalle ei koidu ohjauskeinosta kustannuksia, koska metsikön suojelusta saa täyden korvauksen. Suojelun ulkopuolelle jättäytyvät metsänomistajat hyötyvät puun hinnan noustessa. Ohjauskeinolla on puuntuotannon vähenemisen kautta vaikutuksia läpi puun arvoketjun: se vähentää metsäkoneyrittäjien tuloja paikallisesti, rajoittaa metsäteollisuuden raaka-aineen saantia ja nostaa puunhankinnan kustannuksia, mikä heikentää kannattavuutta. Toisaalta nykyistä kunnianhimoisempi monimuotoisuuden turvaaminen tuottanee metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla.

Valtiolle koituu kustannuksia METSO:n suojelukorvauksista. Valtiontalouden kustannukset voidaan arvioida käyttäen Metson nykykäytänteitä<sup>16</sup>. Pysyvän suojelun korvauksen lähtökohdaksi on puuston arvo, joka arvioidaan summa-arvomenetelmällä. Jos maa myydään valtiolle, huomioidaan myös paljaan maan arvo. Tämän jälkeen tehdään 15–30 prosentin tapauskohtainen korjaus alaspäin mm. kustannuksia ja veroja vastaavasti. Karkeasti arvioiden korvaus on päätehakkuuikäisillä puustoisilla kohteilla 10 000 euron luokkaa per hehtaari. Suuruusluokka suojelukustannuksista on siis yli 10 mrd. euroa. Näitä kustannuksia voidaan, erityisesti EU:n valtioneuvoston uudistuessa, vähentää tarjouskaupan kautta. Lisäksi ohjauskeino vähentää valtion verotuloja puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Vapaaehtoisen suojelun voidaan katsoa olevan hyväksyttävää metsänomistajien näkökulmasta ja ongelmattomasti omaisuudensuojaa ajatellen. Kansalaisilla on tutkitusti maksuhalukkuutta suomalaisen metsäluonnon suojelulle (esim. Lehtonen ym. 2003).

METSO-suojelun laajentaminen sai sidosryhmätyöpajassa korkeaa kannatusta. Sidoryhmien edustajien joukossa ohjauskeinoja ei vastustettu. Keskustelussa todettiin, että METSO-ohjelman etuna on, että se on entuudestaan tunnettu ja sitä käytetään oikeisiin kohteisiin. Näin ollen sen laajentamisen nähtiin olevan laajalti hyväksyttävää. Työpajassa nostettiin hyväksyttävyyden kannalta esiin tutkimus, jonka mukaan alle kymmenen prosenttia metsänomistajista ovat valmiita suojelemaan metsänsä pysyvästi ilman tukea, mutta tuettuna siihen olisi valmiita noin viidennes metsänomistajista (Koskela & Karppinen 2021).

Kansalaispaneeli kannatti METSO-suojelun laajentamista ja näki ohjauskeinojen etuna vapaaehtoisuuden. METSO-ohjelmaan on ollut enemmän halukkaita kuin rahoitus on mahdollistanut osallistumaan, joten sen voidaan ajatella olevan metsänomistajien keskuudessa varsin hyväksyttävä ohjauskeino. Ohjelman etuna nähtiin, että kustannukset suojelusta jakautuvat koko yhteiskunnan kesken, eivätkä koidu vain metsänomistajille. Myös verojen nostaminen ohjelman laajentamisen rahoittamiseksi katsottiin mahdolliseksi. Kansalaispaneeli ehdotti, että tietoisuuden lisääminen metsäympäristöjen positiivisista vaikutuksista terveydelle ja hyvinvoinnille voisivat lisätä kustannusten hyväksyttävyyttä. Sekä kansalaispaneeli että sidoryhmät ehdottivat, että ohjelmaa voisi laajentaa koko Suomeen.

## **5.2.8 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus**

### **Ohjauskeinojen kuvaus**

Nykyisin vesilain mukainen ojituksen luvanvaraisuus koskee vain poikkeuksellisen laajoja hankkeita, jolloin suurin osa ojituksista etenee kevyillä menettelyillä ilman ennakkollista ympäristövalvontaa ja mahdollisuutta lupaehtojen asettamiseen. Tämä on johtanut sekä yksittäisten kunnostusojitusten että erityisesti niiden yhteisvaikutusten kautta merkittäviin vesistöhaittoihin ja siten lainsäädännön ja vesiensuojelun tavoitteiden vastaiseen tilanteeseen. Tämän vuoksi sääntelyä tulisi uudistaa niin, että kielletään metsätaloudelliset uudistusojitukset ja säädetään luvanvaraisiksi kaikki kunnostusojitukset sekä suometsien sellainen maanmuokaus, jossa tehdään vettä johtavia uomia.

---

<sup>16</sup> Ks. <https://metsonpolku.fi/korvauslaskelma-pysyvasta-suojelusta>

Kunnostusojitukseen ja suometsän sellaiseen maanmuokkaukseen, jossa tehdään vettä johtavia uomia, myönnettävän luvan myöntämisedellytyksinä voisi olla, että a) jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon siirtyminen aiheuttaisi kohtuuttomia taloudellisia menetyksiä, b) ojiin kunnostuksessa noudatetaan enimmäismittoja (syvyys, leveys) ja c) kohteella pystytään toteuttamaan kohtuullisen tehokkaaksi todettuja vesiensuojelutoimenpiteitä (kosteikot, pintavalutus-kentät, syöpyviin ojiin patorakennelmat). Vaihtoehtona tälle ohjauskeinolle voidaan nähdä ojituksen haittaverot (7), jonka tuotto tulisi ohjata ennallistamistoimiin.

Ohjauskeinon tavoitteena on, että uudisojittaminen loppuu kaikissa Suomen metsissä ja kunnostusojituksen määrä vähentyy huomattavasti siitä, mitä se olisi ilman ohjausta. Käytännössä keskeistä on, että kunnostusojituksen välttämättömyyttä arvioidaan huolellisesti, ja niissä tapauksissa, kun se toteutetaan, vältetään liiallinen kuivattaminen. Liiallisen kuivatuksen välttäminen tulee ilmastonmuutoksen edetessä ja kuivuuskausien lisääntyessä olemaan merkittävä metsän kasvua turvaava ja metsäpalojen ehkäisyä edistävä toimi. Samoin liiallisen kuivatuksen välttäminen todennäköisesti tasoittaa tulvahuippuja.

Kunnostusojitusten vähentäminen tarkoittaa sitä, että lukuisissa hakkuukypsyttä lähestyvissä suometsissä suoritetaan tulevaisuudessa avohakkuun ja kunnostusojituksen (ja maanmuokkauksen) sijasta jonkinlaisen jatkuvapeitteisyyden säilyttäviä hakkuita. Todennäköisesti tämä johtaa pitkällä aikavälillä hieman matalampaan puuntuotukseen. Joissakin tapauksissa seurauksena voi olla tasaikäiseen metsänhoitoon verrattuna matalampi puunmyyntitulojen nettonykyarvo, erityisesti, jos puuston lähtötila on jatkuvapeitteisen metsänhoidon kannalta epäsuotuisa eli alikasvos puuttuu. Tuoreiden tutkimustulosten (Viitala ym. 2023) valossa vaikuttaa kuitenkin siltä, että metsänomistajan tulonmenetykset jäävät pieniksi, tai jatkuvapeitteinen metsänhoito voi olla jopa taloudellisesti kannattavampaa kuin avohakkuumallin jatkaminen. Taustalla tässä on kunnostusojituksen, maanmuokkauksen, metsänuudistamisen ja toisinaan myös taimikonhoidon poisjäännistä seuraavat säästöt.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Normiohjauksen voidaan katsoa olevan vaikuttavaa ja luotettavaa, kunhan normien noudattamista pystytään riittävästi valvomaan ja väärinkäytöksistä sanktioimaan.

Uudis- ja kunnostusojituksen vesistö- ja ilmastohaitat ovat niin merkittävät, että esitetyllä ohjauskeinolla voi olla suuri vaikutus. Vaikutuksen mittakaavan kannalta on toki olennaista, kuinka paljon ojituksia ilman ohjausta tehtäisiin.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinon kustannukset muodostuvat pääosin menetetyistä puuntuotannosta. Näiden kustannusten suuruus riippuu siitä, miten tiukaksi kunnostusojituksen lupakäytäntö muodostuu sekä siitä, miten suuri puuntuotanto saadaan aikaan ojittamatta, jatkuvan kasvatuksen menetelmällä.

Ohjauskeino saattaa vähentää suometsää omistavan metsänomistajan puunmyyntituloja, sillä hänen on joissakin tapauksissa vaihdettava metsänhoitomenetelmää. Tulonmenetykset eivät kuitenkaan muodostu kohtuuttomiksi (ks. luvan ehto a). Toisaalta metsänomistajan nettotulot (puunmyyntitulot vähennettynä metsänhoidon toimenpiteiden kustannuksilla) saattavat pienentyä vain hieman, tai jopa kasvaa, jos jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon siirrytään

onnistuneesti. Metsänomistajalle koituu kustannuksia myös vesiensuojelutoimista, joita kunnostusojituslupa edellyttää.

Ohjauskeinolla on myös vaikutuksia läpi puun arvoketjun: se todennäköisesti vähentää metsäkoneyrittäjien tuloja jonkin verran, vähentää metsäteollisuuden raaka-aineen saantia ja nostaa puunhankinnan kustannuksia, mikä heikentää kannattavuutta. Toisaalta nykyistä kunnianhimoisempi vesistöjen turvaaminen talousmetsissä tuottanee metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla. Ojitystyön vähenemisen seurauksena ojitus- ja maanmuokkaustyötä tekevät yrittäjät menettävät työmahdollisuuksia.

Ohjauskeinon myötä valtion verotulot puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta vähenevät. Lisäksi valtiolle koituu kustannuksia ohjauskeinon toimeenpanosta, valvonnasta ja mahdollisista sanktioista. Toisaalta ojituksen suunnittelun tuen tarve luultavasti vähenee. Lisäksi ohjauskeino todennäköisesti parantaa vesistöjen tilaa huomattavasti ajan kuluessa, mikä tukee monien kiinteästi ekosysteemipalveluihin perustuvien elinkeinojen (kalastus, matkailu) kannattavuutta ja kasvattaa luontovirkistytymisen hyvinvointivaikutuksia.

### **Hyväksyttävyyden ja toteutettavuuden**

Kuten edellä on todettu, ohjauskeinoja suunniteltaessa on otettava huomioon muut perustuslain säännökset sekä perusoikeuksien rajoituksiin liittyvät ehdot, kuten tarkkarajaisuus, hyväksyttävät tarkoitukset, oikeasuhtaisuus sekä riittävä oikeusturva. Vesistöjen tilan parantamistavoite ja toistaiseksi vesiensuojelunäkökulmasta toimimattomat ohjauskeinot osoittavat ehdotetun ohjauskeinon oikeutusta ja oikeasuhtaisuutta. Luvanmyöntämishetkellä ”jatkuva-peitteiseen metsänhoitoon siirtyminen aiheuttaisi kohtuuttomia taloudellisia menetyksiä” voi vaatia selkeyttämistä, jotta se olisi riittävän selkeä ja tarkkarajainen. Olisi tarpeen pohtia esimerkiksi metsikön lähtötilaan perustuvia kriteereitä sille, että siirtymä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen voidaan arvioida huomattavan kalliiksi.

Toteutettavuus on uudisojitusten kiellon osalta suoraviivainen, mutta kunnostusojitusten luvanvaraisuuden osalta raskas. Lupakäytäntö vaatisi mahdollisesti merkittäviä henkilöresursseja toteutukseen. ELY-keskukset valvovat nyt resurssiensa puitteissa ojituksia, joten tuleva Lupa- ja valvontavirasto jatkaisi luontevasti ojitusten ennako- ja jälkivalvontaa. Lupamaksu kattaisi ainakin osan valvontakuluista. On varmistettava, että vesilain 5:8 mukainen ojan kunnossapitovastuu ei vaikeuta kunnostusojituksen säätämistä luvanvaraiseksi.

Ohjauskeinon hyväksyttävyyttä saattaa heikentää se, että ohjauskeino voi vaikeuttaa joidenkin metsäomistajien puuntuotantoa. Toisaalta ojituksen aiheuttamat merkittävät vesistöhaitat on alettu tiedostaa metsäalalla, joten ohjauskeinon tarpeelle löytynee ymmärrystä. Ohjauskeinon käyttöönottoa tukee myös tavoite saavuttaa vesistöjen hyvä tila ja estää veden tilan heikkeneminen eli vesipuitteiden parempi täytäntöönpano Suomessa. Maanomistaja voi lisäksi saada Metka-lain mukaista tukea suometsän vesiensuojelutoimenpiteiden toteuttamiseen. Sidosryhmien keskuudessa ohjauskeino sai korkeaa kannatusta. Kaikkiaan ohjauskeino arvioitiin pääasiassa hyväksi, sillä se puuttuisi ojituksen tehokkaasti silloinkin, kun metsänomistajalla ei ole riittävää tietoa ojituksen ympäristövaikutuksista. Kysymyksiä ohjauskeinon osalta herätti muun muassa valvonta, sillä sen toteuttaminen vaatisi valvontaviranomaisen määrittämistä ja valvonnan rahoittamista. Toisaalta valvonnan voisi hoitaa helpostikin, mikäli sen apuna voidaan käyttää ilmakehän aineistoja. Huolena nostettiin myös ohjauskeinon mahdollisesti aiheuttama byrokratia, sillä lupaprosessit ovat hallinnollisesti raskaita. Keskustelussa nostettiin kuitenkin esiin myös, että ohjauskeino olisi helppo ottaa käyttöön. Sidosryhmien

edustajat arvioivat, että ohjauskeino ei ole ristiriidassa omaisuudensuojan kanssa, sillä se mahdollistaa kunnostusojitukset. Lisäksi se vahvistaisi muiden maanomistajien omaisuuden suojaa suojaamalla näitä ojituksen vesistövaikutuksilta.

Kansalaispaneeli kannatti ohjauskeinoon käyttöönottoa, sillä se vähentäisi tehokkaasti suometsien ojitusta. Se kuitenkin mahdollistaisi kunnostusojituksen tapauksissa, joissa se on todettu tarpeelliseksi ja ympäristönäkökohdat on otettu lupaprosessissa huomioon. Kansalaispaneeli arvioi, että ohjauskeino olisi hyödyllinen, sillä se edistäisi ympäristön tilaa monin tavoin; se vähentäisi metsätalouden ilmasto- ja vesistö päästöjä sekä suojelisi luonnon monimuotoisuutta. Paneeli myös arvioi, että pelkkä ojituksen tuen poisto ei täysin poista kannustinta ojitukseen, sillä ojitus voi joissain tapauksissa olla taloudellisesti kannattavaa ilman tukeakin.

## **5.2.9 7. Ojituksen haittavero**

### **Ohjauskeino kuvaus**

Ojituksen (ja ojitusta lähestyvän maanmuokkauksen) haittavero, jota voi alentaa tehokkaaksi tunnistetulla vesiensuojelutoimella ja vesiensuojelukosteikoilla. Lähtökohtaisesti haittavero asetetaan tulosperusteisesti, eli vesistö- (ja ilmasto)haittaan perustuen. Tehokkaiksi tunnetuilla vesiensuojelutoimilla voidaan vesistöhaittoja alentaa. Vaihtoehtona tälle ohjauskeinolle voidaan nähdä uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus (7).

Ojituksen haittavero saisi metsänomistajan harkitsemaan tarkkaan, olisiko ojitus mahdollista välttää esimerkiksi jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon siirtymällä, mutta jättäisi kuitenkin mahdollisuuden päätehakkaamiseen ja kunnostusojitukseen silloin, kun tähän ratkaisuun päätymisestä seuraava taloudellinen etu on huomattava.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Pakottavan vero-ohjauksen voidaan katsoa olevan vaikuttavaa ja luotettavaa, kunhan veron taso on riittävä ja verojen suorittamista pystytään riittävästi valvomaan ja väärinkäytöksistä sanktioimaan.

Uudis- ja kunnostusojituksen vesistö- ja ilmastohaitat ovat niin merkittävät, että esitetyllä ohjauskeinolla voi olla suuri vaikutus. Vaikutuksen mittakaavan kannalta on toki olennaista, kuinka paljon ojituksia ilman ohjausta tehtäisiin.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinoon kustannukset muodostuvat pääosin joko maksetusta verosta tai ojituksesta luopumisen vuoksi menetetyistä puuntuotannosta. Näiden kustannusten suuruus riippuu veron suuruudesta ja siitä, miten paljon kunnostusojitus vähenee sekä siitä, miten suuri puuntuotanto saadaan aikaan ojitamatta, jatkuvan kasvatuksen menetelmillä.

Ohjauskeino todennäköisesti vähentää suometsää omistavan metsänomistajan nettotuloja, sillä hänen on joko maksettava ojitusveroa tai vaihdettava metsänhoitomenetelmää. On kuitenkin huomattava, että vaikka jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon siirtyminen vähentäisi puunmyyntituloja, metsänomistajan nettotulot (puunmyyntitulot vähennettynä metsänhoidon toimenpiteiden kustannuksilla) saattavat pienentyä vain hieman, jos jatkuvapeitteiseen metsänhoitoon siirrytään onnistuneesti. Metsänomistajalle koituu kustannuksia myös vesiensuojelutoimista, joilla veroa voi alentaa.

Ohjauskeinolla on myös vaikutuksia läpi puun arvoketjun: se todennäköisesti vähentää metsäkoneyrittäjien tuloja jonkin verran, ja nostaa metsäteollisuuden puunhankinnan kustannuksia, mikä heikentää kannattavuutta. Toisaalta nykyistä kunnianhimoisempi vesistöjen turvaaminen talousmetsissä tuottanee metsäteollisuudelle maine-etua lopputuotemarkkinoilla. Ojityön vähenemisen seurauksena ojitus- ja maanmuokkaustyötä tekevät yrittäjät menettävät työmahdollisuuksia.

Ohjauskeino tuottaa valtiolle verotuloja. Toisaalta ohjauskeino myötä valtion verotulot puunmyynnistä ja metsäteollisuudesta mahdollisesti vähenevät. Lisäksi valtiolle koituu kustannuksia ohjauskeinoon toimeenpanosta, valvonnasta ja mahdollisista sanktioista. Toisaalta ohjauskeino todennäköisesti parantaa vesistöjen tilaa huomattavasti ajan kuluessa, mikä tukee monien kiinteästi ekosysteemipalveluihin perustuvien elinkeinojen (kalastus, matkailu) kannattavuutta ja kasvattaa luontovirkistämisen hyvinvointivaikutuksia.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Perustuslain asettamista rajoituksista ojituksen haittaveron osalta eniten harkintaa edellyttäisi arvioitavia haittoja koskeva riittävä tarkkarajaisuus.

Toteutettavuus on uudisojitusten kiellon osalta suoraviivainen, mutta kunnostusojitusten luvanvaraisuuden osalta raskas. Lupakäytäntö vaatisi mahdollisesti merkittäviä henkilöresursseja toteutukseen.

Ohjauskeinoon hyväksyttävyyttä saattaa heikentää se, että ohjauskeino voi aiheuttaa osalle metsänomistajista huomattaviakin lisäkustannuksia. Toisaalta ojituksen aiheuttamat merkittävät vesistöhaitat on alettu tiedostaa metsäalalla, joten ohjauskeinoon tarpeelle löytynee ymmärrystä. Ojituksen haittaveron oli sidosryhmien keskuudessa vähiten kannatusta saanut ohjauskeino. Keskustelussa nähtiin, että kustannusten kohdentuminen on haittaverossa oikea, sillä aiheuttaja maksaa -periaate toteutuu. Toisaalta nähtiin, että haitan todentaminen ja valvonta on vaikeaa. Tuotiin myös esiin, että ojituksen väheneminen veisi töitä maanmuokkausurakoitsijoilta. Ojituksen haittaveron nähtiin myös maantieteellisen tasavertaisuuden kannalta haastavana, sillä Pohjanmaalla ja Kainuussa on enemmän suometsäalaa kuin muualla Suomessa.

Ojituksen haittaveron sai kansalaispaneelissa arvioiduista ohjauskeinoista vähiten kannatusta. Se nähtiin mahdollisesti hyödyllisenä keinona ojituksen vähentämiseen, mutta kansalaiset kannattivat ojituksen vähentämistä normiohjauksella huomattavasti enemmän. Kansalaispaneeli totesi, että ongelmana haittaverossa on esimerkiksi se, että suurilla toimijoilla olisi yhä edellytykset jatkaa ojittamista. Lisäksi paneeli ei pitänyt hyväksyttävänä periaatetta/ohjauskeinoa, joka mahdollistaisi ympäristölle haitallisen toiminnan maksua vastaan.

## **5.2.10 8. Maankäytön muutosten hinnoittelu, sisältäen ilmasto- ja luontovaikutukset**

### **Ohjauskeinoon kuvaus**

Maankäytön muutosten hinnoittelun ideana on maankäytön muutosten ilmastolle (ja mahdollisuuksien mukaan monimuotoisuudelle) aiheuttamien haittojen ja hyötyjen sisällyttäminen maanomistajien päätöksentekoon. Nykyisellään tyypillinen maanomistaja tekee päätöksiä

maankäytön muutoksista ilman ilmasto- tai luontonäkökohtien johdonmukaista huomiointia.

Maankäytön muutoksen tyypeistä ohjaukseen olisi perusteltua sisällyttää metsänhävitys, metsitys, turvetuotantoalueiden vettäminen ja suometsäkohteiden ennallistaminen. Ilmastohaitan ja -hyödyn määritellyssä voidaan huomioida puuston hiilivarastojen muutokset ja maaperäpäästöjen muutokset pitkälle tulevaisuuteen (diskontattuna) (Assmuth ym. 2022). Luontohaitan ja -hyödyn suuruutta taas voidaan haarukoida ekologisen kompensaation laskentamenetelmien avulla, tai ennallistamiskustannuksia arvioimalla. Ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutuksille annettavat painoarvot (hinnat) ovat viime kädessä poliittinen kysymys.

Vaihtoehtona ohjaukselle voidaan nähdä ekologisen kompensaation muuttaminen veloitettavaksi ja ulottaminen kaikkeen maankäytön muutokseen. Tällä saataisiin hinnoiteltua luontohaitta ja rahoitettua ennallistamista nettoheikentymättömyyteen asti. Toisaalta tämä jättäisi maankäytön ilmasto- ja vesistövaikutukset huomiotta, jollei näitä sisällytettäisi ekologisen kompensaation järjestelmään.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Toteutuessaan ohjauskeino voisi vaikuttaa merkittävästi erilaisten maankäytön muutosten taloudelliseen kannattavuuteen Suomessa.

Maankäytön muutosten hinnoittelu vähentäisi merkittävästi metsäkatoa, kunhan maksun taso olisi riittävä. Ilmastohaittaan perustuva hinnoittelu ehkäisisi erityisesti turvepeltojen raivausta, josta aiheutuu suuri hehtaariohtainen ilmastohaitta. Yleisemmin maankäytön muutosten ympäristövaikutusten hinnoittelu vähentäisi ennen kaikkea pellonraivauksesta ja maaseudulle sijoittuvista rakennushankkeista johtuvaa metsänhävitystä, koska näissä maan arvot ovat verrattain matalat. Jotta hinnoittelu vaikuttaisi metsänhävityksen kannustimiin asunto- ja infrarakentamisessa kasvukeskuksissa ja niiden liepeillä, maksun tason täytyisi olla hyvin suuri. Käytännössä merkittävässä osassa rakentamista metsänhävityksestä perittävä maksu olisi pikemminkin jonkinlainen hyvitysmaksu kuin este hankkeelle. Toisaalta on mahdollista, että hinnoittelulla olisi merkittävää ohjausvaikutusta suurilla pinta-aloilla vaativien uusiutuvan energian investointien ja niiden vaatiman sähkönsiirtoinfrastruktuurin sijoittumiseen ja toteutustapoihin (esim. tehdäänkö maakaapelointina vai ilmajohtona). Jos maankäytön muutosten hinnoittelussa olisi merkittävä luontohaittakomponentti, sillä voisi olla vaikutusta myös kasvukeskusten kaupunkirakenteen hajautumisilmiön hallitsemiseen ja lähiluonnon kustannuksella tapahtuvan tiivistämisen hallitsemiseen, sillä vuosikymmeniä pitkälti virkistykseen hyödynnetyissä taajamametsissä on usein talousmetsiä huomattavasti suurempia luontoarvoja.

Ohjauskeino lisäisi metsittämisen kannustimia. Mittakaavaan ja kohdistumiseen vaikuttaisi se, miten ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutusten suhteellinen tärkeys näkyisi hinnoittelussa. Kivennäismailla metsityksen ilmastovaikutus on tyypillisesti positiivinen (ks. toisaalta Ťupek ym. 2021), mutta monimuotoisuusvaikutus saattaa olla jopa negatiivinen, jos metsitys tapahtuu harvinaiseksi käyneissä ja siksi arvokkaissa elinympäristöissä kuten niityillä. Luontovaikutusten jonkinlainen arviointi olisikin tärkeää sisällyttää hinnoitteluun, silloinkin jos se perustuisi pääosin helpommin mitattaviin ilmastovaikutuksiin. Lisäksi on huomattava, että metsitystä on mielekkäintä tukea osana laajempaa maankäytön muutosten hinnoittelua; pelkkä metsitystuki ilman metsänhävityksestä veloitettavaa maksua tai veroa voi lisätä metsänhävityksen kannustimia maatalousmaan hinnan nousun kautta.

Ilmastovaikutukset huomioivana ohjauskeino edistäisi sitä, että turvetuotannosta vapautuvat alueet päätyisivät ilmaston kannalta järkevään jatkokäyttöön. Jos jäljellä oleva turvekerros on paksu, kohde olisi tyypillisesti lupaava vettämistä ajatellen, sillä metsitettynäkin maaperäpäästöt jatkuisivat pitkään. Metsittäminen taas voi olla kokonaistaloudellisesti (huomioiden sekä puuntuotannon että ilmastovaikutukset) kannattavaa, jos kohteen turvekerros on ohut.

Ohjauskeino toisi rahoitusta suometsäkohteiden ennallistamiseen. Ennallistaminen kohdistuisi sinne, missä kustannusvaikuttavuus on hyvä, eli ilmasto- ja luontohyödyt ovat suuret suhteessa puuntuotannon menetyksiin. Koska ennallistaminen olisi vapaaehtoista, ei kuitenkaan voida etukäteen varmistaa mitkä maanomistajat tähän mahdollisuuteen tarttuisivat.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeino edistää kustannustehokasta ympäristön tilan parantamista, koska maanomistaja saa itse tehdä päätökset maankäytön muutoksista huomioiden sekä yksityistaloudelliset hyödyt ja kustannukset että (ulkoisvaikutusten hinnoittelun myötä) ainakin osan niiden ympäristöhyödyistä ja -haitoista.

Ohjauskeino lisää kustannuksia ja saattaa tätä kautta käytännöllisesti katsoen estää yksityistaloudellisesti kannattavimpia maankäytön valintoja niillä maanomistajilla, joilla on pyrkimys muuttaa metsämaata muuhun käyttöön. Ohjauskeino vaikuttaa myös erilaisten rakennushankkeiden kannattavuuteen sitä alentavasti ja saattaa hankaloittaa maatilojen laajentamista sellaisilla alueilla, joilla osto- tai vuokratilan paikallinen saatavuus on huono. Asumisen hintaan ohjauskeinolla on todennäköisesti suhteellisen vähäinen vaikutus, koska vain pienehkö osa rakentamisen hinnasta muodostuu maapohjasta. Toisaalta ohjauskeino on tulonlähde niille maanomistajille, joilla on metsitykseen, vettämiseen tai ennallistamiseen kelpaavaa maata.

Lähtökohtaisesti valtio saa verotuloja ympäristölle haitallisista maankäytön muutoksista (metsänhävitys) ja kantaa kustannukset ympäristölle hyödyllisistä maankäytön muutoksista. Nettona valtio todennäköisesti keräisi ohjauskeinolla verotuloja, sillä metsänhävitys on viime vuosina ollut selvästi metsitystä laajamittaisempaa (ks. Kuva 21 selvityksen alaluvussa 3.3). Lisäksi hinnoittelu huomioisi sen, että hehtaaria kohti vältetyn metsänhävityksen ilmastohyöty on suurempi kuin metsityksen. Turvetuotantoalueiden ennallistamisessa olisi ainakin aluksi kyse pienistä pinta-aloista, mutta valtiolla on EU:n ennallistamisasetuksen myötä todennäköisesti kiinnostus lisätä alaa merkittävästi, sillä näin voidaan osittain vähentää ojitettujen turvepeltojen ennallistamisvelvoitetta.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Ohjauskeinoa ei välttämättä koettaisi hyväksyttäväksi niiden maanomistajien parissa, jotka haluaisivat raivata metsää muuhun käyttöön. Ohjauskeino ulottaisi ohjauksen maatalouden lisäksi muillekin sektoreille, mikä voisi parantaa maankäytön muutoksia koskevan sääntelyn tasapuolisuutta. Hyväksyttävyyshaasteissa on lisäksi selkeä alueellinen aspekti, sillä maksu vaikuttaisi metsänhävitystä vähentävästi ja siten aluetaloudellisesti haitallisesti varsinkin maaseudulla; kasvukeskuksissa rakennusmaan arvo on niin suuri, ettei melko voimakaskaan ympäristöhaittojen hinnoittelu välttämättä muuta maankäytön päätöksiä. Alueellisten erojen vuoksi maksun summan voisi sijoittaa maan käypään hintaan eli markkinahintaan kyseisellä alueella huomioiden ohjauskeinon oikeasuhtaisuuden vaatimuksen. Tämä turvaisi myös yhdenvertaisuuden. Toisaalta tällöin poikettaisiin pyrkimyksestä sijoittaa taloudellinen ohjaus

ympäristövaikutusten suuruuteen. Käytännössä ohjauskeinoon suunnittelu edellyttäisikin tasa-painottelua ympäristöllisen vaikuttavuuden ja oikeudenmukaisuuden välillä.

Ohjauskeinoon täysipainoinen toteutettavuus edellyttää tietopohjan kehittämistä ainakin metsikkökohtaisen maaperätiedon (maaperätyyppi, turvekerroksen syvyys) ja siihen pohjautuvan ilmastovaikutuksen laskennan osalta. Monimuotoisuuden osalta voitaisiin hyödyntää Zonation-paikkatietoaineistoa. Ohjauskeino olisi mahdollista ottaa käyttöön ensin yksinkertaisemmassa muodossa, esimerkiksi soveltamalla ilmastohaitan osalta kivennäismaa/turvemaa - jaottelua ja Zonation-pohjaista indeksilukua kohteen luontoarvolle. Hinnoittelu kannattaisi aloittaa riittävän matalalta, seurata vaikutuksia ja tarvittaessa voimistaa ohjausta. Ohjauskeinoon toimenpano edellyttäisi resursseja neuvontaan, valvontaan ja hallintoon.

Ohjauskeino lukeutui sidosryhmien keskuudessa eniten kannatusta saaneiden joukkoon. Työpajan osallistujissa ohjauskeino ei vastustettu. Keskustelussa nähtiin, että ohjauskeino on yleisesti hyväksyttävä ja tehokas keino metsäkatoon puuttumiseksi. Ohjauskeinoon nähtiin kattavan laajan kokonaisuuden erilaisia toimia, mikä edistää sen vaikuttavuutta. Lisäksi sen etuna nähtiin kannustavuus, sillä se ei sisällä pelkästään sanktioita. Yksi sidosryhmien edustaja myös esitti, että ohjauskeino perustuu hyvin nykytietoon ennallistamisen merkityksestä.

## **5.2.11 9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki**

### **Ohjauskeinoon kuvaus**

Paahdeympäristöt ja lehdot muodostavat vain pienen osan Suomen metsäpinta-alasta, mutta ylläpitävät monien harvinaistuneiden lajien kantoja ja ovat siten monimuotoisuuden kannalta hyvin tärkeitä. Toteutuessaan lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suoja- vyöhykkeiden ja -kaistojen lisäämisen osalta (ohjauskeino 4a) auttaisi nykyistä paremmin turvaamaan näitä ympäristöjä, erityisesti lehtoja, voimakkailta hakkuilta. Tämä ei kuitenkaan vielä riitä turvaamaan näiden luontotyyppien tilaa, vaan tarvitaan myös niiden aktiivista hoitoa keskeisten ominaispiirteiden säilyttämiseksi ja tuottamiseksi. Lehtipuuvaltaisissa, varttuneissa lehdossa luonnonhoidon tavoitteena on säilyttää lehtipuuosuus tai lisätä sitä ja estää kuusetuminen, säilyttää tärkeät rakennepiirteet, järeät elävät puut ja lahoppuusto sekä lisätä metsikön aukkoisuutta. Paahdeympäristöissä taas olennaista on pitää puusto verraten avoimena, metsänpohja hyvin valoisana sekä maaperä ja kasvillisuus melko karuna; hoitotoimenpiteitä voivat olla puuston varovainen harventaminen (kuitenkin vanhimpia puuyksilöitä säästäten) ja sen yhteydessä hakkuutähteen poistaminen, sekä metsänpohjan kulottaminen.

Olisikin perusteltua kehittää tulosperusteisia tukia motivoimaan metsänomistajia oikeanlaisiin hoitotoimiin. Kannustavuuden lisäämiseksi tukien olisi oltava kustannuksia suurempia. Tukien kohdistuksessa voitaisiin hyödyntää prioriteettipisteytystä, joka huomioi sekä kohteen laadun että hoitotarpeen, ja jolla varmistettaisiin, että rahoitus kanavoituisi otollisimpiin kohteisiin<sup>17</sup>. Lehtojen luonnonhoidon tulosperusteisen tuen osalta asia jo eteneekin, sillä eduskunta hyväksyi joulukuussa 2025 hallituksen esityksen (104/2025 vp), jonka mukaisesti kannustejärjestelmälakiin lisätään tulosperusteisten tukien ja ympäristöllisten tarjouskilpailujen kokeilua koskevat säännökset. Kokeiltavat kohteet näille uudelle tukimuodolle ovat taimikon ja nuoren metsän hoidon tuen korottaminen kokonaispuuston lehtipuuosuuden perusteella,

---

<sup>17</sup> Ks. <https://tapio.fi/projektit/lehtokartoituksen-kaytantojen-kehittaminen/>

suojavyöhykkeen jättäminen arvokkaiden virtavesien varrelle, suon aktiivinen ennallistaminen ja lehdon luonnonhoito. Lehtojen luonnonhoidon kokeilu alkaa kirjoitushetkellä olleen tiedon mukaan heinäkuussa 2026 ja jatkuu vuoden 2029 loppuun.<sup>18</sup>

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Koska ohjauskeinon piirissä tuetut toimet ovat vapaaehtoisia, ei voida etukäteen varmistaa ketkä metsänomistajat näihin tarttuvat. Käytännössä olisi seurattava vaikutuksia ja iteratiivisesti päivitettävä tukitasoa (aloitetaan matalalta, tarvittaessa nostetaan) ja informaatio-ohjausta haluttujen kohteiden mukaan saamisen edistämiseksi.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Tulosperusteisuus ja priorisointia hyödyntävä kohdentaminen edistävät monimuotoisuuden turvaamisen kustannustehokkuutta.

Ohjauskeinon vaikutukset puuntuotantoon ovat todennäköisesti vähäiset. Valtiolle koituu tuista kustannuksia. Hankkeessa ei tuotettu euromääräistä arviota kustannuksista.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Vapaaehtoisuuteen perustuvana ohjauskeino on metsänomistajien ja perustuslain näkökulmasta helposti hyväksyttävä. Tukitason houkuttelevuus ja järjestelmän ymmärrettävyys vaikuttavat siihen, missä määrin metsänomistajat tarttuvat mahdollisuuteen hakea tällaista tulosperusteista tukea.

## **5.2.12 10. Metsähakevero**

### **Ohjauskeinon kuvaus**

Metsähakkeen<sup>19</sup> käyttäjiltä yli 5 MW:n laitoksissa kannettava energia- tai energiasisältövero<sup>20</sup>. Metsähake (ja muu biomassa pl. mäntyöljy) on tällä hetkellä lämmityskäytössä verotonta,

---

<sup>18</sup> Ks. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/metka-tuet/tulosperusteisten-tukien-ja-tarjouskilpailujen-kokeilu>

<sup>19</sup>Luken tilastojen mukaan: "Metsähake on polttohaketta tai -mursketta, jonka valmistukseen voidaan käyttää kaikkea metsästä saatavaa puuta, kuten runkopuuta, latvuksia, oksia, neulasia, lehtiä, kantoja ja juurakoita. Metsähake on haketuspaikasta riippumatta aina suoraan metsästä tulevaa puuta, eikä minäkään teollisuusprosessin sivutuotetta (esim. sahauspinnoista tehty hake ei ole metsähaketta vaan teollisuuden puutähdehaketta)."

<sup>20</sup> Vaihtoehtoinen tapa rajata vero on ulottaa se kaikkiin kiinteisiin puupolttoaineisiin, jolloin veron piiriin tulisivat myös metsäteollisuuden sivutuotejakeet (erityisesti kuori, sahanpuru, teollisuushake), sekä joitain määrittäen huomattavasti pienempiä ositteita, kuten puupelletit, brikitit ja kierrätyspuu. Vielä laajempi rajaus ottaisi veron piiriin sellunkeiton sivutuotteena syntyvän mustalipeän. Tässä ohjauskeinokokonaisuudessa valinta kohdistui metsähakeveroon, sillä valituilla ohjauskeinoilla pyritään kannustamaan toimenpidekokonaisuuteen valittujen toimenpiteiden toteuttamiseen, tässä tapauksessa toimenpiteen "Hillittää runkopuun ja hakkuutähteiden korjuuta metsähakkeeksi". Sivutuotejakeiden polton vero kannustaisi hyödyntämään materiaaleja korkeamman arvonlisän tuotteiksi, myötävaikuttaen mahdollisesti toimenpidekokonaisuuden tavoitteiden toteutumiseen. Toimenpide- ja ohjauskeinokokonaisuuksista on kuitenkin rajattu ulos tällaiset teollisuuden prosessit ja niihin vaikuttaminen, painon ollessa metsien käytön ja suojelun käytänteissä.

mikä tuottaa sille kilpailuedun. Metsähakevero vähentäisi tätä kilpailuetua ja kannustaisi kunnallisia lämpölaitoksia investoimaan sähkökattiloihin ja lämpöpumppuihin. Vero ei kieltäisi energiapuuhakkuita, hakkuutähteiden korjaamista, eikä metsähakkeen tuotantoa tai käyttöä. Vero kuitenkin muuttaisi puun hintasuhteita jalostuksessa ja energiantuotannossa, ja siten vähentäisi kannusteita korjata ainespuuta energiapuuksi. Siten suurempi osa ainespuusta ohjautuisi jatkojalostukseen. Vero vähentäisi myös kannusteita korjata kuollutta puuta ja järeitä lehtipuita, joiden korjaamisen kieltämistä esitämme ohjauskeinossa 1a.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Pakottavan vero-ohjauksen voidaan katsoa olevan vaikuttavaa ja luotettavaa, kunhan veron taso on riittävä ja verojen suorittamista pystytään riittävästi valvomaan ja väärinkäytöksistä sanktioimaan.

Vero vähentää metsähakkeen käyttöä, mutta kuten Muilu ym. (2024) toteavat, metsähakkeen muuttuvan käytön vaikutukset ovat erilaiset hakkuutähteiden ja energiarunkopuun osalta. Heidän mukaansa hakkuutähteiden polton vähentyminen pienentäisi todennäköisesti hieman ilmastonettopäästöjä, koska hiilidioksidi vapautuisi metsässä hajoavista hakkuutähteistä hitaammin kuin mitä poltettaessa tapahtuu. Hakkuutähteistä suurempi osa jätettäisiin metsiin, mikä voisi myös pienentää maaperän ravinnetappioita, ja täten nopeuttaa puuston kasvua. Energiaksi käytettävän runkopuun vähentyessä kokonaihakkuumäärät voivat pienentyä, mutta tätä vaikutusta pienentää se, että hakkuiden määrää kokonaisuudessaan ohjaa pääasiassa ainespuun kysyntä, johon metsähakevero ei vaikuta. Vero voi toisaalta muuttaa metsähakkeen ja ainespuun hintasuhteita niin, että ainespuuksi kelpaavaa puuta myydään vähemmän polttoon, ja enemmän jalostettavaksi. Tällä voidaan ajatella olevan metsäteollisuuden raaka-ainehankintaa helpottava vaikutus.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Ohjauskeinon kustannukset metsänomistajalle muodostuvat pääosin veron kautta menetetyistä tuloista energiapuusta ja hakkuutähteistä.

Ohjauskeino tuottaa valtiolle verotuloja, jotka olisivat karkeasti arvioiden noin 70 miljoonaa euroa vuodessa (ks. arvion laskuperusteet Liitteessä B). Toisaalta ohjauskeinon myötä valtion verotulot metsähakkeen myynnistä laskevat. Lisäksi valtiolle koituu kustannuksia ohjauskeinon toimeenpanosta, valvonnasta ja mahdollisista sanktioista. Veron myötä metsähakkeen käytön kustannukset nousevat lämmöntuotannossa, mikä vaikuttaa energijärjestelmään ja voi näkyä lyhyellä aikavälillä kaukolämmön korkeampana hintana. Muilu ym. (2024) arvioivat että 10,33 €/MWh vero kaikelle biomassan lämmityskäytölle (mutta huomioiden sähkön ja lämmön tuotannon veroedun) nostaisi Suomessa kaukolämmön hintaa keskimäärin 8 %. Pelkän metsähakeveron tapauksessa tämä luku olisi kuitenkin pienempi, sillä metsähake kattaa vain noin puolet kaukolämmön biomassapolttoaineista. Pidemmällä aikavälillä metsähakevero vaikuttaa lisääntyneinä investointeina puhtaaseen tuotantoon, kuten sähkökattiloihin ja lämpöpumppuihin.

## Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus

Ohjauskeino on toteutettavuuden kannalta helppo, koska sääntely ja valvonta kohdistuu polttolaitoksiin eikä toimintaan metsissä.

Veronkannon toteutettavuus olisi todennäköisesti suhteellisen suoraviivaista, kun vero kohdistetaan isohkoihin (yli 5 MW:n) voimaloihin. Hyväksyttävyyden osalta haasteen aiheuttaa mahdollisesti nouseva kaukolämmön hinta.

### 5.2.13 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä

#### Ohjauskeinojen kuvaus

Koska tarkastelussa valtion tavoitteena on aikaansaada merkittävä muutos metsänhoidossa, on luontevaa nähdä, että myös valtionmetsissä otettaisiin nämä toimet käyttöön vähintään yhtä kunnianhimoisesti kuin yksityismetsissä.

Lähtökohtaisesti valtionmetsien tapauksessa ei tarvita ohjauskeinoja, vaan metsänhoitoa voitaisiin suunnata suoralla omistajaohjauksella. Voisi kuitenkin olla luontevaa, että metsänhoidon ohjaus tehtäisiin myös valtion omistamissa metsissä pääosin samoja ohjauskeinoja käyttäen.

Muutokset vaativat Metsähallituksen tulostavoitteen sopeuttamista. Toisaalta perusvaatimusten täyttämistä seuraavan tason ylittävien hiilinielujen arvo voitaisiin huomioida Metsähallituksen tuloslaskelmassa.

Valtion metsiä koskien ohjauskeinoista linjattaisiin seuraavasti:

1a. Valtion metsissä vaatimukset a) lehtipuun säästämiseksi taimikonhoidossa ja harvennuk-  
sissa, b) riittävästä säästöpuu-määrästä (ml. hyvin suuret ja vanhat puut), c) lahoppuun turvaa-  
miselle (hajottamiselta tai korjuulta energiapuuksi) ja d) riittävälle teko-pökelömäärälle ase-  
tettaisiin lähtökohtaisesti vastaamaan toimenpidekokonaisuudessa esitettyjä **maltillisten toi-  
mien** tasoja. Niissä valtion metsissä, joissa ohjauskeinossa 1b käytetyn pisteytyksen (pisteitä  
voi saada esim. suojelualueeseen tai arvokkaaseen elinympäristöön kytkeytyneisyydestä, kas-  
vupaikan rehevyydestä, puulajikoostumuksesta (lehtipuuvaltaisuus) ja pinta-alasta) mukainen  
pistemäärä on riittävän suuri, käytettäisiin voimakkaamman kohdistuksen toimien tasoja.

1b. Valtion metsissä ei myönnettäisi ohjauskeinossa esiteltyä tukea.

2. Valtion metsien hoidossa käytettäisiin harvennuskäytännöt ja päätehakkuun rajoja, jotka hu-  
omioivat ilmastonmuutoksen hillintähyödyt ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen tarpeet. Hil-  
lintähyödyt laskennassa käytettävä hiilivirtojen hinnoittelu määritellään erikseen.

3. Edellä kuvattujen toimien mukaisen hiilensidonnan ylittävän hiilensidonnann laskennallinen  
arvo huomioitaisiin tulona Metsähallituksen tuloslaskelmassa.

4a. Valtion metsissä noudatettaisiin FSC-sertifikaatin mukaisia suojeltavien luontokohteiden ja  
vesistöjen suojavyöhykkeiden rajoja. Ekologisesti arvokkaissa kohteissa otettaisiin käyt-  
töön ekologisten perusteiden määrittelyt suojavyöhykkeet, esimerkiksi keskimäärin 50 metriä.

4b. Valtion metsissä luontokohteisiin ja suojavyöhykkeisiin liittyvistä tulonmenetyksistä ei  
myönnetä korvauksia.

5. Metso-suojelu ei koske valtion hallinnoimia metsiä. Lisäsuojelu kohdistetaan valtion metsiin samojen kriteerien perusteella kuin yksityismetsissä. Samanarvoisten suojelukohteiden tapauksessa suojellaan ennemmin valtion metsää kuin muiden omistamaa metsää. Valtion mailla suojellaan kaikki vanhat sekä luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset metsät. Viime kädessä valtion metsien suojelun avulla varmistetaan kansallisesti riittävään suojelutasoon pääseminen, tosin Etelä-Suomen osalta tavoitteisiin pääsy vaatii suurempaa nojautumista yksityisen metsän suojeluun saamiseen Metso-ohjelman kautta.

6. Valtio ei uudisojita, ja siirtyy suometsissä ja alavilla kankailla jatkuvapeitteiseen kasvatukseen kunnostusojitustarpeen ja vesistöhaittojen minimoimiseksi ja tekee vesiensuojelutoimet kunnostusojitusten yhteydessä.

7. Valtio ei maksa ojituksesta haittaveroa, mutta sitoutuu kohdassa 6 kuvattuihin linjauksiin.

8. Valtion maat eivät ole maankäytön muutosten hinnoittelun piirissä, mutta niillä sovelletaan erikseen kehitettäviä kriteereitä, joissa huomioidaan maankäytön muutosten ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutukset.

9. Valtio suorittaa tarvittavat hoitotoimenpiteet kaikissa lehdoissa ja paahdeympäristöissä, joissa niillä on saavutettavissa ekologista hyötyä.

### **Vaikuttavuus ja luotettavuus**

Koska ohjauskeino sisältää elementtejä lähes kaikista yksityismetsiin suunnattavista ohjauskeinoista, se voi vaikuttaa laajasti ja monipuolisesti ympäristön tilaan valtionmetsien ja niiden valuma-alueiden osalta. Valtio pystyy linjaamaan omien maidensa käytöstä hyvinkin tarkasti, joten haluttaessa vaikuttavuus ja luotettavuus ovat hyvät.

Valtio voi myös lisätä toimia valtionmetsissä, jos ilmenee että yksityismetsissä ei kaikilta osin päästä tavoitteisiin.

### **Kustannukset ja valtiontalous**

Kustannukset muodostuvat pääosin puuntuotannon vähenemisestä. Puuntuotannon väheneminen näkyy Metsähallituksen tuloksessa ja vaatii Metsähallituksen tulostavoitteen sopeuttamista, mikä lisää painetta valtion budjettiin. Puuntuotannon väheneminen aiheuttaa kustannuksia myös metsäteollisuudelle ja muille toimialoille. Metsäteollisuuden puunhankinnan kustannukset kohoavat, mikä heikentää kannattavuutta. Lämpövoimaloiden puupolttoaineen saatavuus vähenee. Negatiiviset vaikutukset voivat näkyä erityisesti aluetalouksien tasolla.

Toisaalta Metsähallituksen luontopuoli voi hyötyä esimerkiksi virkistystoiminnan edellytyksien parantumisen kautta, mikä heijastuu myös luontomatkailun mahdollisuuksiin. Virkistystoiminnan ja matkailun edellytykset paranevat sekä metsäisissä ympäristöissä että vesistöjen äärellä. Luonnon hyvinvointivaikutukset voivat näkyä valtiolle pienempinä sosiaali- ja terveydenhuollon kustannuksina ja parempana työn tuottavuutena. Toimet myös lisäävät Suomen hiilinielua, vähentäen täten tarvetta tehdä vaihtoehtoisia nielujen kompensointitoimia, joita tarvitaan, jos EU:n LULUCF-nielutavoitteisiin ei päästä.

### **Hyväksyttävyyys ja toteutettavuus**

Valtion metsien esimerkinomainen toiminta oli kannatetuimpia ohjauskeinoja sidosryhmien keskuudessa. Sidoryhmien edustajissa ohjauskeinoa ei vastustettu. Keskustelussa nähtiin,

että valtion metsien käyttöön on helppo vaikuttaa omistajaohjauksella ja että useat keinoista ovat jo ainakin kokeiluasteella. Ohjauskeinon rajoitteena nähtiin, että valtion metsät sijaitsevat pääosin Pohjois-Suomessa ja ovat karuja, minkä vuoksi niiden potentiaali sitoa hiiltä on rajallinen. Tämän lisäksi todettiin, että valtion metsistä suuri osa on jo suojeltuja tai metsätalouuskäytön ulkopuolella. Keskustelussa mainittiin myös, että valtion mailla tapahtuva metsätalous työllistää jonkin verran ihmisiä syrjäisillä seuduilla.

Kansalaispaneeli arvioi eritoten suojelutoimien lisäystä valtion omistamissa metsissä ja näki, että ohjauskeino tulisi ottaa käyttöön, sillä valtio omistaa paljon suojelun arvoista metsää. Ohjauskeinon etuna nähtiin, että sen voisi ottaa käyttöön nopeasti. Suojelun nähtiin edistävän luonnon monimuotoisuuden lisäksi myös hiilivarastoja. Yleisesti nähtiin reiluna, että valtio näyttää esimerkkiä omista metsissään, mikäli odottaa yksityismetsänomistajilta toimia ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi. Paneeli korosti, että lisäsuojelun kautta parantuvat virkistysmahdollisuudet voivat tuoda myös epäsuoria taloudellisia hyötyjä, sillä metsissä ulkoilu voisi edistää kansanterveyttä.

### 5.2.14 12. Tarkemmasta arvioinnista poisjätetyt ohjauskeinot

Ohjauskeinoarvioinnin kuluessa päädyttiin jättämään osa ohjauskeinoista perusteellisemman arvioinnin ulkopuolelle. Perustelut päätöksiin on kuvattu alla (Taulukko 62).

**Taulukko 62.** Poisjätetyt ohjauskeinot ja perustelu poisjätölle

Poisjätettävä ohjauskeino	Perustelu
Jatkuvapeitteisen metsänhoidon tuki suometsissä	Päällekkäinen muiden ohjauskeinojen kanssa (uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus, ojitusvero); useissa tapauksissa tarpeeton koska kannattavaa ilmankin
Avohakkuiden kieltäminen ojiteuissa rehevissä suometsissä	Päällekkäinen muiden ohjauskeinojen kanssa (uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus, ojitusvero); vaikea määritellä milloin ilmasto- ja luontoperusteet kieltämiseen riittävän vahvat
Vesiensuojelukosteikkojen perustamisen tuki	Päällekkäinen muiden ohjauskeinojen kanssa (vesiensuojelukosteikot sisällytetty kunnostusojitusluvan edellytyksiin ja tapoihin alentaa ojitusveron tasoa)
Kulutuksen tuki	Kustannukset kattava tuki jo olemassa; kulotusmääriä rajoittaa osaavien tekijöiden puute

### 5.3 Ohjauskeinojen taloudellisten vaikutusten yhteenveto

Ohjauskeinojen taloudelliset vaikutukset kotitalouksille ovat kotitalouskohtaisia. Vaikutuksia on erityisesti metsää omistaville kotitalouksille, mutta myös energian hintamuutosten ja julkistalouden muutosten kautta, mitä tarkastellaan alla erikseen.

Osalle metsänomistajista päätehakkuiden lakisääteisten läpimitta- ja ikärajojen käyttöönotto voisi aiheuttaa kustannuksia puunmyyntitulojen viivästymisen takia. Säästöpuut ja tekopökkelöt aiheuttavat suoraa tulonmenetystä mutta sen suuruus vaihtelee paljon kohteittain. Voimakkaiden toimien alueella näistä kustannuksista katetaan osa valtion varoin. Samoin toimitaan luontokohteisiin ja suojavyöhykkeisiin liittyvien tulonmenetysten osalta. Hiilikorvauksesta ja erikoiskohteiden hoidosta metsänomistaja voi saada tuloa. Ojituksen ohjauksesta sen sijaan syntyy kustannuksia mutta vain pienelle osalle metsänomistajista. Kokonaisuutena vaikutukset metsänomistajien tuloihin voivat olla negatiivisen sijasta positiivisetkin riippuen siitä, kuinka merkittäviä hiilikorvauksia näille maksetaan. Kepin ja porkkanan käyttö on esitetyn ohjauskeinopakettien osalta valinta, jolla sen julkistaloudellisia kustannuksia pyritään hillitsemään.

Kotitalouksiin, joilla ei ole metsäomistuksia, toimenpiteet ja ohjauskeinot vaikuttavat lähinnä kaukolämmön mahdollisen kallistumisen myötä, kun puun hinta nousee ja metsähakkeen poltolle asetetaan vero.

Yrityksiin kohdistuvat taloudelliset vaikutukset riippuvat niiden toimialasta. Koska ohjauskeinot kohdistuvat pääsääntöisesti metsänomistajiin, ei ohjauskeinoista yleisesti seuraa erillisiä vaikutuksia yrityksille, jolleivät nämä omista metsää. Taloudelliset vaikutukset yrityksille syntyvät puun tarjontapotentiaalinen alenemasta ja näitä kustannuksia on tarkasteltu toimenpidekokonaisuuden taloudellisten vaikutusten yhteydessä jaksossa 4.6. Metsähakkeen polttamiseen kohdistuva vero on ohjauskeinoista ainoa, joka kohdistuu erityisesti yrityksiin. Vero lisää metsähaketta energiantuotantoon käyttävien yritysten kustannuksia. Jos yritys voi siirtää veron lämmön hintaan, kustannukset voidaan siirtää osittain tai kokonaan lämmön kuluttajille.

Suurin osa tarkastelluista ohjauskeinoista pienentäisi metsien hakkuita, erityisesti lyhyellä aikavälillä, ja vähentäisi tämän takia valtion verotuloja puunmyynnistä, metsäteollisuudesta ja muilta metsäteollisuuden kytkeytyviltä toimialoilta. Valtion metsien käyttöä koskeva ohjauskeino vähentäisi Metsähallituksen valtiolle tulouttamaa summaa.

Osa ohjauskeinoista edellyttäisi myös valtion suoraa rahoitusta maanomistajille maksettaviin tukiin tai korvauksiin tulonmenetyksistä. Erityisesti hiilikorvaukset voisivat aiheuttaa valtiolle merkittäviäkin kustannuksia korvaustasosta riippuen. Tätä hillitsee se, että hiilitukijärjestelmällä on ohjauskeinokokonaisuudessa täydentävä rooli. Toisaalta ojituksen haittavero, maankäytön muutosten hinnoittelu ja metsähakevero tuottaisivat valtiolle verotuloa.

Ohjauskeinojen suunnitteluun, käyttöönottoon ja valvontaan liittyisi myös merkittäviä hallinnollisia kustannuksia. Ohjauskeinojen onnistunut käyttöönotto vaatisi myös lisää resursseja metsänomistajille ja metsäammattilaisille kohdistettavaan neuvontaan. Teknologian kehittyminen esimerkiksi kaukokartoituksen osalta voisi osaltaan auttaa hillitsemään valvontakustannuksia.

## 5.4 Ohjauskeinoarvioinnin yhteenveto

**Vaikuttavuuden** osalta useimmat ohjauskeinot ovat siinä mielessä hyviä, että niiden arvioitiin vaikuttavan selkeän positiivisesti tai positiivisesti kaikkiin tai lähes kaikkiin ympäristöolottuuksiin (monimuotoisuus, vesistöt, ilmasto). Erityisen hyviä tästä synergianäkökulmasta olivat 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus, 7. Ojituksen haittaverot ja 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä. Negatiivisen ympäristövaikutuksen mahdollisuus tunnistettiin vain 9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteisen tuen osalta (vaikutus ilmastomuutoksen torjuntaan), mutta tämän vaikutuksen mittakaava on hyvin pieni.

**Taloustieteellisestä näkökulmasta** ohjauskeinoilla on erilaisia vaikutuksia eri eturyhmien ja valtion nettotuloihin. Näin ollen ohjauskeinoja ei voi asettaa paremmuusjärjestykseen ottamatta kantaa siihen, kenen intressit ovat tärkeimpiä. Kustannustehokasta ympäristön tilan parantamista edistäviä ohjauskeinoja olisivat todennäköisesti erityisesti ne, joissa hyödynnetään tulosperusteisia elementtejä: 3. Metsien hiilitukijärjestelmä, 7. Ojituksen haittaverot, 8. Maankäytön muutosten hinnoittelu ja 9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki.

**Hyväksyttävyyden** kannalta suotuisimmat ohjauskeinot sekä sidosryhmätyöpajojen että kansalaispaneelin perusteella olivat 1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävää säästöpuumäärää ja lahoppuun turvaamisesta, 2. Lakisääteiset päätehakuiden ikä- ja läpimittarajat, 5. METSO-suojelun laajentaminen, 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus, 8. Maankäytön muutosten hinnoittelu ja 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä. Tämän lisäksi ohjauskeino 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta sai korkean kannatuksen sidosryhmien edustajilta, mutta sitä ei arvioitu kansalaispaneelissa. Vähiten kannatusta sai ohjauskeino 7. Ojituksen haittaverot.

**Toteutettavuuden** osalta ohjauskeinojen välillä oli suuria eroja, sillä osa arvioitiin melko helppoiksi ja osa hieman tai selkeästi haastaviksi. Helpoimmiksi arvioitiin sellaiset ohjauskeinot, jotka ovat toteuttavissa yksinkertaisin lakimuutoksilla ja aiempiin järjestelmiin nojaten (esim. 2. Lakisääteiset päätehakuiden ikä- ja läpimittarajat, 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta ja 5. METSO-suojelun laajentaminen) tai jotka ovat pistekuormitusluonteen vuoksi suoraviivaisia (10. Metsähakeverot). Sen sijaan tulosperusteisuutta sisältävät ohjauskeinot arvioitiin toteuttamisen kannalta haastaviksi, mikä johtuu merkittävistä mittaamisen, valvonnan ja neuvonnan tarpeista.

**Yhteenvetona** voidaan todeta, että ohjauskeinoilla on keskenään erilaisia vahvuuksia ja heikkouksia. Ohjauskeinoarvioinnin eri ulottuvuuksille, ja tulonjakovaikutuksille, annettavat painoarvot ovat viime kädessä poliittinen kysymys, joten tutkimuspohjalta ohjauskeinoja ei useinkaan voi asettaa keskenään paremmuusjärjestykseen.

**Taulukko 63.** Yhteenveto ohjauskeinojen arvioinnista eri ulottuvuuksilla

	Vaikuttavuus			Taloudelliset vaikutukset toimijoihin			Hyväksyttävyy	Toteutettavuus
	Monimuotoisuus	Vesistöt	Ilmasto	Metsänomistajat	Metsäteollisuus	Julkinen valta		
1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämisestä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta	++	+	+	--	-	-	+	Haastava
1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiselle tuki	++	+	+	+	-	--	+	Hieman haastava
2. Lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimitarajat	+	+	+	-	-	Neutraali	++	Helppo
3. Metsien hiilitukijärjestelmä	+	Epävarma	++	++	-	--	+	Haastava
4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta	++	++	+	-	-	Neutraali	+	Helppo
4b. Korvaus 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	+	Neutraali	--	+	Helppo
5. METSO-suojelun laajentaminen	++	++	+	+	-	--	++	Helppo
6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus	++	++	++	-	-	-	++	Hieman haastava
7. Ojituksen haittaverot	++	++	++	-	-	+	-	Haastava
8. Maankäytön muutosten hinnoittelu	++	+	++	+/- Hyödyistä tuloja ja haitoista menoja.	Neutraali	Verotuloja ja tukimenoja	+	Haastava
9. Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki	++	+	Vähäinen, mahdollisesti negatiivinen	+	Neutraali	-	++	Hieman haastava
10. Metsähakevero	++	+	Ei vaikutusta	-	+	+	-	Helppo
11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä	++	++	++	Neutraali	-	-	+	Helppo

## 6 Poliittikasuosituksset

*Jussi Lintunen, Sampo Pihlainen ja Aino Assmuth*

Toimenpidekokonaisuuden ja sen edistämiseksi tarvittavien ohjauskeinojen taustalla ovat hankkeen tehtävänannossa Suomen metsille asetetut kunnianhimoiset ympäristötavoitteet (ks. alaluku 1.1). Työssä tarkasteltiin, millaisia muutoksia metsien käytössä tarvittaisiin luonto-, vesistö- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi, ja muodostettiin tämän pohjalta toimenpidekokonaisuus, jossa pyrittiin hyödyntämään synergioita eri ympäristötavoitteiden välillä ja huomioimaan myös puun käytön kansantaloudellinen merkitys. Esitetty toimenpidekokonaisuus ei ole niinkään valmis ehdotus kuin keskustelunavaus, jolla selvitykset kirjoittajat kutsuvat metsien parissa työskenteleviä asiantuntijoita pohtimaan yhdessä Suomen metsien käyttöön liittyviä, joskus keskenään ristiriitaisia tavoitteita ja mahdollisuuksia niiden yhteensovittamiseksi.

Työssä tarkasteltiin, minkälaisia vaikutuksia hahmotellulla toimenpidekokonaisuudella olisi puun saatavuuteen ja käyttöön, talouteen, ja erilaisiin ekosysteemipalveluihin. Lisäksi luonnosteltiin ohjauskeinoja, joilla toimenpidekokonaisuus voitaisiin saada toteutettua, ja arvioitiin näitä monitieteisesti. Kävi ilmi, että **toimenpidekokonaisuuden toteuttamisella olisi merkittäviä taloudellisia kustannuksia**, jotka näkyisivät metsäsektorin alentuneena arvonlisänä ja menetettyinä työpaikkoina. Nämä heijastuisivat myös julkistalouteen pienentyneinä verotuloina. Lisäksi osa tarkastelluista ohjauskeinoista johtaisi suoriin lisämenoihin valtiolle, ja kaikkiin niistä liittyisi jonkinlaisia hallinnollisia kustannuksia. Toisaalta **toimenpidekokonaisuus vaikuttaisi pääosin positiivisesti lähes kaikkien metsiin liittyvien ekosysteemipalveluiden tuotantoon Suomessa** (ks. Taulukko 59). Ekosysteemipalveluiden parantumisen taloudellisen arvon määrittäminen on hyvin haastavaa ja sisältää paljon epävarmuuksia (ks. alaluku 4.5.3), mutta vaikutuksen suuruusluokka olisi todennäköisesti huomattava. Selvityksen keskeisiä tuloksia onkin, että jos Suomen kansainvälisiä ympäristösitoumuksia halutaan noudattaa, tarvittavat muutokset metsien käytössä – ja näistä seuraavat kustannukset ja hyödyt – voivat olla merkittäviä.

Hankkeessa tarkasteltu ohjauskeinovalikoima on koostettu siitä näkökulmasta, että kaikille toimenpidekokonaisuuden toimenpiteille olisi valittavissa käyttöönottoa edistävä ohjauskeino. Jos toimenpidekokonaisuus halutaan toteuttaa kaikilta tai suurimmalta osin (ja näin mahdollistaa pääseminen hankkeen lähtökohtina toimiviin ympäristötavoitteisiin), tarvitaan kaikkia taulukossa 63 lueteltuja ohjauskeinoja, kuitenkin sillä poikkeuksella, että ohjauskeinoista keskenään vaihtoehtoisia ovat 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus ja 7. Ojituksen haittavero.

Toimenpidekokonaisuuden kattava edistäminen edellyttäisi siis noin yhdentoista ohjauskeinoon toimeenpanoa (riippuen siitä, päätetäänkö ohjauskeino 4a:sta metsänomistajille koituvat tulonmenetykset korvata: ohjauskeino 4b). On selvää, että näin monen ohjauskeinoon, joista merkittävä osa on nykyiseen sääntely-ympäristöön nähden täysin uusia, toimeenpano aiheuttaisi hallinnollisia ja valtiontaloudellisia haasteita. Todennäköisesti olisikin järkevää **ottaa ohjauskeinoja käyttöön asteittain**, aloittaen helpoimmin toteutettavista ja kustannustehokkaimmista.

Tietyt ohjauskeinot näyttävät positiivisina lähes kaikilla tarkastelu-ulottuvuuksilla (ks. Taulukko 63). Tällaisia **lyhyen tähtäimen toimeenpanon kannalta erityisen lupaavia ohjauskeinoja** ovat

- 2. Lakisääteiset päätehakkuiden ikä- ja läpimittarajat
- 4a. Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden lisäämisen osalta
- 5. METSO-suojelun laajentaminen
- 6. Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus
- 10. Metsähakevero
- 11. Valtion metsät näyttämään esimerkkiä.

Näillä ohjauskeinoilla pystyttäisiin ilman suuria toteutettavuushaasteita puuttumaan useisiin metsien monimuotoisuuden ja vesistöjen tilan kannalta keskeisiin ongelmakohtiin, ja samalla edistämään metsien positiivisia ilmastovaikutuksia. Näistä ohjauskeinoista 2. ja 6. eivät aiheuttaisi valtiolle muita kuin hallinnollisia kuluja, 4a. aiheuttaisi valtiolle kuluja siltä osin kuin kohteiden suojelua päätettäisiin korvata metsänomistajille (4b.), kun taas 5. ja 11. lisäävät suoraan valtiontalouden paineita. Toisaalta hiilinielun vahvistuminen voisi osaltaan auttaa välttämään tai vähentämään LULUCF-velvoitteisiin liittyviä sanktiomaksuja. 10. Metsähakevero auttaisi tekemään ohjauskeinokokonaisuudesta valtion kannalta kustannusneutraalimman.

Talousmetsien monimuotoisuudelle keskeisten rakennepiirteiden turvaamisen kannalta keskeiset ohjauskeinot ovat 1a. Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta sekä 1b. Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiseksi tuki. Näiden kahden melko hienopiirteisen ohjauskeinon suurimmat haasteet liittyvät valvonnan työläyteen ja kalleuteen. Kaukokartoitus ja tekoäly voivat jatkossa huomattavasti helpottaa rakennepiirteiden turvaamisen suunnittelua ja valvontaa. Koska vapaaehtoiset sertifiointijärjestelmät ohjaavat osittain samoja metsänkäsittelyn valintoja kuin ohjauskeinot 1a ja 1b, ohjauskeinojen jatkosuunnittelussa kannattaa pitää silmällä vapaaehtoisten sertifiointijärjestelmien kehitystä kunnianhimon tason, valvonnan ja rikkomusten sanktioinnin näkökulmista<sup>21</sup>.

**Pidemmän tähtäimen ohjauskeinokokonaisuuden** kannalta erityisen kiinnostavia ovat tulosperusteisuutta sisältävät ohjauskeinot, sillä vaikka ne ovat toteutettavuuden kannalta haastavia, niillä on huomattavaa potentiaalia kustannustehokkaaseen ympäristön tilan parantamiseen. Arvioiduista ohjauskeinoista lehtojen luonnonhoidon tuki jo eteneekin, sillä eduskunta hyväksyi joulukuussa 2025 hallituksen esityksen (104/2025 vp), jonka mukaisesti kannustejärjestelmälakiin lisätään tulosperusteisten tukien ja ympäristöllisten tarjouskilpailujen kokeilua koskevat säännökset. Lehtojen luonnonhoidon lisäksi kokeiltavina kohteina näille uudentyyppisille tukimuodoille ovat taimikon ja nuoren metsän hoidon tuen korottaminen kokonaisuus- ton lehtipuusuuden perusteella, suojavyöhykkeen jättäminen arvokkaiden virtavesien

---

<sup>21</sup> Esimerkiksi vuonna 2024 PEFC-sertifioinneissa tehtiin koko maassa yhteensä 177 ulkopuolista maastotarkastusta, mikä tarkoittaa suuruusluokaltaan, että toimenpidekohteista tarkistettiin alle yksi promille. Ks. <https://pefc.fi/standardit/standardien-noudattamisen-valvonta>.

varrelle, sekä suon aktiivinen ennallistaminen. Olisi kuitenkin suositeltavaa ottaa kehittelyyn myös tämän raportin ohjauskeino 3: Metsien hiilitukijärjestelmä, ja ohjauskeino 1b: Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämisen tuki, sekä panostaa **tietopohjan kehittämiseen** muiden tulosperusteisten ohjauskeinojen tulevien sovellusmahdollisuuksien lisäämiseksi.

Maankäytön, maankäytön muutosten ja metsien ilmastovaikutuksiin kohdistuvien kannustimien kehitystyö etenee EU-tasolla. Vuonna 2024 hyväksytty hiilenpoistoa, hiiliviljelyä ja hiilen varastointia tuotteisiin koskeva EU:n sertifiointikehys (CRCF) voi jatkossa luoda ansaintamahdollisuuksia puuston hiilivaraston kasvattamisesta ja maaperäpäästöjen vähentämisestä (Asetus (EU) 2024/3012). Maankäytön, maankäytön muutosten ja metsien ilmastovaikutusten hinnoittelu saattaa tulevaisuudessa tulla myös kiinteämmäksi osaksi EU:n ilmastopolitiikan kokonaisuutta (ks. European Scientific Advisory Board on Climate Change 2025). Jo tätä ennen olisi periaatteessa mahdollista toimeenpanna kansallinen metsien hiilitukijärjestelmä, joka voisi parhaimmillaan vahvistaa hiilinieluja kustannustehokkaasti ja pitkäaikaisesti (Pohjola ym. 2018), vaikka järjestelmä aiheuttaisikin lyhyellä aikavälillä vähennystä puun tarjontaan.

## Viitteet

- Alanen, A., Leivo, A., Lindgren, L. & Piri, E. 1995. Lehtojenhoito-opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, Sarja B. 26. s. 128.
- Amarasekare, P. 1998. Allee effects in metapopulation dynamics. *American Naturalist* 152: 298–302.
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71(3): 355–366. <https://doi.org/10.2307/3545823>
- Andrén, H. 1997. Habitat fragmentation and changes in biodiversity. *Ecological Bulletins* 46: 171–181. <http://www.jstor.org/stable/20113214>
- Angelstam, P. 2004. Habitat thresholds and effects of forest landscape change on the distribution and abundance of black grouse and capercaillie. *Ecological Bulletins* 51: 173–187.
- Anonyymi 2023: Luonnonvarakeskus tutkii uhanalaisten kääpien siirtoistutusta Lapinjärven tutkimusmetsästä kaadetuilla kasvatuspölleillä. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/luonnonvarakeskus-tutkii-uhanalaisten-kaapien-siirtoistutusta-lapinjarven-tutkimusmetsasta-kaadetuilla-kasvatuspölleilla>
- Anttila, S., Koskela, T., Aapala, K. & Muttilainen, H. 2023. METSO-tilannekatsaus 2022 : Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma 2008–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-734-1>
- Aro, L., Jylhä, P., Järvenranta, K., Matila, A., Ramstadius, U., Ronkainen, T., Räsänen, A., Silvan, N., Silvenius, F., Virkajärvi, P., Wall, A. & Tolvanen, A. 2023. Turvetuotannosta poistuvien alueiden jatkokäytön vaihtoehdot Suomessa sekä arvio niiden ympäristö- ja talousvaikutuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 120/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-853-9>
- Artell, J. 2014. Lots of value? A spatial hedonic approach to water quality valuation. *Journal of Environmental Planning and Management* 57: 862–882. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.772504>
- Asetus (EU) 2024/3012. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2024/3012 pysyvää hiilenpoistoa, hiiliviljelyä ja hiilen varastointia tuotteisiin koskevasta unionin sertifiointikehyksen perustamisesta. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/3012/oj>
- Asmala, E. & Scheinin, M. 2023. Persistent hot spots of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in coastal nearshore environments. *Limnology and Oceanography Letters*. <https://doi.org/10.1002/lol2.10370>
- Assmuth, A., Lintunen, J., Wejberg, H., Koikkalainen, K., Uusivuori, J. & Miettinen, A. 2022. Metsäkadon ilmastohaitta ja hillinnän ohjauskeinot Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-409-8>

- Assmuth, A., Autto, H., Halonen, K.M., Haltia, E., Huttunen, S., Lintunen, J., ... & Uusivuori, J. 2024. Forest carbon payments: A multidisciplinary review of policy options for promoting carbon storage in EU member states. *Land Use Policy* 147: 107341.
- Barbier, S., Gosselin, F. & Balandier, P. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – a critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254: 1–15.
- Begon, M. & Townsend, C.R. 2021. *Ecology. From Individuals to ecosystems*. 5. painos. Wiley.
- Berg-Andersson, B., Kaitila, V., Kulvik, M. & Lintunen, J. 2021. Suomen metsäteollisuuden näkymiä vuoteen 2025. ETLA Raportti No 112. <https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-112.pdf>
- Berglund, H. & Kuuluvainen, T. 2021. Representative boreal forest habitats in northern Europe, and a revised model for ecosystem management and biodiversity conservation. *Ambio* 50(5): 1003–1017. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01444-3>
- Berglund, H., Jönsson, M.T., Penttilä, R. & Vanha-Majamaa, I. 2011: The effects of burning and dead-wood creation on the diversity of pioneer wood-inhabiting fungi in managed boreal spruce forests. *Forest Ecology and Management* 261: 1293–1305.
- Bioenergia 2019. Turvetuotannosta poistuneet suopohjat ovat jo hiilinieluja – metsitys tärkein jälkikäyttömuoto. 8.3.2019 Tiedotteet. <https://www.bioenergia.fi/2019/03/08/turvetuotannosta-poistuneet-suopohjat-ovat-jo-hiilinieluja-metsitys-tarkein-jalkikaytto-muoto/>
- Bjelland, T. 2023. Practical conservation action on a Critically Endangered lichen species. *J for Nature Conservation* 75: 126474.
- Boesing, A.L., Nichols, E. & Metzger, J.P. 2018. Biodiversity extinction thresholds are modulated by matrix type. *Ecography* 41: 1520–1533.
- Brouwer, R., Job, F.C., Van Der Kroon, B., Johnston, R., 2015. Comparing Willingness to Pay for Improved Drinking-Water Quality Using Stated Preference Methods in Rural and Urban Kenya. *Appl Health Econ Health Policy* 13, 81–94. <https://doi.org/10.1007/s40258-014-0137-2>
- Bütler, R., Angelstam, P. & Schlaepfer, R. 2004b. Quantitative snag targets for the three-toed woodpecker *Picoides tridactylus*. *Ecological Bulletins* 51: 219–232.
- Bütler, R., Angelstam, P., Ekelund, P. & Schlaepfer, R. 2004a. Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-Alpine forest. *Biological Conservation* 119: 305–318.
- Bäck, J. 2022. Pohjoisen metsät auttavat hillitsemään ilmastonmuutosta, mutta vain jos pidämme huolta niiden monimuotoisuudesta. *Uutiset ja tiedotteet*, Helsingin yliopisto. <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/ilmastonmuutos/pohjoisen-metsat-auttavat-hillitsemaan-ilmastonmuutosta-mutta-vain-jos-pidamme-huolta-niiden-monimuotoisuudesta>

- Carlson, A. 2000. The effect of habitat loss on a deciduous forest specialist species: the White-backed Woodpecker (*Dendrocopos leucotos*). *Forest ecology and Management* 131: 215–221.
- Convention on Biological Diversity 2022: 15/4. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. 15 s. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>
- Cushman, S.A. & McGarigal, K. 2003. Landscape-level patterns of avian diversity in the Oregon Coast Range. *Ecological Monographs* 73: 259–281.
- Dasgupta, S., Siegel, D.I., Zhu, C., Chanton, J.P. & Glase, P.H. 2015. Geochemical mixing in peatland waters: The role of organic acids. *Wetlands* 35: 567–575. <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0646-2>
- Dinerstein et al. 2019. “A Global Deal For Nature: Guiding principles, milestones, and targets” in *Science Advances* 5(4). <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw2869>
- Dudley, N. (toim.) 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN, Gland, Switzerland. x + 86pp s.
- Dykstra, P.R. 2004. *Thresholds in habitat supply: a review of the literature*. BC Ministry of Sustainable Resources, Management and Ecosystem Conservation Section, and BC Ministry of Water, Land and Air Protection, Biodiversity Branch, Victoria, BC.
- Elo, M., Halme, P., Toivanen, T. & Kotiaho, J.S. 2019. Species richness of polypores can be increased by supplementing dead wood resource into a boreal forest landscape. *Journal of Applied Ecology* 56: 1267–1277.
- Estavillo, C., Pardini, R. & Rocha, P.L.B.D. 2013. Forest loss and the biodiversity threshold: an evaluation considering species habitat requirements and the use of matrix habitats. *PLoS One* 8: e82369.
- Euroopan komissio 2020. KOMISSION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE, EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE JA ALUEIDEN KOMITEALLE. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia. COM(2020) 380 final. EUR-Lex - 4459196 - EN - EUR-Lex (europa.eu)
- Euroopan komissio 2023. Commission Guidelines for Defining, Mapping, Monitoring and Strictly Protecting EU Primary and Old-Growth Forests. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. SWD(2023) 62 final. 20.3.2023.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2018. Regulation (EU) 2018/841 of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. *Official Journal of the European Union*, L 156, 1–25. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018R0841>
- European Commission 2022. Commission Staff Working Document. Criteria and guidance for protected areas designations. Brussels, 28.1.2022 SWD(2022) 23 final. 27 s. [https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-01/SWD\\_guidance\\_protected\\_areas.pdf](https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-01/SWD_guidance_protected_areas.pdf)

- European Commission, Directorate-General for Climate Action (EC DG CLIMA), Bognar, J., Lam, L., Forestier, O. et al. 2023. Pricing agricultural emissions and rewarding climate action in the agri-food value chain, Publications Office of the European Union. Available at <https://data.europa.eu/doi/10.2834/200>, accessed May 27th 2024.
- European Scientific Advisory Board on Climate Change 2025. Scaling up carbon dioxide removals: Recommendations for navigating opportunities and risks in the EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-9480-694-9. Available at: <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/2025-02-21-scaling-up-carbon-dioxide-removals-recommendations-for-navigating-opportunities-and-risks-in-the-eu.pdf> [Accessed 11 Jan. 2026].
- Fahrig, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of wildlife management* 61: 603–610.
- Fahrig, L. 1998. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? *Ecological modelling* 105: 273–292.
- Fahrig, L. 2001. How much habitat is enough? *Biological Conservation* 100: 65–74.
- Felton, A. Hedwall, P.-O., Trubins, R., Lagerstedt J., Felton, A.M. & Lindbladh, M. 2021. From mixtures to monocultures: Bird assemblage responses along a production forest conifer-broadleaf gradient. *Forest Ecology and Management* 494: 119299
- Felton, A., Lindbladh, M., Brunet, J. & Fritz, Ö. 2010. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management* 260: 939–947.
- Felton, A., Sonesson, J., Nilsson, U., Lämås, T., Lundmark, T., Nordin, A., Ranius, T. & Roberge, J.-M. 2017. Varying rotation lengths in northern production forests: Implications for habitats provided by retention and production trees. *Ambio* 46: 324–334.
- Ferrier, S. & Wintle B.A. 2009. Quantitative approaches to spatial conservation prioritization: matching the solution to the need. In: Moilanen, A., Wilson, K.A. & Possingham, H.P. (eds.). *Spatial Conservation Prioritization*. Oxford: Oxford University Press; 2009. pp. 1–15.
- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Härkönen, L., Huttunen, M., ... & Ukonmaanaho, L. 2021. Drainage for forestry increases N, P and TOC export to boreal surface waters. *Science of the Total Environment*, 762, 144098. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.-2020.144098>
- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. & Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. ISSN 2342-6799, ISBN PDF 978-952-287-826-7.
- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. *Suomen ympäristö* 10/2010. 33 s.

- Finstad, A.G., Andersen, T., Larsen, S., Tominaga, K., Blumentrath, S., de Wit, H.A., Tømmervik, H. & Hessen, D.O. 2016. From greening to browning: Catchment vegetation development and reduced S-deposition promote organic carbon load on decadal time scales in Nordic lakes. *Nature, Scientific reports*. 8 s. <https://doi.org/10.1038/srep31944>
- Flather, C.H. & Bevers, M. 2002. Patchy reaction-diffusion and population abundance: the relative importance of habitat amount and arrangement. *American Naturalist* 159: 40–56.
- Fraixedas, S., Lindén, A. & Lehikoinen, A. 2015. Population trends of common breeding forest birds in southern Finland are consistent with trends in forest management and climate change. *Ornis Fennica* 92: 187–203.
- Franklin, J., Berg, D.R., Thornburgh, D.A. & Tappeiner, J.C. 1997. *Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems*. Julkaisussa: Kohm, K. & Franklin, J.F. (toim.) 1997. *Creating a Forestry for the 21st Century. The Science of Ecosystem Management*. Island Press. s. 111–139.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., Ruiz-Jaen, M.C., Fröberg, M., Stendahl, J., Philipson, C.D., Mikusiński, G., Andersson, E., Westerlund, B., Andrén, H., Moberg F., Moen, J. & Bengtsson, J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications* 4: 1340.
- Gren, I.M. 2001. International versus national actions against nitrogen pollution of the Baltic Sea. *Environmental and Resource Economics* 20(1): 41–59. <https://doi.org/10.1023/A:1017512113454>
- Gummerus-Rautiainen, P., Alanen, A., Eisto, K., Ilmonen, J., Keskinen, H-L., Krüger, H., Matveinen, K., Svensberg, M., Rintala, T., Raatikainen, R., Ryömä, R. & Siitonen, J. 2021. *Helmielinympäristöohjelma 2021–2030. Valtioneuvoston periaatepäätös. Valtioneuvosto, Helsinki. Valtioneuvoston julkaisuja 2021:83. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-899-4>*
- Gundersen, P., Laurén, A., Finér, L., Ring, E., Koivusalo, H., Sætersdal, M., Weslien, J.-O., Sigurdsson, B.D., Högbom, L., Laine, J. & Hansen, K. 2010. Environmental services provided from the riparian forests in the Nordic countries. *Ambio* 39: 555–566.
- Gustafsson, L., Hannerz, M., Koivula, M., Shorohova, E., Vanha-Majamaa, I. & Weslien, J. 2020. Research on retention forestry in Northern Europe. *Ecological Processes* 9: 3.
- Gustafsson, L., Kouki, J. & Sverdrup-Thygeson, A. 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 295–308.
- Gustafson, E.J. & Parker, G.R. 1992. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. *Landscape ecology* 7: 101–110.
- Haahti, K., Nieminen, M., Finér, L., Marttila, H., Kokkonen, T., Leinonen, A., Koivusalo, H. 2018. Model-based evaluation of sediment control in a drained peatland forest after ditch network maintenance. *Canadian Journal of Forest Research* 48(2): 130–140. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0269>

- Haakana, M., Haikarainen, S., Henttonen, H., Hirvelä, H., Hynynen, J., Korhonen, K.T., Launiai-  
nen, S., Mehtätalo, L., Miettinen, A., Mäkinen, H., Ollila, P., Pitkänen, J., Rätty, M., Salmi-  
nen, H., Tikkasalo, O.-P., Tuomainen, T., Viitanen, J. & Vikfors, S. 2022b. Suomen LU-  
LUCF-sektorin 2021–2025 velvoitteen toteutuminen. Luonnonvarakeskus.  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022123074123>
- Haakana, M., Niinistö, S., Ollila, P., Silfer, T., Tuomainen, T. & Vikfors, S. 2022. Metsäkadosta  
lisätaakkaa Suomelle Kioton pöytäkirjan tilinpidossa. Tieto & Trendit. Asiantuntija-ar-  
tikelit ja ajankohtaisblogit. 18.3.2022. Tilastokeskus. [https://www.stat.fi/tietotren-  
dit/artikkelit/2022/metsakadosta-lisataakkaa-suomelle-kioton-poytakirjan-tilinpi-  
dossa/](https://www.stat.fi/tietotren-<br/>dit/artikkelit/2022/metsakadosta-lisataakkaa-suomelle-kioton-poytakirjan-tilinpi-<br/>dossa/)
- Haapanen, M., Kenttämies, K., Porvari, P. & Sallantausta, T. 2006. Kivennäismaan uudistushak-  
kuun vaikutus kasvinravinteiden ja orgaanisen aineen huuhtoutumiseen; raportti Ku-  
russa ja Janakkalassa sijaitsevien tutkimusalueiden tuloksista. Teoksessa: Kenttämies, K.  
ja Mattsson, T. (toim.). Metsätalouden vesistökuormitus – MESUVE-projektin loppura-  
portti. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 816: 43-62.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. Common International Classification of Ecosystem Services  
(CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure.  
<https://www.cices.eu>
- Hallinger, M., Johansson, V., Schmalholz, M., Sjöberg, S. & Ranius, T. 2016. Factors driving tree  
mortality in retained forest fragments. *Forest Ecology and Management* 368: 163–172.
- Hallituksen esitys 104/2025 vp. 2025. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi metsätalouden  
määräaikaaisesta kannustejärjestelmästä annetun lain muuttamisesta. Eduskunta.  
[https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Documents/HE\\_104+2025.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Documents/HE_104+2025.pdf)
- Hanski, I. 2000. Extinction debt and species credit in boreal forests: modelling the conse-  
quences of different approaches to biodiversity conservation. *Annales Zoologici Fen-  
nici* 37: 271–280.
- Hanski, I. 2011. Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation.  
*Ambio* 40(3): 248–255. Doi: 10.1007/s13280-011-0147-3
- Hantula, J., Ahtikoski, A., Honkaniemi, J., Huitu, O., Härkönen, M., Kaitera, J., Koivula, M., Kor-  
honen, K.T., Lindén, A., Lintunen, J., Luoranen, J., Matala, J., Melin, M., Nikula, A., Pelto-  
niemi, 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.
- Hantula, J., Elfstrand, M., Hekkala, A.-M., Hietala, A.M., Honkaniemi, J., Klapwijk, M., Koivula,  
M., Matala, J., Rönning, J., Siitonen, J. & Widemo, F. 2025. Forest damage. In Rautio,  
P., Routa, J., Huuskonen, S., Holmström, E., Cedergren, J. & Kuehne, C. (eds.), *Continu-  
ous Cover Forestry in Boreal Nordic Countries*. Springer Nature. Pp. 221–241.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-70484-0>
- Hardenbol, A.A., Junninen, K. & Kouki J. 2020. A key tree species for forest biodiversity, Euro-  
pean aspen (*Populus tremula*), is rapidly declining in boreal old-growth forest re-  
serves. *Forest Ecology and Management* 462: 118009

- Heikkala, O., Martikainen, P. & Kouki, J. 2016. Decadal effects of emulating natural disturbances in forest management on saproxylic beetle assemblages. *Biological Conservation* 194: 39–47.
- Heikkala, O., Martikainen, P. & Kouki, J. 2017. Prescribed burning is an effective and quick method to conserve rare pyrophilous forest-dwelling flat bugs. *Insect Conservation and Diversity* 10: 32–41.
- Heikkala, O., Suominen, M., Junninen, K., Hämäläinen, A. & Kouki, J. 2014. Effects of retention level and fire on retention tree dynamics in boreal forests. *Forest Ecology and Management* 328: 193–201.
- Heinonen, M. & Alanen, A. 2022. Suojelualueverkostoa koskevat luonnon monimuotoisuutta turvaavat alueet Suomessa. OECM-työryhmän ehdotus. Ympäristöministeriön julkaisu 2022:16.
- Hekkala, A.M., Jönsson, M., Kärvelö, S., Strengbom, J. & Sjögren, J. 2023. Habitat heterogeneity is a good predictor of boreal forest biodiversity. *Ecological Indicators* 148: 110069.
- Henttonen, H.M., Nöjd, P., Suvanto, S., Heikkinen, J. & Mäkinen, H. 2019. Large trees have increased greatly in Finland during 1921–2013, but recent observations on old trees tell a different story. *Ecological Indicators* 99: 118–129.
- Hill, M.F. & Caswell, H. 1999. Habitat fragmentation and extinction thresholds on fractal landscapes. *Ecology Letters* 2: 121–127.
- Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R. & Salminen, O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. Natural Resources Institute Finland (Luke), Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-358-1>
- Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kärkkäinen, L., Mutanen, A. & Viitanen, J. 2021. Puunkäytön, hakuiden ja metsävarojen kehityksen mallinnusprosessit. Julkaisussa: Maanvilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:63. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>
- Hottola, J., Ovaskainen, O. Hanski, I. 2009. A unified measure of the number, volume and diversity of dead trees and the response of fungal communities. *Journal of Ecology* 97: 1320–1328.
- Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Moilanen, M. & Laiho, R. 2018. Recycling of ash – for the good of the environment? *Forest Ecology and Management* 348: 226–240.

- 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(1): 118558. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558>
- Hynynen, J., Haikarainen, S., Huuskonen, S., Lehtonen, M., Repola, J., Salminen, H. & Siipilehto, J. 2024. Pidennetyn kiertoajan vaikutukset metsien hiilensidontaan ja puuntuotantoon. Webinaarialustus. PIKMA-hankkeen loppuwebinaari 10.10.2024. [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2024/11/Hynynen\\_PIKMA\\_loppuwebinaari\\_FIN.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2024/11/Hynynen_PIKMA_loppuwebinaari_FIN.pdf). Tapio.
- Hynynen, J., Korhonen, K.T., Kärkkäinen, L., Mehtätalo, L., Mutanen, A., Rautio, P. & Viitala, E.-J. (toim.) 2023. Metsälain ilmastovaikutusten arviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 49/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-696-2>
- Hynynen, J., Salminen, H., Ahtikoski, A., Huuskonen, S., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Lehtonen, M. & Eerikäinen, K. 2015. Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland. *European Journal of Forest Research* 134(3): 415–431. DOI 10.1007/s10342-014-0860-0
- Hynynen, J., Salminen, H., Haikarainen, S., Huuskonen, S., Lehtonen, M., Siipilehto, J., Ahtikoski, A. & Korhonen, K.T. 2020. Metsien käsittelyskenaariot. Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartta. Hiilivaraston kasvattaminen. Luonnonvarakeskus.
- Hynynen, J., Salminen, H. & Hökkä, H. 2022. Puuntuotanto ja tuotos. Julkaisussa: Julkaisussa: Routa, J. & Huuskonen, S. (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022.* Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Hyppönen, M., Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksat. Kajaani, Kajaanin Kirjapaino. 60 s.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.
- Hyvärinen, E., Kouki, J. & Martikainen, P. 2006. Fire and green-tree retention in conservation of red-listed and rare deadwood-dependent beetles in Finnish boreal forests. *Conservation Biology* 20: 1711–1719.
- Häkkiä, M., Johansson, A., Sandgren, T., Uusitalo, A., Mönkkönen, M., Puttonen, P. & Savi-laakso, S. 2021. Are small protected habitat patches within boreal production forests effective in conserving species richness, abundance and community composition? A systematic review. *Environmental Evidence* 10: 2.
- Hällfors, M.H., Heikkinen, R.K., Kuussaari, M., Lehikoinen, A., Luoto, M., Pöyry, J., Virkkala, R., Saastamoinen, M. & Kujala, H. 2024. Recent range shifts of moths, butterflies, and birds are driven by the breadth of their climatic niche. *Evolution Letters* 8: 89–100. <https://doi.org/10.1093/evlett/grad004>

- Hämäläinen, A., Fahrig, L., Strengbom, J. & Ranius, T. 2023. Effective management for dead-wood-dependent lichen diversity requires landscape-scale habitat protection. *Journal of Applied Ecology* 60: 1597–1606.
- Hämäläinen, A., Kouki, J. & Löhmus, P. 2014. The value of retained Scots pines and their dead wood legacies for lichen diversity in clear-cut forests: The effects of retention level and prescribed burning. *Forest Ecology and Management* 324: 89–100.
- Hämäläinen, A., Ranius, T. & Strengbom, J. 2021. Increasing the amount of dead wood by creation of high stumps has limited value for lichen diversity. *Journal of Environmental Management* 280: 111646.
- Hämäläinen, A., Runnel, K., Mikusinski, G., Himelbrant, D., Fenton, N.J. & Löhmus, P. 2023. Living trees and biodiversity. Teoksessa Girona, M., Morin, H., Gauthier, S. & Bergeron, Y. (toim.), *Boreal forest in face of the climate change*. Springer. Ss. 145–166.
- Hämäläinen, A., Runnel, K., Ranius, T. & Strengbom, J. 2024. Diversity of forest structures important for biodiversity is determined by the combined effects of productivity, stand age, and management. *Ambio* 2024.
- Härkönen, L. H., Lepistö, A., Sarkkola, S., Kortelainen, P. & Räike, A. 2023. Reviewing peatland forestry: Implications and mitigation measures for freshwater ecosystem browning. *Forest Ecology and Management* 531:120776. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120776>.
- Hökkä, H., Ahtikoski, A., Sarkkola, S. & Väänänen, P. 2024. Ash fertilization increases long-term timber production in drained nitrogen-poor Scots pine peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 54: 1142–1154 (2024) <https://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2024-0003>
- Hökkä, H., Laurén, A., Stenberg, L., Launiainen, S., Leppä, K. & Nieminen, M. 2021. Defining guidelines for ditch depth in drained Scots pine dominated peatland forests. *Silva Fennica* 55(3): 10494. <https://doi.org/10.14214/sf.10494>
- Ihalainen, A. 2013. Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2013: 609–623.
- Immerzeel, B., Vermaat, J.E., Juutinen, A., Pouta, E. & Artell, J. 2022. Appreciation of Nordic landscapes and how the bioeconomy might change that: Results from a discrete choice experiment. *Land Use Policy* 113: 105909. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105909>
- Jacobsen, R.M., Birkemoe, T., Evju, M., Skarpaas, O. & Sverdrup-Thygeson, A. 2023. Veteran trees in decline: Stratified national monitoring of oaks in Norway. *For Ecol Manage* 527: 120624.
- Jansone, D., Matisons, R., Gerra-Inohosa, L., Jansons, A. & Libiete, Z. 2023. Dead better than alive - the case of retention trees and tree-related microhabitats in young stands of hemiboreal forests in Latvia. *Forests* 14: 1949.
- Jansson, G. & Andrén, H. 2003. Habitat composition and bird diversity in managed boreal forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 225–236.

- Joensuu, S., Ahti, E. & Vuollekoski, M. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. *Boreal Environment Research* 4: 343–355.
- Jonsell, M., Abrahamsson, M., Widenfalk, L. & Lindbladh, M. 2019. Increasing influence of the surrounding landscape on saproxylic beetle communities over 10 years succession in dead wood. *Forest Ecology and Management* 440: 267–284.
- Junninen, K., Penttilä, R. & Martikainen, P. 2007. Fallen retention aspen trees on clear-cuts can be important habitats for red-listed polypores: a case study in Finland. *Biodiversity and Conservation* 16: 475–490.
- Juutinen, A., Immerzeel, B., Pouta, E., Lankia, T., Artell, J., Tolvanen, A., Ahtiainen, H. & Vermaat, J., 2022. A comparative analysis of the value of recreation in six contrasting Nordic landscapes using the travel cost method. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 39: 100528. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2022.100528>
- Juutinen, A., Kosenius, A.-K., Ovaskainen, V., Tolvanen, A. & Tyrväinen, L. 2017. Heterogeneous preferences for recreation-oriented management in commercial forests: the role of citizens' socioeconomic characteristics and recreational profiles. *Journal of Environmental Planning and Management* 60: 399–418. <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1159546>
- Juutinen, A., Kurttila, M., Pohjanmies, T., Tolvanen, A., Kuhlmeij, K., Skudnik, M., Triplat, M., Westin, K. & Mäkipää, R. 2021. Forest owners' preferences for contract-based management to enhance environmental values versus timber production. *Forest Policy and Economics* 132: 102587. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102587>
- Juutinen, A., Mitani, Y., Mäntymaa, E., Shoji, Y., Siikamäki, P. & Svento, R. 2011. Combining ecological and recreational aspects in national park management: A choice experiment application. *Ecological Economics* 70: 1231–1239. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.02.006>
- Jönsson, M., Weslien, J.O. & Gustafsson, L. 2023. Coarse woody debris legacies and their dynamics in retained forest patches. *Forest Ecology and Management* 541: 121063.
- Kaila, A., Sarkkola, S., Laurén, A., Ukonmaanaho, L., Koivusalo, H., Xiao, L., O'Driscoll, C., Asam, Z-u-Z., Tervahauta, A. & Nieminen, M. 2014. Phosphorus export from drained Scots pine mires after clear-felling and bioenergy harvesting. *Forest Ecology and Management* 325: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.025>
- Kangas, J. & Ollikainen, M. 2024. Valtion vanhojen metsien suojeleminen hyödyt ja kustannukset, epäsuorat vaikutukset ja riskit. Keskustelualoite. [https://koneensaatio.fi/wp-content/uploads/2024/09/Kangas\\_Ollikainen\\_Valtion-vanhojen-metsien-suojeleminen-Hyodyt-ja-kustannukset-epasuorat-vaikutukset-ja-riskit-2024-09-03.pdf](https://koneensaatio.fi/wp-content/uploads/2024/09/Kangas_Ollikainen_Valtion-vanhojen-metsien-suojeleminen-Hyodyt-ja-kustannukset-epasuorat-vaikutukset-ja-riskit-2024-09-03.pdf)
- Kantelinen, A., Purhonen, J., Halme, P. & Mylly, L. 2022. Growth form matters—Crustose lichens on dead wood are sensitive to forest management. *Forest Ecology and Management* 524: 120529.

- Kareksela, S., Moilanen, A., Tuominen, S. & Kotiaho, J.S. 2013. Use of Inverse Spatial Conservation Prioritization to Avoid Biodiversity Loss Outside Protected Areas. *Conservation Biology* 27: 1294–1303.
- Karosto, K. (toim.) 2016. Biosuodattimet metsätalouden vesisensuojelussa. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Mikkeli 2016, D: Vapaamuotoisia julkaisuja. 80 s.
- Karppinen, H., Hänninen, M. & Valsta, L. 2018. Forest owners' views on storing carbon in their forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 33(7): 708–715.
- Keto-Tokoi, P. & Siitonen, J. 2021. Puiden asukkaat. Suomen puiden seuralaislajit. *Gaudeamus*. 495 s.
- Keto-Tokoi, P. 2018. Tutkimustietoon perustuvia suosituksia vastuullisen metsänhoidon kehittämiseksi. *WWF Suomen raportteja* 37. 133 s.
- Keymer, J.E., Marquet, P.A., Velasco-Hernández, J.X. & Levin, S.A. 2000. Extinction thresholds and metapopulation persistence in dynamic landscapes. *American Naturalist* 156: 478–494.
- Kittamaa, S., Ryttylä, T., Ajosenpää, T., Aapala, K., Hallman, E., Lehesvirta, T. & Tukia, H. (toim.) 2009. Harjumetsien paahdeympäristöt – nykytila ja hoito. *Suomen ympäristö* 25/2009. 88 s.
- Kniivilä, M., Hantula, J., Hotanen, J.-P., Hynynen, J., Hänninen, H., Korhonen, K.T., Leppänen, J., Melin, M., Mutanen, A., Määttä, K., Siitonen, J., Viiri, H., Viitala, E.-J. & Viitanen, J. 2020. Metsälain ja metsätuholain muutosten arviointi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 3/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 124 s
- Kniivilä, M., Hirvelä, H., Lintunen, J., Mutanen, A., Vatanen, E., Viitanen, J. & Kurttila, M. 2022. Metsien tiukan lisäsuojelun hakkuumahdollisuudet-, arvonlisäys- ja työllisyysvaikutusten arviointi. Skenaariotarkastelu EU:n biodiversiteettistrategiasta Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 64/2022. Luonnonvarakeskus.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-480-7>
- Koivula, M.J., Chamberlain, D.E., Fuller, R.J., Palmer, S.C., Bankovics, A., Bracken, F., ... & Watt, A.D. 2018. Breeding bird species diversity across gradients of land use from forest to agriculture in Europe. *Ecography* 41: 1331–1344.
- Koivula, M., Domisch, T., Hamberg, L., Huhta, E., Kaitera, J., Korhonen, A., Korhonen, K.T., Laurila, M., Louhi, P., Männistö, M., Penttilä, R., Shorokhova, E., Vanha-Majamaa, I., Salmiinen, H., Haikarainen, S., Lehtonen, M., Huuskonen, S. & Hynynen, J. 2024. Metsätalous. Teoksessa *Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry (MTK) & Svenska Lantbruksproducenternas Centralförbund SLC rf (SLC) (toim.), MTK:n ja SLC:n luonnon monimuotoisuuden tiekartta maa- ja metsätaloudelle*. Ss. 132–303.
- Koivula, M., Felton, A., Jönsson, M., Löfroth, T., Høistad Schei, F., Siitonen, J. & Sjögren, J. 2025a. Biodiversity. Julkaisussa: Rautio, P., Routa, J., Huuskonen, S., Cedergren, J., Holmström, E., Kuehne, C. (toim.). *Continuous Cover Forestry in Boreal Nordic Countries*. Springer.

- Koivula, M., Louhi, P., Miettinen, J., Nieminen, M., Piirainen, S., Punttila, P. & Siitonen, J. 2022: Talousmetsien luonnonhoidon ekologisten vaikutusten synteesi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2022, Luonnonvarakeskus, Helsinki. 83 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-472-2>.
- Koivula, M., Siitonen, J., Tonteri, T., Assmuth, A., Hotanen, J.-P., Huhta, E., Kaitera, J., Lintunen, J., Salminen, H., Shorohova, E. & Viitala, E.-J. 2025b. Synteesiraportti: talousmetsien luonnon monimuotoisuuden kehitys ja luonnonhoidon vaikuttavuus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2025. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-032-9>
- Koivula, M. & Vanha-Majamaa, I. 2020. Experimental evidence on biodiversity impacts of variable retention forestry, prescribed burning, and deadwood manipulation in Fennoscandia. *Ecological Processes* 9: 11.
- Kojola, S., Niemistö, P., Salminen, H., Lehtonen, M., Ihalainen, A., Kiljunen, N., Soikkeli, P. & Laiho, R. 2015. Synthesis report on utilization of peatland forests for biomass production. CLEE, FIBIC. Research report no D 2.1.2. Helsinki. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/520012/Kojola.pdf?sequence=1>
- Komonen, A., Puumala, I., Várkonyi, G. & Penttilä, R. 2021. Wood-decaying fungi in old-growth boreal forest fragments: extinctions and colonizations over 20 years. *Silva Fennica* 55: 10491.
- Kontula, T. & Raunio, A. (toim.) 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018.
- Koljonen, T., Silfver, T., Soimakallio, S., Koreneff, G., Lehtilä, A., Markkanen, J., Vainio, T., Aakkula, J., Haakana, M., Hirvelä, H., Lehtonen, H., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Viitanen, J., Vikfors, S., Forsberg, T. & Koskivaara, O. 2024. Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:26. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>
- Koljonen, T. & Silfver, T. 2025. KEITO WEM-/WAM-tilanne. Esitys 9.4.2025. [https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/wp-content/uploads/sites/8/2025/05/Keito\\_WEM\\_WAM\\_tilanne\\_09042025.pdf](https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/wp-content/uploads/sites/8/2025/05/Keito_WEM_WAM_tilanne_09042025.pdf)
- Koljonen, T., Silfver, T., Soimakallio, S., Kivinen, M., Aakkula, J., Haakana, M., Halonen, M., Halttu, K., Hirvelä, H., Kurki, S., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Markkanen, J., Mutanen, A., Niemistö, J., Similä, L., Sundqvist, H., Vainio, T., Viitanen, J., & Vikfors, S. 2025. Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys. VTT Technology 443. VTT. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2025.T443>
- Korhonen A., Penttilä, R., Siitonen, J., Miettinen, O., Immonen, A. & Hamberg, L. 2021. Urban forests host rich polypore assemblages in a Nordic metropolitan area. *Landscape and Urban Planning* 215: 104222.
- Korhonen, A., Siitonen, J., Kotze, D.J., Immonen, A. & Hamberg, L. 2020. Stand characteristics and dead wood in urban forests: Potential biodiversity hotspots in managed boreal landscapes. *Landscape and Urban Planning* 201: 103855.

- Korhonen, K.T. 2023. Luonnonvarakeskus selvitti puuston kasvun aleneman syyt. <https://www.luke.fi/fi/tutkimus/viranomais-ja-asiantuntijapalvelut/vaikuttavuustarinat-viranomais-ja-asiantuntijapalvelut/luonnonvarakeskus-selvitti-puuston-kasvun-aleneman-syyt>
- Korhonen, K.T. 2024. Valtakunnan metsien 14. inventointi (VMI14) Maastotyön ohjeet 2024. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 167 s.
- Korhonen, K.T., Henttonen, H., Mäkinen, H. & Nöjd, P. Puuston kasvun vaihtelusta. Blogi. 8.7.2022. <https://www.luke.fi/fi/blogit/puuston-kasvun-vaihtelusta>
- Korhonen, K.T., Huuskonen, S., Kolström, T., Kurttila, M., Punntila, P., Siitonen, J. & Syrjänen, K. 2021. Closer-to-nature forest management approaches in Finland. *Natural resources and bioeconomy studies* 83/2021, Luonnonvarakeskus.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Kuusela, S., Punntila, P., Salminen, O. & Syrjänen, K. 2020. Metsien monimuotoisuudelle merkittävien rakennepiirteiden muutokset Suomessa vuosina 1980–2015. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020-10198.
- Korkiakoski, M., Ojanen, P., Tuovinen, J.-P., Minkkinen, K., Nevalainen, O., Penttilä, T., Aurela, M., Laurila, T. & Lohila, A. 2023. Partial cutting of a boreal nutrient-rich peatland forest causes radically less short-term on-site CO<sub>2</sub> emissions than clear-cutting. *Agricultural and Forest Meteorology* 332, 109361. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109361>
- Korkiakoski, M., Tuovinen, J.P., Penttilä, T., Sarkkola, S., Ojanen, P., Minkkinen, K., Rainne, J., Laurila, T. & Lohila, A., 2018. Greenhouse gas and energy fluxes in a boreal peatland forest after clearcutting. *Biogeosciences Discussions*, 2018. pp.1–36.
- Koskela, T., Anttila, S., Aapala, K. & Muttilainen, H. (toim.) 2022. METSO-tilannekatsaus 2021: Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma 2008–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2022.
- Koskela, T. & Karppinen, H. 2021. Forest Owners' Willingness to Implement Measures to Safeguard Biodiversity: Values, Attitudes, Ecological Worldview and Forest Ownership Objectives, *Small-Scale Forestry* 20: 11–37. <https://doi.org/10.1007/s11842-020-09454-5>
- Koskinen, M., Sallantausta, T. & Vasander, H. 2011. Post-restoration development of organic carbon and nutrient leaching from two ecohydrologically different peatland sites. *Ecological Engineering* 37: 1008–1016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.036>
- Koskinen, M., Tahvanainen, T., Sarkkola, S., Menberu, M. W., Laurén, A., Sallantausta, T., Marttila, H., Ronkanen, A.-K., Parviainen, M., Tolvanen, A., Koivusalo, H. & Nieminen, M. 2017. Restoration of fertile peatlands poses a risk for high exports of dissolved organic carbon, nitrogen, and phosphorus. *Science of the Total Environment* 586: 858–869. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.065>
- Kotiaho, J.S., Ahlvik, L., Bäck, J., Hohti, J., Jokimäki, J., Kallio, K.P., Ketola, T., Kulmala, L., Lakka, H.-K., Lehikoinen, A., Oksanen, E., Pappila, M., Sääksjärvi, I. & Peura, M. 2021. Metsäluonnon turvaava suojelun kohdentaminen. *Suomen Luontopaneelin julkaisuja* 4/2021: 1–101. <https://doi.org/10.17011/jyx/SLJ/2021/4>

- Kouki, J. & Salo, K. 2020. Forest disturbances affect functional groups of macrofungi in young successional forests – harvests and fire lead to different fungal assemblages. *Forest Ecology and Management* 463: 118039.
- Kouki, J., Junninen, K., Mäkelä, K., Hokkanen, M., Aakala, T., Hallikainen, V., Korhonen, K.T., Kuuluvainen, T., Loiskekoski, M., Mattila, O., Matveinen, K., Punttila, P., Ruokanen, I., Valkonen, S. & Virkkala, R. 2018. Metsät. Julk.: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1 - tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. s. 171–201. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4816-3>.
- Kouki, J., Junninen, K., Mäkelä, K., Hokkanen, M., Aakala, T., Hallikainen, V., Korhonen, K.T., Kuuluvainen, T., Loiskekoski, M., Mattila, O., Matveinen, K., Punttila, P., Ruokanen, I., Valkonen, S., Virkkala, R. Metsät. Julkaisussa: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. s. 475–567.
- Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. & Laudon, H. 2014. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 334: 74–84.
- Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S. & Arasto, A. 2023. Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 5/2023.
- Kukkala, A.S. & Moilanen, A. 2013. Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 88: 443–464.
- Kukkala, A.S., Arponen, A., Maiorano, L., Moilanen, A., Thuiller, W., Toivonen, T., Zupan, L., Brotons, L. & Cabeza, M. 2016. Matches and mismatches between national and EU-wide priorities: Examining the Natura 2000 network in vertebrate species conservation. *Biological Conservation* 198: 193–201.
- Kulju, I., Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. & Vaahtera, E. (toim.) 2023. Metsätilastollinen vuosikirja 2022. Luonnonvarakeskus. 198 s.
- Kushnevskaia, H. & Shorohova, E. 2018. Presence of bark influences the succession of cryptogamic wood-inhabiting communities on conifer fallen logs. *Folia Geobotanica* 53: 175–190.
- Kushnevskaia, H., Shorohova, M., Shorohova, E. & Vanha-Majamaa, I. 2024 (julkaisematon aineisto/käsikirjoitus).
- Kuuluvainen, T. & Gauthier, S. 2018. Young and old forest in the boreal: critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *Forest Ecosystems* 5: 1–15.
- Kuuluvainen, T., Aakala, T. & Varkonyi, G. 2017. Dead standing pine trees in a boreal forest landscape in the Kalevala National Park, northern Fennoscandia: amount, population characteristics and spatial pattern. *Forest Ecosystems* 4: 12.

- Kuusela, S., Annala, M., Kontula, T., Leikola, N., Määttä, A.-M., Virkkala, R. & Virtanen E. (toim.) 2022: Kohti kattavaa suojelualueverkostoa. Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen painopisteet Suomessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2022. 325 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5479-9>
- Kyaschenko, J., Strengbom, J., Felton, A., Aakala, T., Staland, H. & Ranius, T. 2022. Increase in dead wood, large living trees and tree diversity, yet decrease in understory vegetation cover: The effect of three decades of biodiversity-oriented forest policy in Swedish forests. *Journal of Environmental Management* 313: 114993.
- Kärkkäinen, L. & Koljonen, S. (toim.) 2023. Arvio EU:n biodiversiteettistrategian 2030 vaikutuksista Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 33/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-662-7>
- Kärkkäinen, L., Haakana, H., Hirvelä, H., Jokinen, M., Juutinen, A., Kangas, A., Kilpeläinen, H., Kniivilä, M., Koivula, M., Korhonen, K.T., Leppänen, J., Mutanen, A., Neuvonen, M., Pellikka, J., Punttila, P., Pynnönen, S., Syrjänen, K., Tuominen, S., Tuulentie, S. & Viitanen, J. 2023. Metsähallituksen alue-ekologisen suunnittelun arviointi 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 113/2023.
- Kärkkäinen, L., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kniivilä, M., Kohl, J., Korhonen, K.T., Kurttila, M., Lempinen, R., Miina, J., Mutanen, A., Neuvonen, M., Nieminen, M., Ollila, P., Piirainen, S., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Tyrväinen, L., Vatanen, E. & Viitanen, J. 2022. Taustaselvitys Kansallinen metsästrategia 2035:n valmistelua varten. Skenaarioihin perustuva tarkastelu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 61/2022. Luonnonvarakeskus <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-474-6>
- Kärkkäinen, L., Hynynen, J., Rätty, M., Horne, P., Juutinen, A., Korhonen, K.T., Koskela, T., Mäkelä, M., Miettinen, J., Miina, J., Määttä, K., Otsamo, A., Punttila, P., Svensberg, M. & Syrjänen, K. 2021. Kustannusvaikuttavat keinot metsäluonnon monimuotoisuuden köyhymisen pysäyttämiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:21. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-217-6>
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 pp. <https://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0589-9>
- Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2019. Metsämaan muokkaus. Kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/219. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-813-5>
- Laita, A., Mönkkönen, M. & Kotiaho, J.S. 2010. Woodland key habitats evaluated as part of a functional reserve network. *Biological Conservation* 143: 1212–1227.
- Lamberson, R.H., McKelvey, R., Noon, B.R. & Voss, C. 1992. A dynamic analysis of northern spotted owl viability in a fragmented forest landscape. *Conservation Biology* 6: 505–512.
- Lankia, T., Lintunen, J., Neuvonen, M., Pouta, E. & Store, R. 2023. Piloting accounts for recreational ecosystem services: Quality, use, and monetary value of freshwaters in Finland. *Water Resources and Economics* 41, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100215>

- Larivière, D., Holmström, E., Petersson, L., Djupström, L. & Weslien J. 2023. Ten years after: Release cutting around old oaks still affects oak vitality and saproxylic beetles in a Norway spruce stand. *Agricultural and Forest Entomology* 25: 416–426.
- Larsson Ekström, A., Sjögren, J., Djupström, L.B., Thor, G. & Löfroth, T. 2023. Reinventory of permanent plots show that kelo lichens face an extinction debt. *Biological Conservation* 288: 110363.
- Launiainen, S., Ahtikoski, A., Rinne, J., Ojanen, P. & Hökkä, H. 2025. Rewetting drained boreal peatland forests does not mitigate climate warming in the twenty-first century. *Ambio*, 54(12): 2107–2117.
- Laurén, A., Guan, M., Salmivaara, A., Leinonen, A., Palviainen, M. & Launiainen, S. 2021a. Nutspafhy—A distributed nutrient balance model to predict nutrient export from managed boreal headwater catchments. *Forests* 12(6): 808. <https://doi.org/10.3390/f12060808>
- Laurén, A., Palviainen, M., Launiainen, S., Leppä, K., Stenberg, L., Urzainki, I., Nieminen, M., Laiho, R., Hökkä, H. 2021b. Drainage and stand growth response in peatland forests - Description, testing, and application of mechanistic peatland simulator SUSI. *Forests* 12(293). 23 p. <https://doi.org/10.3390/f12030293>
- Lehikoinen, A. & Virkkala, R. 2016. North by north-west: climate change and directions of density shifts in birds. *Global Change Biology* 22: 1121–1129.
- Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2023. Metsälannoitus nyt ja tulevaisuudessa : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
- Lehtomäki, J. 2014. Spatial conservation prioritization for Finnish forest conservation management. Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/136132>
- Lehtomäki, J. & Moilanen, A. 2013. Methods and workflow for spatial conservation prioritization using Zonation. *Environ. Model. Softw.* 47: 128–137.
- Lehtomäki, J., Tomppo, E., Kuokkanen, P., Hanski, I. & Moilanen, A. 2009. Applying spatial conservation prioritization software and high-resolution GIS data to a national-scale study in forest conservation. *Forest Ecology and Management* 258: 2439–2449.
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkinen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A., Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet. Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2021. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-275-9>
- Lehtonen, A., Eyvindson, K., Härkönen, K., Leppä, K., Salmivaara, A., Peltoniemi, M., Salminen, O., Sarkkola, S., Launiainen, S., Ojanen, P., Rätty, M. & Mäkipää, R. 2023. Potential of continuous cover forestry on drained peatlands to increase the carbon sink in Finland. *Scientific reports* 13, 15510 <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42315-7>

- Lehtonen, E., Kuuluvainen, J., Pouta, E., Rekola, M. & Li, C.Z. 2003. Non-market benefits of forest conservation in southern Finland. *Environmental Science & Policy* 6(3): 195–204.
- Lehtonen, I, Venäläinen, A. & Gregow, H. 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Raportteja 2020:5. Ilmatieteenlaitos, Helsinki 2020
- Lima, M.M. & Mariano-Neto, E. 2014. Extinction thresholds for Sapotaceae due to forest cover in Atlantic Forest landscapes. *Forest Ecology and Management* 312: 260–270.
- Linbladh, M., Elmberg, J., Hedwall, P.-O., Holström, E. & Felton, A. 2022. Broadleaf retention benefits to bird diversity in mid-rotation conifer production stands. *Forest Ecology and Management* 515: 120223.
- Lindberg, H. & Arnkil, N. 2023, Metsäisten paahdeympäristöjen tunnistaminen ja hoito. Tapijon raportteja nro 57, 56 s.
- Lindberg, H., Punttila, P. & Vanha-Majamaa, I. 2021. Metsien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi tarvitaan kulotusta ja metsäpaloalueiden suojelua. *Metsätieteen aikakauskirja* 2021: 10523.
- Lindenmayer, D.B., Fischer, J. & Cunningham, R.B. 2005. Native vegetation cover thresholds associated with species responses. *Biological Conservation* 124: 311–316.
- Lindhe, A. & Lindelöw, A. 2004. Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrates for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management* 203: 1–20.
- Lindhe, A., Lindelöw, A. & Åsenblad, N. 2005. Saproxylic beetles in standing dead wood density in relation to substrate sun-exposure and diameter. *Biodiversity and Conservation* 14: 3033–3053.
- Lindhe, A., Åsenblad, N. & Toresson, H.G. 2004. Cut logs and high stumps of spruce, birch, aspen and oak - nine years of saproxylic fungi succession. *Biological Conservation* 119: 443–454.
- Lintuatlas 2025. Tulipäähippiäinen (*Regulus ignicapilla*). Luonnontieteellinen keskusmuseo Luomus & BirdLife Suomi: Suomen 4. lintuatlas. <https://tulokset.lintuatlas.fi/species/MX.33952>
- Lintunen, J., Laturi, J. & Uusivuori, J. 2016. How should a forest carbon rent policy be implemented? *Forest Policy and Economics* 69: 31–39.
- Lintunen, J. & Uusivuori, J. 2016. On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies. *Journal of Forest Economics* 24: 130–156.
- Löhmus, P., Degtjarenko, P., Lotman, S., Copot, O., Rosensvald, R. & Löhmus, A. 2023. "Ready! Set! Lichen!": a citizen-science campaign for lichens, against the odds of success. *Biodiversity and Conservation* 32: 4753–4765.
- Löhmus, P., Löhmus, A. & Hämäläinen, A. 2018. Rapid legacy-dependent succession of lichen assemblages after forest fires: Insights from two boreal regions. 29: 200–212.

- Luke 2022. Metsien suojelu 1.1.2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsien-suojelu/metsien-suojelu-112022>
- Luke 2023a. Suomen ilmastotavoitteita ei saavuteta ilman vaikuttavia metsäsektorin ohjauskeinoja. Policy Brief 9/2023. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/politiikkasuositus-suomen-ilmastotavoitteita-ei-saavuteta-ilman-vaikuttavia-metsasektorin-ohjauskeinoja>
- Luke 2023b. Hakkuut vähenivät 25 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2022. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/hakkuut-vahenivat-75-miljoonaan-kuutiometriin-vuonna-2022>
- Luke 2023c. Metsänjalostus ja metsien geneettinen monimuotoisuus. Verkkosivut: <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsanjalostus/metsanjalostus-ja-metsien-geneettinen-monimuotoisuus>
- Luke 2024a. Hakkuupinta-alat maakunnittain (metsänkäyttöilmoituksista). Tilastotietokanta. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/08\\_Hakkuupinta-alat\\_mk.px/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/08_Hakkuupinta-alat_mk.px/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0)
- Luke 2024b. Metsänhoito- ja metsänparannustöiden työmäärät (ha) 1950- Tilastotietokanta. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_04%20Metsa\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/06a\\_tyomaarat\\_1950.px/table/tableViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/06a_tyomaarat_1950.px/table/tableViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0)
- Luke 2024c. Puun kulkuvirrat tilasto. Metsäteollisuuden massatase. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-kulkuvirrat>
- Luke 2024d. Metsänhoito- ja metsänparannustyöt 2023 <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsanhoito-ja-metsanparannustyot/metsanhoito-ja-metsanparannustyot-2023>
- Lumperoinen, M. & Hämäläinen, M. 2020. Metsitys kestävästi – paikkatietoanalyysi joutoaluiden metsityspotentialista Suomessa vuonna 2020. Tapio Oy [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/09/Raportti\\_Metsityspotentiali\\_Tapio\\_19\\_05\\_2020.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/09/Raportti_Metsityspotentiali_Tapio_19_05_2020.pdf)
- Lundström, J., Jonsson, F., Perhans, K. & Gustafsson, L. 2013. Lichen species richness on retained aspens increases with time since clear-cutting. *Forest Ecology and Management* 293: 49–56.
- Luyssaert, S., Schulze, ED., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B.E., Ciais, P. & Grace, J. 2008: Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455: 213–215.
- Lämås, T., Sandström, E., Jonzén, J., Olsson, H. & Gustafsson, L. 2015. Tree retention practices in boreal forests: what kind of future landscapes are we creating? *Scandinavian Journal of Forest Research* 30: 526–537.
- Löfgren, S., Ring, E., Von Brömssen, C., Sørensen, R. & Högbom, L. 2009. Short-term effects of clear-cutting on the water chemistry of two boreal streams in northern Sweden: A paired catchment study. *Ambio* 38: 347–56. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.7.347>

- Maa- ja metsätalousministeriö 2015. Suunnitelma metsien suojelualue- ja METSO-tilastoinnin kehittämiseksi. METI-työryhmä. MMM:n työryhmämuistio 2015/2. 57 s.  
<https://mmm.fi/documents/1410837/1722412/MMM-TRM-2015-2/9a56016b-8b6e-486e-b719-7552136a8d89/MMM-TRM-2015-2.pdf?t=1442824286000>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmasto-suunnitelmasta. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022:15. Helsinki.  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164301/MMM\\_2022\\_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164301/MMM_2022_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2023. Kansallinen metsästrategia 2035. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2023:22. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165182/MMM\\_2023\\_22.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165182/MMM_2023_22.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Maa- ja metsätalousministeriö 2024a. Metsien rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. 12.4.2024.  
<https://mmm.fi/documents/1410837/22836561/Metsien+rooli+ilmastonmuutoksen+hillinnassa.pdf/b8b48104-a90c-ed4d-647d-8982f8f507d5/Metsien+rooli+ilmastonmuutoksen+hillinnassa.pdf>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2024b. Maankäyttösektori osana EU:n ilmastotavoitteita.  
<https://mmm.fi/lulucf>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2025. Metsätalouden tulosperusteiset tuet: Työryhmän muistio. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja, 2025:3. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-582-8>
- Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:63. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-263-3>
- Majdanova, L., Hofmeister, J., Pouska, V., Mikolas, M., Zibarova, L., Vitkova, L., Svoboda, M. & Cada, V. 2023. Old-growth forests with long continuity are essential for preserving rare wood-inhabiting fungi. *Forest Ecology and Management* 541: 121055.
- Margules, C.R. & Pressey, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243–253.
- Martensen, A.C., Ribeiro, M.C., Banks-Leite, C., Prado, P.I. & Metzger, J.P. 2012. Associations of forest cover, fragment area, and connectivity with neotropical understory bird species richness and abundance. *Conservation Biology* 26: 1100–1111.
- Martikainen, P. 2001. Conservation of threatened saproxylic beetles: significance of retained aspen *Populus tremula* on clearcut areas. *Ecological Bulletins* 49: 205–218.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Punntila, P., Kaila, L. & Rauh, J. 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation* 94: 199–209.

- Martin, M., Shorohova, E. & Fenton, N.J. 2023. Embracing the Complexity and the Richness of Boreal Old-Growth Forests: A Further Step Toward Their Ecosystem Management. Teoksessa Girona, M.M., Morin, H., Gauthier, S. & Bergeron, Y. (toim.): *Boreal Forests in the Face of Climate Change: Sustainable Management*. Springer. Ss. 191–218.
- Marttila, H. & Kløve, B. 2010. Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological Engineering* 36(7): 900–911. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.04.002>
- Marttila, H., Vuori, K-M., Hökkä, H., Jämsen, J., Kløve, B. 2010. Framework for designing and applying peak runoff control structures for peatland forestry conditions. *Forest Ecology and Management* 260(8): 1262–1273. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.032>
- Mattsson, T., Ahtiainen, M., Kenttämies, K. & Haapanen, M. 2006b. Avohakkuun ja ojituksen pitkäaikaisvaikutukset valuma-alueen ravinne- ja kiintoainehuuhtoumin. Teoksessa: Kenttämies, K. & Mattsson, T. (toim.). *Metsätalouden vesistökuormitus – MESUVE-projektin loppuraportti*. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 816, 73–82.
- Mattsson, T., Finér, L., Kenttämies, K., Ahtiainen, M., Haapanen, M., Lepistö, A. 2006a. Avohakkuun vaikutus fosforin, typen ja kiintoaineen huuhtoumiin; raportti VALU-tutkimushankkeen ja Siuntion Rudbäckin alueiden tutkimuksista. Teoksessa: Kenttämies, K. & Mattsson, T. (toim.). *Metsätalouden vesistökuormitus – MESUVE-projektin loppuraportti*. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 816, 63–70.
- McGrath, M.J., Schulte-Frohlinde, A. & Luysaert, S. 2023. New ways for (in)validating the forest carbon neutrality hypothesis. *Global Change Biology* 2023: e16982. <https://doi.org/10.1111/gcb.16982>
- Mehtätalo, L. 2023. Suojelualueiden vaikutus hiilinieluihin ja -varastoihin. Julkaisussa: Hynynen, J., Korhonen, K.T., Kärkkäinen, L., Mehtätalo L., Mutanen, A., Rautio, P. & Viitala, E.-J. 2023. *Metsälain ilmastovaikutusten arviointi*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 49/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-696-2>
- Metcalfe, P.J., Baker, W., Andrews, K., Atkinson, G., Bateman, I.J., Butler, S., Carson, R.T., East, J., Gueron, Y., Sheldon, R. & Train, K. 2012. An assessment of the nonmarket benefits of the Water Framework Directive for households in England and Wales. *Water Resources Research* 48, 2010WR009592. <https://doi.org/10.1029/2010WR009592>
- Metsäkeskus 2023. Taimikonhoitorästit ovat vähentyneet merkittävästi. Uutinen 27.6.2023. <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/taimikonhoitorastit-ovat-vahentyneet-merkittavasti>
- Metsäkeskus 2024. Vastuullisuusraportti 2023 – Kohti kokonaiskestävää metsien käyttöä. Hyväksytty johtokunnassa 16.5.2024. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/vastuullisuusraportti-2023.pdf>
- Metsänhoidon suositukset. 2024. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi>
- Miettinen, J., Ollikainen, M., Finér, L., Koivusalo, H., Laurén, A. & Valsta, L. 2012. Diffuse load abatement with biodiversity co-benefits: The optimal rotation age and buffer zone size. *Forest Science* 58, 342–352. <https://doi.org/10.5849/forsci.10-070>

- Mikkonen, N. & Moilanen, A. 2013. Identification of top priority areas and management landscapes from a national Natura 2000 network. *Environmental Science & Policy* 27: 11–20.
- Mikkonen, N., Leikola, N., Halme, P., Heinaro, E., Lahtinen, A. & Tanhuanpää, T. 2020. Modeling of Dead Wood Potential Based on Tree Stand Data. *Forests* 2020 11(9): 913. <https://doi.org/10.3390/f11090913>
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lahtinen, A., Lehtomäki, J. & Halme, P. 2018. Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2018. <http://hdl.handle.net/10138/234359>
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lehtomäki, J., Halme, P. & Moilanen, A. 2023. National high-resolution conservation prioritisation of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 541: 121079. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121079>.
- MMM & YM 2020. Puutuotteet hiilen varastona Suomessa. Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. <https://mmm.fi/documents/1410837/7764238/Puutuotteet+hiili-varastoina+16092020.pdf/d834c572-03c9-efa5-79fa-4a31b1602fc7/Puutuotteet+hiili-varastoina+16092020.pdf?t=1665575161032>
- MMM 1997. Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsälain soveltamisesta annetun maa- ja metsätalousministeriön päätöksen muuttamisesta. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/-1997/19971178>
- Mohr, J., Thom, D., Hasenauer, H. & Seidl, R. 2024. Are uneven-aged forests in Central Europe less affected by natural disturbances than even-aged forests? *Forest Ecology and Management* 559: 121816.
- Moilanen, A. Franco, A., Early, R.I., Fox, R., Wintle, B. & Thomas, C.D. 2005. Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272 (2005): 1885–1891.
- Moilanen, A., Leathwick, J.R. & Quinn, J.M. 2011. Spatial prioritization of conservation management. *Conservation Letters* 4: 383–393. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.-2011.00190.x>
- Moilanen, M., Hytönen, J., Hökkä, H., & Ahtikoski, A. 2015. Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland. *Silva Fennica* 49(3).
- Moor, H., Nordén, J., Penttilä, R., Siitonen, J. & Snäll, T. 2021. Long-term effects of colonization–extinction dynamics of generalist versus specialist wood-decaying fungi. *Journal of Ecology* 109: 491–503.
- Mosquera, V., Gundale, M. J., Palviainen, M., Laurén, A., Laudon, H. & Hasselquist, E.M. 2024. Biochar as a potential tool to mitigate nutrient exports from managed boreal forest: A laboratory and field experiment. *GCB Bioenergy* 16: e13131. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13131>

- Muilu, I., Patronen, J., Armila, N., Lehtoranta, I. & Rautalin, J. 2024. Biomassan verotuksen laajentamisen mahdollisuudet ja haasteet. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024: 7. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-184-1>
- Mykrä, H., Annala, M., Hilli, A., Hotanen, J.-P., Hokajärvi, R., Jokikokko, P., Karttunen, K., Kesälä, M., Kuoppala, M., Leinonen, A., Marttila, H., Meriö, L.-J., Piirainen, S., Porvari, P., Salmivaara, A. & Vaso, A. 2023. GIS-based planning of buffer zones for protection of boreal streams and their riparian forests. *Forest Ecology and Management* 528: 120639. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120639>
- Mäntymaa, E., Artell, J., Forsman, J.T. & Juutinen, A. 2023. Is it more important to increase carbon sequestration, biodiversity, or jobs? A case study of citizens' preferences for forest policy in Finland. *Forest Policy and Economics* 154: 103023. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103023>
- Mäntymaa, E., Juutinen, A., Tolvanen, A. & Pouta, E. 2024. People are willing to pay for climate- and biodiversity-friendly policies in Finland: opportunities of wind power, forest management, and peatland restoration. *Journal of Environmental Planning and Management* 1–27. <https://doi.org/10.1080/09640568.2024.2364763>
- Mäntymaa, E., Juutinen, A., Tyrväinen, L., Karhu, J. & Kurttila, M. 2018. Participation and compensation claims in voluntary forest landscape conservation: The case of the Ruka-Kuusamo tourism area, Finland. *JFE* 33: 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.09.003>
- Määttä, A.-M., Virkkala, R., Leikola, N. & Heikkinen, R.K. 2022. Increasing loss of mature boreal forests around protected areas with red-listed forest species. *Ecological Processes* 11: 17.
- Mönkkönen, M., Aakala, T., Blattert, C., Burgas, D., Duflot, R., Eyvindson, K., Kouki, J., Laaksonen, T. & Punttila, P. 2022. More wood but less biodiversity in forests in Finland: a historical evaluation. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 98 (Supplement 2): 1–11, <https://journal.fi/msff/article/view/120306>.
- Nieminen, A., Vanhatalo, K. & Schneider, H. 2019a. Jatkuvaiteinen metsänkasvatus. Verkko-sivut. Tapio. <https://tapio.fi/projektit/monipuoliset-metsanhoitomenetelmakayttoon-suometsissa/jatkuvapeitteinen-metsankasvatus/>
- Nieminen, E., Ahtiainen, H., Lagerkvist, C.-J. & Oinonen, S. 2019b. The economic benefits of achieving Good Environmental Status in the Finnish marine waters of the Baltic Sea. *Marine Policy* 99: 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.10.014>
- Nieminen, M. 2003. Effects of clear-cutting and site preparation on water quality from a drained Scots pine mire in southern Finland. *Boreal Environment Research* 8: 53–59.
- Nieminen, M., Hasselquist, E.M., Mosquera, V., Ukonmaanaho, L., Sallantausta, T. & Sarkkola, S. 2022. Post-drainage stand growth and peat mineralization impair water quality from forested peatlands. *Journal of Environmental Quality* 00: 1–11. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20412>

- Nieminen, M., Palviainen, M., Sarkkola, S., Laurén, A., Marttila, H. & Finér, L. 2017a. A synthesis of the impacts of ditch network maintenance on the quantity and quality of runoff from drained boreal peatland forests. *Ambio* 47, 523–534. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0966-y>
- Nieminen M., Pukkala T., Stenberg L., Sarkkola S., Vihonen A. & Valkeapää A. 2023. Jatkuvan kasvatuksen ja tasaikäismetsätalouden vaikutus metsäisten valuma-alueiden vesistökuormitukseen Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 22001. <https://doi.org/10.14214/ma.22001>
- Nieminen, M., Räsänen, A., Miettinen, J., Sarkkola, S., Stenberg, L., Pukkala, T. 2024a. Effects of forest management and water protection practices on nutrient exports in a forested boreal catchment. *Ecological Engineering-julkaisusarjaan toimitettu käsikirjoitus*.
- Nieminen, M. Sallantaus, T. & Sarkkola, S. 2024b. Nutrient, heavy metal and dissolved organic carbon retention and release by natural mires in boreal forested catchments. *Valmistellillä oleva käsikirjoitus*.
- Nieminen, M, Sallantaus, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M. & Sarkkola, S. 2017b. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609: 974–981. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.210>
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Haahti, K., Sallantaus, S., Koskinen, M. & Ojanen, P. 2020a. Metsäoijitettujen soiden typpi- ja fosforikuormitus. *Suo* 71: 1–13. ISSN 0039-5471
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Hellsten, S., Marttila, H., Piirainen, S., Sallantaus, T. & Lepistö, A. 2018. Increasing and decreasing nitrogen and phosphorus trends in runoff from drained peatland forests—Is there a legacy effect of drainage or not? *Water Air and Soil Pollution* 229(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3945-4>
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Sallantaus, T., Hasselquist, E.M. & Laudon, H. 2021. Peatland drainage - a missing link behind increasing TOC concentrations in waters from high latitude forest catchments? *Science of the Total Environment* 774(18), 145150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145150>
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tervahauta, A., Saarimaa, M. & Sallantaus, T. 2020b. Water quality management dilemma: Increased nutrient, carbon, and heavy metal exports from forestry-drained peatlands restored for use as wetland buffer areas. *Forest Ecology and Management* 465: 118089. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118089>
- Nieminen, M., Stenberg, L., Leppä, K., Lohila, A., Minkkinen, K., Ojanen, P., Korhikoski, M., Penttilä, T. & Sarkkola, S. 2024c. Effect of partial harvesting on exports of dissolved organic carbon and nutrients from drained boreal pine mires. *Boreal Environment Research (hyväksytty julkaistavaksi)*.
- Nirhamo, A., Hämäläinen, A., Hämäläinen, K. & Kouki, J. 2024. The response of epiphytic lichens on living and dead *Pinus sylvestris* to prescribed fires of varying severity. *Forest Ecology and Management* 551: 121558.

- Nirhamo, A., Hämäläinen, K., Junninen, K. & Kouki, J. 2023. Deadwood on clearcut sites during 20 years after harvests: The effects of tree retention level and prescribed burning. *Forest Ecology and Management* 545: 121287.
- Nirhamo, A., Pykälä J., Halme, P. & Komonen, A. 2021. Lichen communities on *Populus tremula* are affected by the density of *Picea abies*. *Applied Vegetation Science* 24: e12584.
- Nirhamo, A., Pykälä, J., Jääskeläinen, K. & Kouki, J. 2023. Habitat associations of red-listed epiphytic lichens in Finland. *Silva Fennica* 57: 22019.
- Nordén, J., Åström, J., Josefsson, T., Blumentrath, S., Ovaskainen, O., Sverdrup-Thygeson, A. & Nordén, B. 2018. At which spatial and temporal scales can fungi indicate habitat connectivity? *Ecological Indicators* 91: 138–148.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T. & Ericson, L. 2005: Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: implications for the nitrogen critical load. *Ambio* 34: 20–24.
- Nyberg, P. & Eriksson, T. 2001. Skyddsrdäer Längs VAttendrag (SILVA). Slutrapport av SILVA-projektet. Finfo 2001: 6. Fiskeriverket. Sverige.
- Ochoa-Quintero, J.M., Gardner, T.A., Rosa, I., de Barros Ferraz, S.F. & Sutherland, W.J. 2015. Thresholds of species loss in Amazonian deforestation frontier landscapes. *Conservation Biology* 29: 440–451.
- Ojanen, P. & Minkkinen, K. 2020. Metsäojitetun suon ilmastovaikutukset. Suo, vuosikerta 71, nro 2: 189–198. <https://www.suoseura.fi/ojitettujen-soiden-kestava-kaytto/metsaojitetun-suon-ilmastovaikutukset/>
- Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider, H. & Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi. Tutkijaneeli 2. Ojitettujen soiden kasvihuonekaasupäästöistä ja uudistamisesta. Raportti. Tapio. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/02/Ojitettujen-soiden-kasvi-huonekaasupaastoista-ja-uudistamisesta-Metsapolttiikkafoorum-tutkijaneeli-2.pdf>
- Ollikainen, M., Honkatukia, J. & Pukkala, T. 2025. Kansantaloudellisesti tasapainoinen nielu-polku Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseen. s. 63. <https://koneensaatio.fi/wp-content/uploads/2025/08/Kansantaloudellisesti-tasapainoinen-nielupolku-Suomen-hiilineutraaliustavoitteen-saavuttamiseen.pdf>
- Ollikainen, M., Seppälä, J., Lång, K., Weaver, S., Lund, P. & Korhonen, H. 2021. Ilmastopoliittikka, hiilineutraaliustavoite ja budjettiriihi 2021 – ajatuksia ja ehdotuksia. Suomen ilmastopaneelin julkaisuja 4/2021. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/ilmastopoliittikka-hiilineutraaliustavoite-ja-budjettiriihi-2021-ajatuksia-ja-ehdotuksia/>
- Ollila, P., Vikfors, S., Kilpeläinen, H., Aakkula, J., Hirvelä, H., Härkönen, K., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Myllykangas, J-P., Silfver, T. & Wall, A. 2022. Maankäyttösektorin ilmasto-suunnitelman mukainen skenaariotarkastelu vuoteen 2040. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-460-9>

- Packalen, T., Sallnäs, O., Sirkiä, S., Korhonen, K., Salminen, O., Vidal, C., Robert, N., Colin, A., Belouard, T., Schadauer, K., Berger, A., Rego, F., Louro, G., Camia, A., Rätty, M. & San-Miguel, J. 2014. The European Forestry Dynamics Model: Concept, design and results of first case studies. JRC Science and Policy Reports. [http://739uq.w4yserver.at/images/download/EFDM\\_2014\\_JRC%20Report\\_Packaleen%20et%20al.pdf](http://739uq.w4yserver.at/images/download/EFDM_2014_JRC%20Report_Packaleen%20et%20al.pdf)
- Palvi, A., Martínez-García, E., Szejner, P., Rinne-Garmston, K.T., Young, G.H., Sahlstedt, E., Mäkipää, R. & Lehtonen, A., 2025. Repeated nitrogen fertilization enhances Scots pine growth and carbon uptake without persistent long-term effects in boreal forests. *Tree Physiology*, tpaf053. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaf053>
- Palviainen, M., Finér, L., Laurén, A., Launiainen, S., Piirainen, S., Mattsson, T. & Starr, M. 2014. Nitrogen, phosphorus, carbon, and suspended solids loads from forest clear-cutting and site preparation: Long-term paired catchment studies from eastern Finland. *Ambio* 43: 218–233. <https://doi.org/10.1007/s13280-013-0439-x>
- Palviainen, M., Finér, L., Laurén, A., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2007. Development of ground vegetation biomass and nutrient pools in a clear-cut disc-plowed boreal forest. *Plant and Soil* 297: 43–52. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9317-2>
- Pardini, R., Bueno, A.D.A., Gardner, T.A., Prado, P.I. & Metzger, J.P. 2010. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS One* 5: e13666.
- Pasanen, H., Juutilainen, K. & Siitonen, J. 2019. Responses of polypore fungi following disturbance-emulating harvesting treatments and deadwood creation in boreal Norway spruce dominated forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 34: 557–568.
- Peichl, M., Martínez-García, E., Fransson, J.E.S., Wallerman, J., Laudon, H., Lundmark, T. & Nilsson, M.B. 2023. Landscape-variability of the carbon balance across managed boreal forests. *Global Change Biology* 29: 1119–1132. <https://doi.org/10.1111/gcb.16534>
- Länsineva, P. 2012. Luontoarvot, ympäristönsuojelulain uudistushanke ja perusoikeuskysymykset. Selvitys ympäristöministeriölle 2012.
- Peltoniemi, K., Pyrhönen, M., Laiho, R., Moilanen, M. & Fritze, H. 2016. Microbial communities after wood ash fertilization in a boreal drained peatland forest. *European Journal of Soil Biology* 76: 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.08.004>
- Peltoniemi, M., Huttunen, S., Hyyrynen, M., Similä, J., Halonen, K.-M., Haltia, E., Leppänen, J., Pohjola, J., Tikkanen, V.-M., Arola, T., Assmuth, A., Autto, H., Lehto, T., Lonkila, A., Pitzén, S., Uusivuori, J., Vesala, J., Viitala, E.-J. & Lintunen, J. 2023a. Hiilinieluja ja ilmastohyötyjä hallituin riskein. Metsäsektorin ohjauskeinojen monitieteinen analyysi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 110/2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-829-4>
- Peltoniemi, M., Li, Q., Turunen, P., Tupek, B., Mäkiranta, P., Leppä, K., ... & Mäkipää, R. 2023. Soil GHG dynamics after water level rise—Impacts of selection harvesting in peatland forests. *Science of The Total Environment* 901: 165421.

- Penn, J.M. & Hu, W. 2018. Understanding Hypothetical Bias: An Enhanced Meta-Analysis. *American Journal of Agricultural Economics* 100: 1186–1206.  
<https://doi.org/10.1093/ajae/aay021>
- Penttilä, R., Junninen, K., Punttila, P. & Siitonen, J. 2013. Effects of forest restoration by fire on polypores depend strongly on time since disturbance – a case study from Finland based on a 23-year monitoring period. *Forest Ecology and Management* 310: 508–516.
- Penttilä, R. & Kotiranta, H. 1996. Short-term effects of prescribed burning on wood-rotting fungi. *Silva Fennica* 30: 399–419.
- Penttilä, R., Siitonen, J. & Kuusinen, M. 2004. Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. *Biological Conservation* 117: 271–283.
- Peura, M., Eyvindson, K., Burgas, D., Mönkkönen, M., Raatikainen, K.J. & Kotiaho, J.S. 2024. Cost-effective biodiversity protection through multiuse-conservation landscapes. *Landscape Ecology* 39: 48.
- Pohjola, J., Laturi, J., Lintunen, J. & Uusivuori, J. 2018. Immediate and long-run impacts of a forest carbon policy—A market-level assessment with heterogeneous forest owners. *Journal of Forest Economics*, 32, 94–105.
- Pouzols, F.M, Toivonen, T., Di Minin, E. et al. 2014. Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism. *Nature* 516: 383–386.  
<https://doi.org/10.1038/nature14032>
- Punttila, P. 2000: Metsien suojelualueverkon merkitys lahopuukovakuoriaisten elinkelpoisten populaatioiden säilymiselle Etelä-Suomessa. Julkaisussa Heikkinen, R. Punttila, P. Virkkala, R. & Rajasärkkä, A. (toim.). Suojelualueverkon merkitys metsälajistolle: lehtojen putkilokasvit, metsien lahopuukovakuoriaiset, havu- ja sekametsien linnut. *Suomen ympäristö* 440: 49–96.
- Purhonen, J., Nirhamo, A., Jäntti, M. & Halme, P. 2024. Forest fuel extraction does not affect macrolichens on deadwood substrates, but only if coarse woody debris is not collected. *European Journal of Forest Research* (preprint).
- Pykälä J. 2004. Effects of new forestry practices on rare epiphytic macrolichens. *Conservation Biology* 18: 831–838.
- Pykälä J. 2007. Implementation of Forest Act habitats in Finland: does it protect the right habitats for threatened species? *Forest Ecology and Management* 242: 281–287.
- Pykälä J. 2019. Avainbiotooppien merkitys epifyyttijäkälille. *Metsätieteen aikakauskirja* 2019: 10170.
- Pöyry, J., Luoto, M., Heikkinen, R.K., Kuussaari, M. & Saarinen, K. 2009. Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15: 732–743.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01789.x>
- Radford, J.Q., Bennett, A.F. & Cheers, G.J. 2005. Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological Conservation* 124: 317–337.

- Ramberg, E., Berglund, H., Penttilä, R., Strengbom, J. & Jönsson, M. 2023. Prescribed fire is an effective restoration measure for increasing boreal fungal diversity. *Ecological Applications* 2023: e2892.
- Ranius, T. & Jonsson, M. 2007. Theoretical expectations for thresholds in the relationship between number of wood-living species and amount of coarse woody debris: a study case in spruce forests. *Journal for Nature Conservation* 15: 120–130.
- Ranlund, Å., Hylander, K., Johansson, V., Jonsson, F., Nordin, U. & Gustafsson, L. 2018. Epiphytic lichen responses to environmental change due to clear-cutting differ among tree taxa. *Journal of Vegetation Science* 29: 1065–1074.
- Repo, A., Albrich, K., Jantunen, A., Aalto, J., Lehtonen, I., & Honkaniemi, J. 2024. Contrasting forest management strategies: Impacts on biodiversity and ecosystem services under changing climate and disturbance regimes. *Journal of Environmental Management*, 371: 123124.
- Repo, A., Lehtonen, A. & Sarkkola, S. 2022. Metsien hiilen kierto. Julkaisussa: Routa, J. & Huuskonen, S. (toim.) *Jatkuvapuiteinen metsänkasvatus. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus.*  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Repola, J. 2013. Modelling tree biomasses in Finland. *Dissertationes Forestales* 158. 40 pp.  
<https://doi.org/10.14214/df.158>
- Reunanen, P., Mönkkönen, M., Nikula, A., Hurme, E. & Nivala, V. 2004. Assessing landscape thresholds for the Siberian flying squirrel. *Ecological Bulletins* 51: 277–286.
- Richmond, S., Jenkins, E., Couturier, A. & Cadman, M. 2015. Thresholds in forest bird richness in response to three types of forest cover in Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 30: 1273–1290.
- Richy, E., Fort, T., Odriozola, I., Kohout, P., Barbi, F., Martinovic, T., Tupek, B. et al. 2024. Phosphorus limitation promotes soil carbon storage in a boreal forest exposed to long-term nitrogen fertilization. *Global Change Biology* 30(9): e17516.
- Rigueira, D.M.G., da Rocha, P.L.B. & Mariano-Neto, E. 2013. Forest cover, extinction thresholds and time lags in woody plants (Myrtaceae) in the Brazilian Atlantic Forest: resources for conservation. *Biodiversity and Conservation* 22: 3141–3163.
- Riikonen, J., Haapanen, M. & Stenvall. n.d. Metsänjalostus ja ilmastonmuutos. Verkkosivut. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsanjalostus/metsanjalostus-ja-ilmastonmuutos>
- Rissanen A.J., Ojanen P., Stenberg L., Larmola T., Anttila J., Tuominen S., Minkkinen K., Koskinen M. & Mäkipää R. 2023. Vegetation impacts ditch methane emissions from boreal forestry-drained peatlands—Moss-free ditches have an order-of-magnitude higher emissions than moss-covered ditches. *Frontiers in Environmental Science* 11.  
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1121969>

- Roberge, J.M., Angelstam, P. & Villard, M. A. 2008. Specialised woodpeckers and naturalness in hemiboreal forests—deriving quantitative targets for conservation planning. *Biological conservation* 141: 997–1012.
- Roberge, J.-M., Laudon, H., Björkman, C., Ranius, T., Sandström, C., Felton, A., Sténs, A., Nordin, A., Granström, A., Widemo, F., Bergh, J., Sonesson, J., Stenlid, J. & Lundmark, T. 2016: Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* 45 (Suppl. 2): 109–123.
- Rodríguez, A. & Kouki, J. 2015. Emulating natural disturbance in forest management enhances pollination services for dominant *Vaccinium* shrubs in boreal pine-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 350: 1–12.
- Rosenvald, R., Lõhmus, A. & Kiviste, A. 2008. Preadaptation and spatial effects on retention-tree survival in cut areas in Estonia. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 2616–2625
- Rosenvald, R., Lõhmus, P., Rannap, R., Remm, L., Rosenvald, K., Runnel, K. & Lõhmus A. 2019. Assessing long-term effectiveness of green-tree retention. *Forest Ecology and Management* 448: 543–548.
- Routa, J. & Huuskonen, S. 2022. Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Runnel, K., Rosenvald, R. & Lõhmus, A. 2013. The dying legacy of green-tree retention: Different habitat values for polypores and wood-inhabiting lichens. *Biological Conservation* 159: 187–196.
- Ruokolainen, A., Shorohova, E., Penttilä, R., Kotkova, V. & Kushnevskaia, H. 2018. A continuum of dead wood with various habitat elements maintains the diversity of wood-inhabiting fungi in an old-growth boreal forest. *European journal of forest research* 137: 707–718.
- Ruotsalainen, S., Himanen, K., Viherä-Aarnio, A., Aarnio, L., Haapanen, M., Luoranen, J., Matala, J., Riikonen, J., Uotila, K. & Ylioja, T. 2022. Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-394-7>
- Rybicki, J. & Hanski, I. 2013. Species–area relationships and extinctions caused by habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters* 16: 27–38.
- Räike, A., Taskinen, A. & Knuuttila, S. 2019. Nutrient export from Finnish rivers into the Baltic Sea has not decreased despite water protection measures. *Ambio* 49: 460–474. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01217-7>
- Räty, M., Koivula, M., Piirainen, S., Korhonen, K.T., Haltia, E., Pynnönen, S., Viitala, E.-J., Raatikainen, R., Granander, M., Kotiharju, S., Nieminen, T.M., Hamberg, L., Korhonen, A., Louhi, P., Tuominen, S., Siitonen, J., Juutinen, A. & Partanen J. 2022. Talousmetsien luonnonhoidon tehostamisen vaihtoehdot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022: 67.

- Saarikoski, H., Aapala, K., Artell, J., Grammatikopoulou, I., Hjerpe, T., Lehtoranta, V., Mustajoki, J., Pouta, E., Primmer, E. & Vatn, A., 2022. Multimethod valuation of peatland ecosystem services: Combining choice experiment, multicriteria decision analysis and deliberative valuation. *Ecosystem Services* 57: 101471.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101471>
- Saarsalmi A., Tamminen P. & Kukkola M. 2014. Effects of long-term fertilisation on soil properties in Scots pine and Norway spruce stands. *Silva Fennica* 48(1): 989. 19 p
- Saavalainen, H. 2024. Matti Kärkkäinen päätti uhmata viranomaisia: kuivasi kokonaisen suon kysymättä lupia. *HS Ympäristö*. Artikkelin Helsingin Sanomissa 23.2.2024.
- Sahlin, E. & Ranius, T. 2009. Habitat availability in forests and clearcuts for saproxylic beetles associated with aspen. *Biodiversity and Conservation*
- Saine, S., Penttilä, R., Furneaux, B., Monkhouse, N., Zakharov, E., Ovaskainen, O. & Abrego, N. 2023. Natural deadwood hosts more diverse pioneering wood-inhabiting fungal communities than restored deadwood. *Restoration Ecology* 32: 14056.
- Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito. Yhteenveto ilmaston vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-115-8>
- Salemaa, M., Hotanen, J.-P., Oksanen, J., Tonteri, T. & Merilä, P. 2023. Broadleaved trees enhance biodiversity of the understorey vegetation in boreal forests. *Forest Ecology and Management* 546: 121357.
- Salminen, O., Kuusela, S., Punntila, P. & Syrjänen, K. 2023. Luonnonhoidon ja lisäsuojelun vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin ja puuntuotannon mahdollisuuksiin. *Metsätieteen aikakauskirja*: 10721.  
<https://doi.org/10.14214/ma.10721>
- Salo, K., Domisch, T. & Kouki, J. 2019. Forest wildfire and 12 years of post-disturbance succession of saprotrophic macrofungi (*Basidiomycota*, *Ascomycota*). *Forest Ecology and Management* 451: 117454.
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivänen, J. & Laine, J. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 1485-1496.  
<https://doi.org/10.1139/X10-084>
- Saura, S., Bodin, Ö. & Fortin, M.-J. 2014. Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology* 51: 171–182.
- Savilaakso, S., Johansson, A., Häkkinen, M., Uusitalo, A., Sandgren, T., Mönkkönen, M. & Puttonen, P. 2021. What are the effects of even-aged and uneven-aged forest management on boreal forest biodiversity in Fennoscandia and European Russia? A systematic review. *Environmental Evidence* 10:1.

- Schmidt, N.B.C. & Roland, J. 2006. Moth diversity in a fragmented habitat: importance of functional groups and landscape scale in the boreal forest. *Annals of the Entomological Society of America* 99: 1110–1120.
- Schroeder, L.M., Sahlin, E. & Paltto, H. 2011. Retention of aspen (*Populus tremula*) at final cuttings - the effect of dead wood characteristics on saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management* 262: 853–862.
- Schrott, G.R., With, K.A. & King, A.W. 2005. On the importance of landscape history for assessing extinction risk. *Ecological Applications* 15: 493–506.
- Seppälä, J., Heinonen, T., Kilpeläinen, A., Peltola, H., Pukkala, T., Sihvonen, M., Soimakallio, S., Weaver, S., Vesala, T. & Ollikainen, M. 2022. Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 3/2022. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt/>
- Shah, N.W., Baillie, B.R., Bishop, K., Ferraz, S., Högbom, L. & Nettles, J. 2022. The effects of forest management on water quality. *Forest Ecology and Management* 522: 120397. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120397>.
- Shorokhova, E. 2015. Hiilensidonta ja ekosysteemin palautumiskyky. Kirjassa: Salo, K. (toim.), Metsä. Monikäyttö ja ekosysteemipalvelut. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Ss. 301–304.
- Shorohova, E. & Kapitsa, E. 2014. Influence of the substrate and ecosystem attributes on the decomposition rates of coarse woody debris in European boreal forests. *Forest Ecology and Management* 315: 173–184.
- Shorohova, E. & Kapitsa, E. 2015. Stand and landscape scale variability in the amount and diversity of coarse woody debris in primeval European boreal forests. *Forest Ecology and Management* 356: 273–284.
- Shorohova, E., Kneeshaw, D., Kuuluvainen, T. & Gauthier, S. 2011. Variability and dynamics of old-growth forests in the circumboreal zone: implications for conservation, restoration and management. *Silva Fennica* 45: 785–806.
- Shorohova, E., Kuuluvainen, T., Kangur, A. & Jögiste, K. 2009. Natural stand structures, disturbance regimes and successional dynamics in the Eurasian boreal forests: a review with special reference to Russian studies. *Annals of Forest Science* 66: 1–20.
- Shorohova, E., Lindberg, H., Kuuluvainen, T. & Vanha-Majamaa, I. 2024. Restoration treatments diversify deadwood profiles in managed boreal mature spruce forests for decades. (Julkaisematon käsikirjoitus)
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins* 49: 11–41. <https://www.jstor.org/stable/20113262>
- Siitonen, J. & Huhta, E. 2023. Talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden vaikutukset uhanalaisten lajien elinympäristöihin ja esiintymiseen – pohjoismaiseen kirjallisuuteen perustuva katsaus. 107 s.

- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook -1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P. & Rauh, J. 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 128: 211–225.
- Siitonen, J., Penttilä, R. & Ihalainen, A. 2013. METSO-ohjelman uusien pysyvien ja määräaikaisten suojelualueiden ekologinen laatu Uudenmaan alueella. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2012 numero 4 artikkeli 6487*. <https://doi.org/10.14214/ma.6487>
- Silfver, T., Aakkula, J., Haakana, M., Haikarainen, S., Hirvelä, H., Hynynen, M., Mikola, J., Mutanen, A., Myllykangas, J-P., Ollila, P., Salminen, H., Tuomainen, T., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2024. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman skenaariotarkastelujen päivitys. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2024*. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-869-0>
- Simkin, J., Ojala, A. & Tyrväinen, L. 2020. Restorative effects of mature and young commercial forests, pristine old-growth forest and urban recreation forest-A field experiment. *Urban Forestry & Urban Greening* 48: 126567.
- Škerlep, M., Steiner, E., Axelsson, A.-L. & Kritzberg, E.S. 2019. Afforestation driving long-term surface water browning. *Global Change Biology* 2019: 1–10. doi:10.1111/gcb.14891
- Sohngen, B. & Mendelsohn, R. 2003. An optimal control model of forest carbon sequestration. *American Journal of Agricultural Economics* 85(2): 448–457.
- Soimakallio, S. & Pihlainen, S. 2023. Metsänielujen kehityssuunnat vuosina 2021–2025 ja suhde EU-velvoitteisiin sekä ohjauskeinot nielujen vahvistamiseksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2023.
- Soininen, N. & Pappila, M. 2023. Esiselvitys luonnon monimuotoisuutta turvaavan lainsäädännön kehittämisvaihtoehtoiksi. Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:18. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-402-4>
- Stephens, P.A., Sutherland, W.J. & Freckleton, R.P. 1999. What is the Allee effect? *Oikos* 87: 185–190.
- Stokland, J.N., Siitonen, J. & Jonsson, B.G. 2012. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press.
- Stolton, S., Shadie, P. & Dudley, N. 2013. IUCN WCPA Best Practice Guidance on Recognising Protected Areas and Assigning Management Categories and Governance Types, Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 21, Gland, Switzerland: IUCN
- Suomen ilmastopaneeli 2023. Suuntaviivoja Suomen ilmastotoimien tehostamiseen. Suomen ilmastopaneelin julkaisuja 1/2023.
- Suomen ilmastopaneeli 2025. Suomen hiilineutraalispolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. Suomen ilmastopaneelin julkaisuja 1/2025. <https://doi.org/10.31885/9789527457337>

- Suomen metsäkeskus 2024. Metsävarakuviot. Paikkatietoaineisto. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/aineistot-paikkatieto-ohjelmille/paikkatietoaineistot>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. ISSN=1797-6049. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 27.6.2024]. Saantitapa: <https://stat.fi/tilasto/khki>
- Suomen ympäristökeskus 2018. Monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueet / High biodiversity value forests 2018 (Zonation) (FIN, ENG, SWE). Paikkatietoaineisto. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/monimuotoisuudelle-tarkeat-metsaalueet-high-biodiversity-value-forests-2018-zonation-fin-eng-sw>
- Suomen ympäristökeskus 2024a. Luonnon monimuotoisuus – Kainuu. Verkkosivu, käyty 30.8.2024. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/luonnon-monimuotoisuus-kainuu>
- Suomen ympäristökeskus 2024b. Monimuotoisuutta tukevat alueet (OECM). Verkkosivu, käyty 21.5.2024. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Monimuotoisuutta\\_tukevat\\_alueet\\_OECM/Monimuotoisuutta\\_tukevat\\_alueet\\_OECM\(66533\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Monimuotoisuutta_tukevat_alueet_OECM/Monimuotoisuutta_tukevat_alueet_OECM(66533))
- Suominen, M., Junninen, K., Heikkala, O. & Kouki, J. 2015. Combined effects of retention forestry and prescribed burning on polypore fungi. *Journal of Applied Ecology* 52: 1001–1008.
- Suominen, M., Junninen, K. & Kouki, J. 2019. Diversity of fungi in harvested forests 10 years after logging and burning: polypore assemblages on different woody substrates. *Forest Ecology and Management* 446: 63–70.
- Sverdrup-Thygeson, A. & Ims, R.A. 2002. The effect of forest clearcutting in Norway on the community of saproxylic beetles on aspen. *Biological Conservation* 106: 347–357.
- Swift, T.L. & Hannon, S.J. 2010. Critical thresholds associated with habitat loss: a review of the concepts, evidence, and applications. *Biological Reviews* 85: 35–53.
- Syrjänen, K., Hakalisto, S., Mikkola, J., Musta, I., Nissinen, M., Savolainen, R., Seppälä, J., Seppälä, M., Siitonen, J. & Valkeapää, A. 2016: Monimuotoisuudelle arvokkaiden metsäympäristöjen tunnistaminen. METSO-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet 2016–2025. Ympäristöministeriön raportteja 17.
- Syrjänen, K., Korhonen, K.T., Punntila, P. & Siitonen, J. 2024. Luonnontilaiset metsät ja vanhat metsät Suomessa - Euroopan komission ohjeet ja kansallinen tarkastelu. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2 | 2024 87 ss. <https://helda.helsinki.fi/bitstreams/5062f170-3e79-4eff-8e79-e9f0df58953f/download>
- Tange, A.C., Sjølie, H.K. & Gunnar Austrheim, G. 2024. Effectiveness of conservation measures to support biodiversity in boreal timber-production forests. *Silva Fennica* 58: 23057.
- Tapio 2022. Metsänhoidon suositukset. Metsien kestävä hoidon ja käytön perusteet. Tapion julkaisuja. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2022/12/Metsanhoidon-suositukset-Metsien-kestavan-hoidon-ja-kayton-perusteet-TAPIO-10-2022.pdf>

- Tapio Oy 2023. Lehtometsien hoito- ja hakkuuopas. Tapio Oy ja Metsäteollisuus ry., 33 s.
- Tapio. n.d. Metsän uudistamisen ajoitus. Saatavilla: <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/metsan-uudistamisen-ajoitus>
- Tikkanen, O.-P., Matero, J., Mönkkönen, M., Juutinen, A. & Kouki, J. 2012: To thin or not to thin: bio-economic analysis of two alternative practices to increase amount of coarse woody debris in managed forests. *European Journal of Forest Research* 131: 1411–1422.
- Tikkasalo, O.P., Peltola, O., Alekseychik, P., Heikkinen, J., Launiainen, S., Lehtonen, A., Li, Q., Martínez-García, E., Peltoniemi, M., Salovaara, P. & Tuominen, V. 2025. Eddy-covariance fluxes of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O in a drained peatland forest after clear-cutting. *Biogeosciences*, 22(5):1277–1300.
- Tilastokeskus 2021. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2020. [https://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_suominir.html](https://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_suominir.html)
- Tilastokeskus 2023. Kasvihuonekaasupäästöt vähenivät vuonna 2022. Katsaus 14.12.2023. Kasvihuonekaasut 2022. <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8d190lnb47r0bvvg344apf0>
- Tilastokeskus 2024. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa, 1990–2023\*. Tilastokeskuksen maksuttomat tilastotietokannat. [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_khki/statfin\\_khki\\_pxt\\_138v.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px/)
- Tilastokeskus 2025. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa, 1990–2024\*. [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_khki/statfin\\_khki\\_pxt\\_138v.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px/)
- Tilman, D., May, R.M., Lehman, C.L. & Nowak, M.A. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65–66.
- Timonen, J., Gustafsson, L., Kotiaho, J.S. & Mönkkönen, M. 2011. Hotspots in cold climate: conservation value of woodland key habitats in boreal forests. *Biological Conservation* 144: 2061–2067.
- Toivanen, T. & Kotiaho, J.S. 2007. Burning of logged sites to protect beetles in managed boreal forests. *Conservation Biology* 21: 1562–1572.
- Tolvanen, A., Korhonen, K.T., Viitanen, J. & Rätty, T. 2022. 3.4 Hiilivarasto ja -nielu. Julkaisussa: Aro, K., Karvinen, S., Pynnönen, S., Soini, K., Vehmasto, E. (toim.) 2022. Näkökulmia metsäalan kestävyyskeskusteluun. Systeminen lähestymistapa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 85/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-526-2>
- Tolvanen, A., Saarimaa, M., Ahtikoski, A., Haara, A., Hotanen, J.-P., Juutinen, A., Kojola, S., Kurttila, M., Nieminen, M., Nousiainen, H., Parkkari, M., Penttilä, T., Sarkkola, S., Tarvainen, O., Minkkinen, K., Ojanen, P., Hjort, P., Kotavaara, O., Rusanen, J., Sormunen, H., Aapala, K., Heikkinen, K., Karppinen, A., Martinmäki-Aulaskari, K., Sallantausta, T., Tuominen, S., Vilmi, A., Kuokkanen, P., Rehell, S., Ala-Fossi, A. & Huotari, N. 2018. Metsätaloustyöhön soveltumattomien ojitettujen soiden jatkokäyttö. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 48/2018. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-632-2>

- Tomppo, E., Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2001: 99–248.
- Tong, C.H.M., Nilsson, M.B., Sikström, U., Ring, E., Drott, A., Eklöf, K., Futter, M.N., Peacock, M., Segersten, J. & Peichl, M. 2022. Initial effects of post-harvest ditch cleaning on greenhouse gas fluxes in a hemiboreal peatland forest. *Geoderma* 426: 116055. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116055>
- Tukia, H., Hämäläinen, J. & Rytteri, T. (toim.) 2015. Harjumetsien paahde-elinympäristöverkostot - Metsien luonnonhoidon vaikutukset harjuluontoon, maisemaan ja paahdelajiston monimuotoisuuteen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2015. 102 s.
- Tupek, B., Lehtonen, A., Mäkipää, R., Peltonen-Sainio, P., Huuskonen, S., Palosuo, T., Heikkinen, J. & Regina, K. 2021. Extensification and afforestation of cultivated mineral soil for climate change mitigation in Finland. *Forest Ecology and Management* 501: 119672. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119672>
- Tuukkanen, T., Marttila, H. & Kløve, B. 2014. Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in peat extraction sites. *Water Resources Research* 50: 3523–3535. <https://doi.org/10.1002/2013WR015206>
- Tyrväinen, L., Mäntymaa, E. & Ovaskainen, V. 2014. Demand for enhanced forest amenities in private lands: The case of the Ruka-Kuusamo tourism area, Finland. *Forest Policy and Economics* 47: 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.05.007>
- Törmänen, T. (toim.) 2020. Ilmastokestävä metsänhoito -taustaraportti metsänhoidon suositusten kehittämiseen. Tapion raportteja nro 44. [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/12/Ilmastokestava-metsanhoito\\_taustaraportti\\_nro44\\_-23122020.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/12/Ilmastokestava-metsanhoito_taustaraportti_nro44_-23122020.pdf)
- Uliczka, H. & Angelstam, P. 1999. Occurrence of epiphytic macrolichens in relation to tree species and age in managed boreal forest. *Ecography* 22: 396–405.
- Uusivuori, J. & Laturi, J. 2007. Carbon rentals and silvicultural subsidies for private forests as climate policy instruments. *Canadian journal of forest research* 37(12): 2541–2551.
- Valkonen, S. 2022. Jatkovapeitteinen kasvatusta – mitä se on? Julkaisussa: Routa, J. & Huuskonen, S. (toim.). Jatkovapeitteinen metsänkasvatusta. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Vauhkonen, J., Mehtätalo, L., Hirvelä, H., Routa, J., Liski, J., Vakkilainen, E. & Asikainen, A. 2024. Suomen ja EU:n metsien kehitysskenaariot. Metsäbiotalouden tiedepaneelin raportti 2/2024. 42 s. <https://metsatiedepaneeli.fi/wp-content/uploads/2024/04/Suomen-ja-EUn-metsien-kehitysskenaariot-1.pdf>
- Valtioneuvosto 2008. Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelmasta 2008–2016. <http://www.metsonpolku.fi/download/ no-name/%7BA51BCBD0-0CAB-47B9-8F3B-C7482A8DDFF4%7D/115128>

- Valtioneuvosto 2014: Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman jatkamisesta 2014–2025. <http://www.ym.fi/download/ no-name/%7BE4BA4C28-3815-4E62-87B5-AF9226CF749C%7D/100323>
- Valtioneuvosto 2023. Vahva ja välittävä Suomi. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2023: 58. Helsinki. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165042/Paaministeri-Petteri-Orpon-hallituksen-ohjelma-20062023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- van der Hoek, Y., Zuckerberg, B. & Manne, L.L. 2015. Application of habitat thresholds in conservation: Considerations, limitations, and future directions. *Global Ecology and Conservation* 3: 736–743.
- Vanha-Majamaa, I. & Reinikainen, A. 2000. Muuttuvan maankäytön vaikutus kasvillisuuteen. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnonssa. Tammi. ss. 302–317.
- Vanha-Majamaa, I., Lilja, S., Ryömä, R., Kotiaho, J.S., Laaka-Lindberg, S., Lindberg, H., Puttonen, P., Tamminen, P., Toivanen, T. & Kuuluvainen, T. 2007. Rehabilitating boreal forest structure and species composition in Finland through logging, dead wood creation and fire: The EVO experiment. *Forest Ecology and Management* 250: 77–88.
- Vasander, H., Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L. & Laine, J. 2003. Status and restoration of peatlands in northern Europe. *Wetland Ecology and Management* 11: 51–63.
- Vauhkonen, J., Mehtätalo, L., Hirvelä, H., Routa, J., Liski, J., Vakkilainen, E. & Asikainen, A. 2024. Suomen ja EU:n metsien kehitysskenaariot. Metsäbiotalouden tiedepaneelin raportti 2/2024. Metsäbiotalouden tiedepaneeli. Helsinki. 40 s.
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P. & Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: a literature review. *Global Change Biology* 26: 4178–4196.
- Verhagen, W., Kukkala, A.S., Moilanen, A., van Teeffelen, A.J.A. & Verburg, P.H. 2017. Use of demand for and spatial flow of ecosystem services to identify priority areas. *Conservation Biology* 31: 860–871.
- Vesterinen, J., Pouta, E., Huhtala, A. & Neuvonen, M. 2010. Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland. *Journal of Environmental Management* 91: 984–994. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.12.005>
- Viitala, E.-J., Ahtikoski, A., Haltia, E., Hökkä, H., Mäkipää, R., Nieminen, M., Saarinen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A. & Valkonen, S. 2023. Tehokkaat ohjauskeinot jatkuvapeitteisen metsänkäsittelyn edistämiseksi runsasravinteisilla turvemaidilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 100/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 79 s.
- Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022. Maa- ja metsätalouden kannustinjärjestelmien ilmastovaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2022. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-388-6>

- Vindstad, O.P.L., Birkemoe, T., Ims, R.A. & Sverdrup-Thygeson, A. 2020. Environmental conditions alter successional trajectories on an ephemeral resource: a field experiment with beetles in dead wood. *Oecologia* 194: 205–219.
- Virkkala, R. & Lehikoinen, A. 2014. Patterns of climate-induced density shifts of species: poleward shifts faster in northern boreal birds than in southern birds. *Global Change Biology* 20: 2995–3003.
- Virkkala, R. & Lehikoinen, A. 2017. Birds on the move in the face of climate change: High species turnover in northern Europe. *Ecology and Evolution* 7: 8201–8209.
- Vuori, K.-M, Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsen, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. & Soimasuo, J. 2021. Puupohjaisilla uusilla Materiaaleilla tehoa metsätalouden Vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankeen loppuraportti. [www.syke.fi/hankkeet/puumavesi](http://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi)
- Väänänen, P., Smolander, A., Ilvesniemi, H., Laiho, R. & Lehto, T. 2023. Vaikutukset hiilinieluun. Julkaisussa: Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.). Metsälannoitus nyt ja tulevaisuudessa. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
- 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: 122409.
- Westerfelt, P., Widenfalk, O., Lindelöw, Å., Gustafsson, L. & Weslien, J. 2015. Nesting of solitary wasps and bees in natural and artificial holes in dead wood in young boreal forest stands. *Insect Conservation and Diversity* 8: 493–504.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology, Lake and River Ecosystems*. San Diego, CA: Academic Press.
- Wikars, L.-O. 1997. Effects of forest fire and the ecology of fire-adapted insects. *Acta Univ. Ups., Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 272. 35 s. Uppsala.
- Wiktander, U., Olsson, O. & Nilsson, S.G. 2001. Seasonal variation in home-range size, and habitat area requirement of the lesser spotted woodpecker (*Dendrocopos minor*) in southern Sweden. *Biological Conservation* 100: 387–395.
- Williamson, J.L., Tye, A., Lapworth, D.J. et.al. 2021. Landscape controls on riverine export of dissolved organic carbon from Great Britain. *Biogeochemistry* 164: 163–184. <https://doi.org/10.1007/s10533-021-00762-2>
- Wimberly, M.C. 2006. Species dynamics in disturbed landscapes: when does a shifting habitat mosaic enhance connectivity? *Landscape Ecology* 21: 35–46.
- With, K.A. & King, A.W. 1999. Extinction thresholds for species in fractal landscapes. *Conservation Biology* 13: 314–326.
- With, K.A. & King, A.W. 2001. Analysis of landscape sources and sinks: the effect of spatial pattern on avian demography. *Biological Conservation* 100: 75–88.

Ylisirniö, A.-L., Mönkkönen, M., Hallikainen, V., Ranta-Maunus, T. & Kouki, J. 2016. Woodland key habitats in preserving polypore diversity in boreal forests: Effects of patch size, stand structure and microclimate. *Forest Ecology and Management* 373: 138–148.

YM 2022. Ilmastolaki 423/2022. Ympäristöministeriö. Voimaantulo 1.7.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220423>. Viitattu 7.2.2017

Ympäristöministeriö 2024a. Ilmastovuosikertomus 2024. Tiivistelmä. <https://ym.fi/documents/1410903/215256471/YM-ilmastovuosikertomus-2024-tiivistelma.pdf/eec3ef45-45a8-94cc-ab35-b446ad997701/YM-ilmastovuosikertomus-2024-tiivistelma.pdf?t=-1719411740765>

Ympäristöministeriö 2024b. Ilmastovuosikertomus 2024. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:25. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165736/-YM\\_2024\\_25.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165736/-YM_2024_25.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zielewska-Büttner, K., Heurich, M., Müller, J. & Braunisch, V. 2018. Remotely sensed single tree data enable the determination of habitat thresholds for the three-toed woodpecker (*Picoides tridactylus*). *Remote Sensing* 10: 1972.

Økland, B., Bakke, A., Hågvar, S. & Kvamme, T. 1996. What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway. *Biodiversity and Conservation* 5: 75–100.

## Liite A. Kriittisiä kynnsarvoja

**Liitetaulukko 1.** Kriittisiä kynnsarvoja elinympäristön osuuden suhteesta lajimääriin.

Kriittinen kynnsarvo (%)	Lajiryhmä	Elinympäristö	Matriisi (muu kuin elinympäristö)	Biomi	Aluemitta-kaava	Viite
10	Metsä-linnusto	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Eukalyptusmetsät, Victoria, Australia	100 km <sup>2</sup>	Radford ym. 2005
<20	Pesimä-linnusto	Nuoret metsät	Vanhat metsät	Rannikkovuoriston hemlokkimetsä-vyöhyke, Oregon, USA	300 ha	Cushman ja McGarigal 2003
10–30	Pienet lentokyvottomät nisäkkäät	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Brasilian rannikkosademetsä	10 000 ha	Pardini ym. 2010
19	Linnut	Luontainen metsä	Kahviviljelymaat	Brasilian rannikkosademetsä	1 256 ha	Boesing ym. 2018
20	Koiperhoset	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Eteläboreaalisten sekametsien vyöhyke, Alberta, Kanada	1 256 ha	Schmidt ja Roland 2006
28	Metsä-linnusto	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Lauhkean vyöhykkeen sekametsät, Ontario, Kanada	100 km <sup>2</sup>	Richmond ym. 2015
20–30	Sapotilla-kasvit (Sapotaceae)	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Brasilian rannikkosademetsä	36 km <sup>2</sup>	Lima ja Mariano-Neto 2014
30	Pikkunisäkkäät	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Brasilian rannikkosademetsä	3 600 ha	Estavillo ym. 2013
~30	Metsä-linnusto	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Eurooppalaiset metsät boreaaliselta vyöhykkeeltä Välimerelle	1 km <sup>2</sup>	Koivula ym. 2018 (liitetiedosto)
35	Linnut	Luontaiset metsät	Laidunmaat	Brasilian rannikkosademetsä	1 256 ha	Boesing ym. 2018
30–40	Linnut ja nisäkkäät	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Amazonin sademetsä, Brasilia	10 000 ha	Ochoa-Quintero ym. 2015
30–40	Myrttikasvit (Myrtaceae)	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Brasilian rannikkosademetsä	36 km <sup>2</sup>	Rigueira ym. 2013
30–50	Linnut	Puustoiset alueet	Avoimet alueet	Brasilian rannikkosademetsä	10 800 ha	Martensen ym. 2012
<b>Ei kynnsarvoa; lajimäärä kasvoi tasaisesti</b>	Linnut	Luontaiset eukalyptusmetsät	Viljellyt mäntymetsät	Viljeltyjen mäntymetsien ja luontaisen eukalyptusmetsien mosaiikki, Uusi Etelä-Wales, Australia	12,56 km <sup>2</sup>	Lindenmayer ym. 2005
<b>Ei kynnsarvoa; lajimäärä kasvoi tasaisesti</b>	Liskot	Luontaiset eukalyptusmetsät	Viljellyt mäntymetsät	Viljeltyjen mäntymetsien ja luontaisen eukalyptusmetsien mosaiikki, Uusi Etelä-Wales, Australia	3,14 km <sup>2</sup>	Lindenmayer ym. 2005

## Liite B. Ohjauskeinojen taloudellisten vaikutusten arviointi

Seuraavassa esitetään ohjauskeinojen taloudellisten vaikutusten arviointimenetelmät.

### 1a Lainsäädäntöön vaatimukset lehtipuun säästämistä, riittävästä säästöpuumäärästä ja lahoppuun turvaamisesta

Arvio korjaamatta jäävästä puusta ohjauskeinojen 1a ja 1b seurauksena on 3,7–4,1 miljoonaa kuutiota. Yli puolet tästä tilavuudesta koostuu säästöpuista ja loput tekopötkelöistä. Säästöpuut ovat järeitä, mutta painottuvat lehtipuihin, joista osalla ei ole merkittävää taloudellista arvoa. Kaikki puut ovat sellaisia, että olisivat tulleet muuten poistetuksi hakkuussa.

Arvio säästöpuiden yhteistilavuudesta on 2 miljoonaa kuutiota, josta 1,5 miljoonaa kuutiota on havupuuta ja 0,5 miljoonaa kuutiota lehtipuuta. Havupuiden tilavuudesta oletetaan olevan 70 % tukkia, 20 % kuitua ja 10 % energiapuuta. Lehtipuista puolet oletetaan olevan koivua ja puolet muuta, jonka ainut käyttötarkoitus on energiapuu. Koivun tilavuudesta oletetaan olevan 50 % tukkia, 35 % kuitua ja 15 % energiarankaa.

Kantohinnoiksi säästöpuiden osalta oletetaan: havutukki 80 €/m<sup>3</sup>, koivutukki 65 €/m<sup>3</sup>, kuitupuuta 34 €/m<sup>3</sup> ja energiarankapuu 26 €/m<sup>3</sup>. Havukuution hinnaksi tulee täten  $0.7 \times 80 \text{ €/m}^3 + 0.2 \times 34 \text{ €/m}^3 + 0.1 \times 26 \text{ €/m}^3 = 65 \text{ €/m}^3$ . Vastaavasti koivukuution hinnaksi tulee 48 €/m<sup>3</sup> ja muun lehtipuun kuutioon hinnaksi 26 €/m<sup>3</sup>. Harvennuksissa kuutioon hinnat vastaavasti havupuulle 36 €/m<sup>3</sup>, koivulle 33 €/m<sup>3</sup> ja muille lehtipuulle 26 €/m<sup>3</sup>.

Suoriksi kustannuksiksi metsänomistajille tällä tavoin laskien tulee yhteensä 170–180 miljoonaa euroa. Tämä on noin 5,5 prosenttia vuoden 2023 kantorahatuloista (3,1 mrd. €), mikä vastaa ei-korjatun puun (3,7–4,1 milj. m<sup>3</sup>) osuutta vuoden 2023 hakkuukertymästä (72,7 milj. m<sup>3</sup>).

Puun tarjontapotentiaalinen väheneminen johtanee hintojen nousuun, mikä vähentää metsänomistajien kustannuksia, koska korjattavaksi jäävän puun arvo nousee. Hakkuukertymän muutos on noin 5 prosenttia vuotuisesta hakkuukertymästä (yli 70 milj. m<sup>3</sup>). Viiden prosentin hinnannousu lähes kattaisi menetykset. Toisaalta hakkuualat kasvanevat hinnannousupaineiden myötä. Tasapainovaikutus riippuu tarjonnan ja kysynnän reaktioista muutokseen.

Kustannusvaikuttavuus metsäteollisuuden suuntaan on metsänomistajan peilikuva. Eli jos metsänomistajien tulot pienenevät, laskevat metsäteollisuuden puukustannukset. Metsäteollisuuden kannalta keskeinen ongelma on se, että muutos vähentää käytettävän puun määrää, mikä vähentää tuotantoa. Puunkäytön muutos on jotain nollan ja n. 4 milj. kuution väliltä.

### 1b Lakitason ylittävälle arvokkaiden piirteiden säästämiseksi tuki

Tekopötkelöitä on erityisesti voimakkaan toimenpidekohdistuksen alueilla, joten vaikka ala on vain 20 % kattaa se suuren osa tekopötkelöistä ja 50 prosenttia tekopötkelökuluista on peräisin minimin ylittävistä toiminnoista. Säästöpuissa vastaava osuus on 20 prosenttia.

Edellä esitetyistä kustannuksista (170–180 milj. m<sup>3</sup>) noin 60 milj. € tulee minimin ylittävistä toimenpiteistä, jotka ovat 1b:n korvausten piirissä. Siten 1b:n kustannusvaikuttavuus julkiseen

talouteen on suuruusluokaltaan noin 60 milj. € vuodessa olettaen, että maksettu tuki kattaa metsänomistajien kustannukset.

## 2 Lakisääteiset hakkuiden ikä- ja läpimittarajat

Hakkuurajojen muutoksilla pyritään päätehakkuiden lykkäämiseen. Päätehakkuun lykkääminen johtaa taloudellisiin menetyksiin, olettaen että alkuperäinen kiertoaika maksimoi metsänomistajan nettotulojen nykyarvon. Jos metsä hakattaisiin ilman rajoituksia netto nykyarvon maksimoivaa kiertoaikaa käyttäen, kustannukset lykkäämisestä ovat aluksi maltilliset, mutta kiihtyvät lykkäämisjakson pidentyessä. Kolmen prosentin korolla kustannus 10 vuoden lykkäämisestä on karkeasti arvioiden 4 % metsän arvosta iässä, jossa hakkuu olisi tehty ilman rajoitusta (hakkuuarvo + paljaan maan arvo). Tämä arvo voi esimerkiksi olla 14 000 €/ha, jolloin 10 vuoden lykkäyksen kustannus on n. 600 euroa. Arviot pidemmille lykkäysjaksoille ovat epäluotettavampia, mutta karkeasti arvioiden edelleen 3 % korolla kustannus 20 vuoden lykkäämisestä olisi n. 12 % em. metsän arvosta. Edellisen esimerkin mukaisessa tapauksessa kustannus olisi 1 700 €/ha. Käytännössä kustannus olisi oikeasti enemmän, koska metsän arvokasvu alkaa hidastua ennen pitkää. Neljän prosentin korolla edellä mainitut kustannusprosentit ovat 6 ja 19 (eli 850 ja 2 700 €/ha). Hakkuiden väheneminen voi johtaa puun hinnan nousuun, mikä lisää niiden metsänomistajien näennäisiä kustannuksia, jotka eivät rajoitusten takia pääse hakkaamaan mutta lisää niiden metsänomistajien toteutuvia tuloja, joilla on hakkuukelpoista metsää.

## 3 Metsien hiilitukijärjestelmä

Hiilitukijärjestelmällä pyrittäisiin samansuuruiseen hiilinieluvaikutukseen kuin hakkuurajoillaakin. Koska biodiversiteettitoimet kattavat merkittävän osan nielukuilusta, varsinaisten ilmastotoimien rooli jää täydentäväksi. Hilmarilaskelmien (Peltoniemi ym. 2023a) perusteella osittaisella järjestelmällä saatava nieluhyöty syntyy viipeellä maan sisäisen hakkuuvuodon takia. Vaikutuksen voimakkuutta ja kenties nopeuttakin voidaan säätää hiilikorvauksen suuruutta lisäämällä.

Toisin kuin hakkuurajoihin perustuvassa systeemissä, hiilitukijärjestelmässä syntyy kannustin harventaa metsiköt hiilivarastoa säilyttäen ja lannoittaa biomassan kasvun lisäämiseksi. Joka tapauksessa toimintaa mukautetaan verrattuna tilanteeseen, jossa ei ole hiilitukea. Nämä muutokset aiheuttavat metsänomistajille kustannuksia. Vapaaehtoisen järjestelmän on katettava nämä kustannukset, jotta se olisi metsänomistajalle houkutteleva.

Suuruusluokka-arvioita talousvaikutuksista voidaan tehdä eri tavoin. Jos esim. tavoitteena on 5 milj. tCO<sub>2</sub> nielun voimistuminen ja se saavutettaisiin 10 euron CO<sub>2</sub>-tonnihinnalla, olisi järjestelmän kulut vähintään 50 milj. €. Käytännössä ohjauskeinon kulut lienevät tätä korkeammat, koska hakkuuvuoto heikentää nieluvaikutusta. Lisäksi tuen pitää olla riittävä, että se on houkutteleva metsänomistajille myös tilanteessa, jossa puun kantohinnat nousevat tarjonnan vähetessä. Korvauksen on siis katettava kustannukset, joita on arvioitu edellä kohdassa 2 (*Lakisääteiset hakkuiden ikä- ja läpimittarajat*), siltä osin kuin ne ylittävät mahdolliset kohdan 2 mukaiset lakivaatimukset.

## 4a Lainsäädännön muuttaminen luontokohteiden sekä suojavyöhykkeiden ja -kaistojen lisäämisen osalta

Puunmyyntivaikutukset suojavyöhykkeillä 0,3 miljoonan kuution luokkaa. Vaikutus syntyy siitä, että suojavyöhykkeillä ei voi suorittaa poimintahakkuita. Kun kuutiohinnaksi päätehakkuussa oletetaan 50 €/m<sup>3</sup>, saadaan metsänomistajien myyntitulojen menetyksiksi n. 15 milj. €.

## 4b Korvaus maanomistajalle 4a:sta johtuvista tulonmenetyksistä

Valtiolle koituu kustannuksia korvausten maksamisesta. Vuonna 2023 kymmenvuotisia ympäristötukisopimuksia tehtiin n. 5100 hehtaarille ja sopimusten korvauksiin käytettiin 12,7 miljoonaa euroa<sup>22</sup>. Tällä vuosittaisella summalla voidaan ajatella ylläpidettävän 51 000 hehtaarin suojelualaa, jos kaikki kymmenvuotiset sopimukset aina uusitaan.

Metsälain muutoksessa 2014 kohteiden määritelmään lisättiin, että niiden on oltava pienialaisia tai taloudellisesti vähämerkityksellisiä. Ennen metsälain tulkintaohjeiden muutosta Metsäkeskuksen metsävaratietokannassa metsälain 10 §:n kohteiden määrä oli n. 107 000 hehtaaria<sup>23</sup>. Käytämme tätä pinta-ala-arviona kohteiden kokonaismäärälle, jos pienialaisuuden ja taloudellisesti vähämerkityksellisyyden vaatimus poistettaisiin. Karkeasti ottaen vuoden 2023 ympäristötukisopimukseen käytettävä rahamäärä tulisi siis tuplata, jotta tämä 107 000 hehtaarin pinta-ala saataisiin suojelun piiriin. Tämä kustannus saattaa olla yliarvio, sillä keskimääräinen suojelukustannus vuonna 2023 oli n. 2500 €/ha, kun se oli keskimäärin n. 1300 €/ha vuosina 2008–2017. Eräs syy eroon on se, että ympäristötukea on kohdennettu metsälain tulkintojen päivytyksen jälkeen runsaspuustoisempiin kohteisiin<sup>24</sup>.

Tässä on huomioitava, että ohjauskeino 4a:ssa poistetaan myös luonnontilaisuuden vaatimus, mikä kasvattaisi suojeltavan pinta-alan, ja sitä kautta suojelukustannusten määrää. Kohteiden pinta-alaa ilman luonnontilaisuuden vaatimusta ei tietääksemme ole Suomessa kuitenkaan selvitetty, joten tarkemman arvion antaminen on hyvin vaikeaa.

## 5 METSO-suojelun laajentaminen

Ohjauskeinossa METSO-suojeluohjelma laajennetaan niin, että päästään 10 prosentin metsämaan suojelutavoitteeseen (70/20/10-periaate). Vanhoihin metsiin kohdistuvaa suojelua ovat arvioineet Kniivilä ym. (2022).

Valtiontalouden kustannukset voidaan arvioida käyttäen Metson nykykäytänteitä. Pysyvän suojelun korvauksen lähtökohtana on puuston arvo, joka arvioidaan summa-arvomenetelmällä. Jos maa myydään valtiolle, huomioidaan myös paljaan maan arvo. Tämän jälkeen tehdään 15–30 prosentin tapauskohtainen korjaus alaspäin mm. kustannuksia ja veroja

---

<sup>22</sup> <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/vapaaehtoinen-metsien-suojelu-metsanomistajien-suosiossa-metso-ohjelman-ymparistotukisopimuksissa-ja-luonnonhoitotoissa-ennatyslukemat>

<sup>23</sup> [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545373/luke-luobio\\_3\\_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545373/luke-luobio_3_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

<sup>24</sup> Viitala, E.-J., Assmuth, A., Koikkalainen, K., Miettinen, A., Mutanen, A., Wall, A., Wejberg, H. & Lehtonen, H. 2022. Maa- ja metsätalouden kannustinjärjestelmien ilmastovaikutukset: Synteesiraportti. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Luonnon-vara- ja biotalouden tutkimus 21/2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-388-6>

vastaavasti. Karkeasti arvioiden korvaus on päätehakkuukäisillä puustoisilla kohteilla 10 000 euron luokkaa per hehtaari.

Nämä ovat menetetyt puunmyyntitulot ja vastaavasti valtiontalouden raskaus, kun menetykset korvataan.

Noin miljoonan hehtaarin (esim. Kniivilä ym. 2022, Skenaario 2) suojele vaatisi siis 10 miljardin euron panostuksen. Tämä kustannus jakautuisi pidemmälle ajanjaksolle. Esimerkiksi 20 vuoden ajanjaksolla vuotuinen kustannus olisi 500 milj. €. Tätä kustannusta voisi olla mahdollista pienentää muuttamalla Metson käytänteitä esimerkiksi ottamalla käyttöön tarjouskilpailu.

## **6 Uudisojituksen kieltäminen ja kunnostusojituksen luvanvaraisuus**

Tälle ohjauskeinolle ei tehty taloudellisten vaikutusten arviointia.

## **7 Ojituksen haittavero**

Tälle ohjauskeinolle ei tehty taloudellisten vaikutusten arviointia.

## **8 Maankäytön muutosten hinnoittelu, sisältäen ilmasto- ja luontovaikutukset**

Tälle ohjauskeinolle ei tehty taloudellisten vaikutusten arviointia.

## **9 Paahdeympäristöjen ja lehtojen hoidolle tulosperusteinen tuki**

Tälle ohjauskeinolle ei tehty taloudellisten vaikutusten arviointia.

## **10 Metsähakevero**

Ohjauskeino tuottaa valtiolle verotuloja, jotka olisivat karkeasti arvioiden noin 70 miljoonaa euroa vuodessa. Arviossa on oletettu vuoden 2024 metsähakkeen käyttömäärät yli 5MW:n laitoksissa (erikseen lämmöntuotannossa, ja sähkön ja lämmön yhteistuotannossa) huomioiden kuitenkin toimenpidekokonaisuuden käyttöönoton aiheuttaman energiapuun käytön vähenemisen (ks. luku 4.3.6). Verotason osalta oletetaan nykyisen lämmityspolttoaineiden verorakenteen mukainen verotaso (10,33 €/MWh, lisäksi huomioiden sähkön ja lämmön tuotannon veroetu 7,63 €/MWh).

## **11 Valtion metsät näyttämään esimerkkiä**

Edellä esitetyt hakkuutulojen vähenemät toteutuvat vastaavasti valtion metsissä kuin yksityisissä metsissä. Valtion metsien osalta vaikutukset menevät suoraan valtiontalouteen.

## Liite C. Kansalaispaneelin kannanotto metsäpolitiikan ohjauskeinoihin

Kansalaisten metsäpaneeliin kutsuttiin 50 ositetulla satunnaisotannalla valittua eri ikäistä ja eri puolilla Suomea asuvaa kansalaista ottamaan kantaa ajankohtaisiin ohjauskeinoehdotuksiin, joiden avulla voidaan turvata metsäluonnon monimuotoisuutta, edistää hiilen sidontaa sekä vähentää metsätalouden vesistövaikutuksia. Paneeli kokoontui elokuussa 2024 kolmena iltana ja yhtenä viikonloppuna yhteensä 20 tuntia kuulemaan asiantuntijapuheenvuoroja ja punnitsemaan ohjauskeinojen hyväksyttävyyttä ja toimeenpanon edellytyksiä. Tapaaminen järjestettiin etäyhteyksillä. Lopullisen kannanoton muotoiluun osallistui 31 paneelin jäsentä. Paneelin toteuttivat Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen tutkijat.

### **Kansalaispaneeli katsoo, että metsien käytössä, hoidossa ja ohjauskeinoissa on tärkeää huomioida seuraavat näkökohdat:**

- Vanhojen ja arvokkaiden metsien säilyttäminen on tärkeää luonnon monimuotoisuuden kannalta.
- Metsien monimuotoista käyttöä ja suojelua tulisi lisätä.
- Talousmetsiä pitää hoitaa tehokkaasti puuntuotannon kannalta, mutta niiden pitää olla monimuotoisempia ja turvata luonnon monimuotoisuus. Vanhoja metsiä, joissa on luontoarvoja, tulee suojella.
- Metsiä tulee hoitaa myös virkistyskäytön näkökulmasta ja metsien terveysvaikutuksia tulee hyödyntää.
- Metsiä tulee käyttää matkailussa luontonäkökohdat huomioiden.
- Kansalaisille pitäisi tarjota valistusta metsien käytöstä ja luontoarvoista.
- Metsien jatkuvaa kasvatusta tulisi edistää avohakkuiden sijaan.
- Suomen tulee sitoutua tehokkaihin toimiin hiilinielutavoitteiden saavuttamiseksi.
- Kaikkien uusien ja nykyisten ohjauskeinojen valvontaa tulee tehostaa ja varmistaa, että säännöksiä noudatetaan ja että seurantatieto on julkista.
- Sanktioiden tulee olla riittäviä kaikissa nykyisissä ja uusissa ohjauskeinoissa ja niiden määrässä tulee huomioida se, minkä suuruinen toimija on kyseessä.
- Sanktioiden tulisi olla niin suuria, että yhdelläkään toimijalla ei ole varaa rikkoa sääntöjä.
- Ohjauskeinojen kustannukset ja hyödyt tulisi arvioida huolella asiantuntijatiedon pohjalta.
- Kaikissa toimenpiteissä pitää muistaa kauaskantoisuus ja tulevat sukupolvet.

### **Kansalaisten metsäpaneeli arvioi ehdotettuja metsäpolitiikan ohjauskeinoja seuraavasti:**

**Ohjauskeino 1a:** Talousmetsien monimuotoisuuden turvaamiseksi lainsäädäntöön sisällytetään minimivaatimukset koskien lehtipuun säilyttämistä, säästö- ja lahoppumäärää sekä teko-pötkelöitä

Kansalaispaneeli katsoo, että tämä keino tulee ottaa käyttöön, koska sertifiointit eivät riitä monimuotoisuuden turvaamiseen talousmetsissä ja ilman lainsäädäntöä ja sen tuomia sanktioita toimia ei tehdä riittävässä laajuudessa. Vaatimusten tulee olla monimuotoisuuden kannalta tehokkaita sekä riittävän tarkkoja ja selkeitä, jotta lopputulos on aidosti vaikuttava ja seuranta on mahdollista. Ohjauskeinosta aiheutuvat tulonmenetykset koskettavat

todennäköisesti suurmetsänomistajia enemmän kuin pienmetsänomistajia, mikä lisää ohjauskeinoon hyväksyttävyyttä. Vaikuttavan ja reilun lopputuloksen kannalta on tärkeää tutkia ja seurata ohjauskeinoon tehokkuutta ja vaikuttavuutta. Lisäksi tulee taata riittävät resurssit valvontaan ja määritellä valvonnan roolit ja prosessit selkeästi lainsäädännössä. Vaikka valvonasta aiheutuu kustannuksia veronmaksajille, ne ovat hyväksyttäviä ohjauskeinoon vaikuttavuuden turvaamiseksi. Minimivaatimusten seurauksena metsäsertifiointikriteereitä saatetaan joutua tarkistamaan. Myös jatkuvaan kasvatukseen liittyvät toimet monimuotoisuuden turvaamiseksi tulee huomioida. Minimivaatimusten tulisi koskea myös muun metsäkasvillisuuden monimuotoisuutta.

**Ohjauskeino 1b:** Minimivaatimusten lisäksi on esitetty, että metsänomistajalle maksetaan tukea lainsäädännön minimivaatimuksia korkeammista säästöpuu- ja tekopötkelömääristä.

Kansalaisraati katsoo, että keino tulisi ottaa käyttöön, koska lainsäädännön minimivaatimusten ylittäminen on toivottavaa, ja metsänomistajille maksettavat tuet minimivaatimuksia korkeammista säästöpuu- ja tekopötkelömääristä täydentävät keinoon 1a lainsäädäntöä hyvin. Ohjauskeinosta 1a syntyy kustannuksia metsänomistajille, kun taas 1b mahdollistaa myös tuen metsänomistajille. Osa panelisteista katsoi, että metsäteollisuuden tulisi kattaa tukien rahoitus. Osa näki, että myös veronmaksajat voivat osallistua kuluihin, sillä kansalaisten tulisi osallistua monimuotoisuuden turvaamiseen.

Tuet tulisi suunnata mahdollisimman kustannustehokkaasti niin, että korvaus on metsänomistajan näkökulmasta riittävän kannustava ja resurssia käytetään mahdollisimman hyvin monimuotoisuuden turvaamiseksi, asiantuntijatietoon perustuen. Sen sijaan metsäverotukseen ei toivota lisäyksiä, sillä se on suuri rasite metsänomistajille. Metsänomistajan näkökulmasta olisi edullista, että tukia kohdennettaisiin etenkin harvennushakkuuvaiheeseen. Toteuttamisen haasteena on mittaaminen ja se, millä kriteereillä korvausta maksetaan ja mitä asioita valvotaan.

**Ohjauskeino 2a:** Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuteen tähtäävän vapaaehtoisen METSO-suojeluohjelman laajentaminen verovaroin.

Kansalaispaneeli katsoo, että tämä keino tulisi ottaa käyttöön, koska vapaaehtoisuus on parempi kuin pakko. Ohjelma on kustannustehokas tapa suojella (esim. pieni valvonnan tarve) ja edistää samalla hiilinielujä. Tällä hetkellä kaikki halukkaat eivät pääse mukaan. Ohjelman laajentaminen lisää oikeudenmukaisuutta, koska useampi ohjelmasta kiinnostunut metsänomistaja voi päästä mukaan. Ohjelma mahdollistaa suojelun kustannusten jakamisen myös niille, jotka eivät omista metsää. Toisaalta verovarot ovat rajalliset ja teollisuus tarvitsee puuta (ohjelma ei voi olla rajaton), joten korvauksen tulee olla kohtuullinen, eikä se saa johtaa pienituloisten verotuksen kasvuun. Kuitenkin METSO-ohjelman laajentaminen saa yleisellä tasolla korottaa veroja. Tietoisuuden lisääminen metsien tärkeydestä esimerkiksi ihmisten terveydelle ja hyvinvoinnille ja luontosuhteen vahvistaminen ja metsien (luonnon) saavutettavuuden parantaminen voi auttaa METSO:n kustannusten nousun hyväksyttävyyttä kansalaisten parissa. Tarjouskauppaa voidaan harkita, jos sen periaatteet voidaan määritellä oikeudenmukaisesti. Kun tarjouskauppa otetaan käyttöön, vanhanmallisia kiinteähintaisia sopimuksia ei tule enää tarjota. Ohjelman rahoituksen lisääntyessä sitä pitäisi soveltaa koko Suomessa.

### **Ohjauskeino 2b:** Suojelutoimia lisätään valtion omistamissa metsissä

Kansalaispaneeli katsoo, että tämä keino tulisi ottaa käyttöön, koska valtio omistaa paljon suojelun arvoista metsää ja sillä on velvollisuus hoitaa omaisuuttaan jälkipolville myös suojelun kautta. Keino on nopea ja tehokas, sillä valtio voi sen itse toteuttaa. Suojelu edistää myös hiilinieluja. Valtion täytyy tehostaa suojelua omissa metsissään, jos suojelua vaaditaan yksityisiltä metsänomistajilta. Suojelu mahdollistaa virkistyskäytön lisääntymisen valtion mailla. Tällä on myös muita positiivisia taloudellisia vaikutuksia, esimerkiksi kansanterveys, turismi, marjanpoiminta ja metsästysmahdollisuudet. Vaikka keino on tärkeä, valtion omistamia metsiä on vähän etenkin Etelä-Suomessa, joten keino auttaisi lähinnä pohjoisessa. Lisäksi tietyissä käytötarkoituksissa olevat (esim. puolustusvoimien käytössä olevat) valtion metsät ovat jo käytötarkoitukseensa nähden melko hyvin suojeltuja. Muuttuneiden tulostavoitteiden tulisi olla sitovia yli hallituskausien. Lisäksi keinoa suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, kuka määrittää, mitkä metsät ovat suojelun arvoisia. Valtio voi määritellä nämä metsät eri tavoin kuin esimerkiksi luontoasiantuntijat. Kriteereistä tulee olla yksimielisyys.

**Ohjauskeino 3a:** Lakisääteiset hakkuiden ikä- ja läpimittarajat, joilla pyritään varmistamaan, ettei metsiä päätehakata liian nuorina ja hiilivarasto säilyy metsässä pidempään.

Kansalaispaneeli katsoo, että tämä keino tulisi ottaa takaisin käyttöön, koska se edistää tehokkaampaa hiilensidontaa, parantaa metsien hyvinvointia ja puuston järeyttä ja laatua. Keino on tärkeä EU:n asettamien hiilinielutavoitteiden saavuttamiseksi ja sanktioiden välttämiseksi. Päätehakkuilla katsottiin olevan myös monimuotoisuusvaikutuksia sekä vaikutuksia virkistyskäyttöön (kuten maisema sekä sieni- ja marjasadot) ja vesien laatuun. Kansalaispaneeli kaipasi vaihtoehtoja pelkästään avohakkuihin perustuvaan metsätalouteen, siten, että metsätyypit ja alueelliset vaihtelut otetaan huomioon. Tietyillä alueilla pitäisi pidättäytyä avohakkuista kokonaan. Kokonaiskuvan huomiointi ja tasapainottelu erilaisten intressien välillä on kuitenkin tärkeää. Puut kasvavat eri tahtia eri puolilla Suomea ja myös maaperä vaihtelee. Tämän vuoksi metsänomistajat ovat erilaisessa asemassa ja jotkut kärsivät tiukoista rajoista enemmän kuin toiset. Jos ohjauskeino otetaan käyttöön, läpimitta- ja ikärajoja tulisi tarkastella kasvuvyöhykkeiden mukaisesti. Iän osalta erot ovat merkittävämpiä kuin läpimitan osalta. Ohjauskeinoon haasteena on puun iän määrittäminen. Yksittäisen puun läpimitta voidaan määrittää, mutta metsäkohtaisesti on määritettävä kiertoikä, jonka mukaisesti hakkuu voidaan tehdä kyseiselle alueelle. Ohjauskeino lisää myös metsäteollisuuden puunhankintakustannuksia lyhyellä aikavälillä, mutta tutkijoiden arvioiden mukaan vaikutus vaimenisi tulevaisuudessa. Suomi voi myös kehittää brändiään ja profiloitua laadukkaana puun ja kestävän puuntuotannon osalta, ja siten kompensoida hakkuiden viivästymisten takia syntyneitä kuluja. Jos laki säädetään, lain tulee koskea myös valtion omistamia metsiä.

**Ohjauskeino 3b:** Metsien hiilitukijärjestelmä. Tukea maksetaan metsänomistajalle sidotun hiilen määrän mukaan; metsänomistaja voi vapaasti valita keinot hiilivaraston kasvattamiseksi.

Kansalaispaneeli katsoo, että keino on toimiva ja se tulisi ottaa käyttöön, etenkin jos Suomi joutuisi muuten maksamaan EU:lle hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamatta jättämisestä. Raha jäisi tällöin Suomeen eikä menisi EU:lle. Raha ja luontoarvot ovat metsänomistajille hyvä motivaattori. Veronmaksajan kannalta tämä tarkoittaisi metsänomistajien tukemista mutta hinnalla ei ehkä ole väliä, jos tämä on ainut tapa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Myös metsäteollisuudella tulisi olla rahoitusvastuuta järjestelmästä. Ohjauskeinoon vaikutuksia on vaikea arvioida, koska järjestelmässä on niin paljon avoimia kysymyksiä. Keinon vaikutusten

arvioimiseksi tarvitaan lisää tietoa toteutusmallista ja kustannuksista (esim. mikä määrä hiiltä tuen saamisen edellytyksenä). Keinon toteuttaminen edellyttää käytännön ongelmien, kuten mittaamiseen, mahdollisten puustotuhojen huomioimiseen ja ajanjakson määrittelyyn sekä maksatukseen liittyvien ongelmien ratkaisemista. Tarvitaan myös kevyt seurantajärjestelmä hiilensidonnan ja hiilivarastojen seuraamiseksi. Tekoäly voi tuoda uusia mahdollisuuksia seurantaan. Järjestelmä on kehitettävä kansallisella tasolla, ettei tule EU-byrokratiaa, ja viedä sitten omaa, hyväksi havaittua mallia EU-tasolle.

**Ohjauskeino 4a:** Kielletään uusien ojien kaivaminen metsien uudistamisen yhteydessä ja muutetaan olemassa olevien ojien kunnostus (sekä suometsissä maanmuokkaus) luvanvaraiseksi.

Kansalaispaneeli katsoo, että keino tulisi ottaa käyttöön, koska ojituksista koituu ympäristölle haitallisia vaikutuksia kuten rehevöityminen, vesien tummuminen ja hiilipäästöt. Luvanvaraisuus nostaisi kynnyksen kunnostusojitukseen ja kannustaisi miettimään muita vaihtoehtoja. Se kuitenkin mahdollistaisi kunnostusojituksen tapauksissa, joissa se on sekä tarpeellista että todettu ympäristön kannalta hyväksyttäväksi. Kyseessä olisi tehokas ohjauskeino, joka edistäisi yhtäaikaista luonnon monimuotoisuutta, ilmastotavoitteita ja vesien laatua. Paneeli arvioi, että ojituksen tuen poistaminen vähentää kannustetta ojitukseen, mutta se ei ole riittävä keino, sillä osalle maanomistajista ojitus on kannattavaa ilman tukeakin.

Paneeli myös ehdotti, että luvan saaneelle toiminnalle ei pitäisi enää asettaa haittaveroa. Luvanvaraukselle voitaisiin myös asettaa hinta, joka vähentäisi entisestään halukkuutta hakea lupaa ja myös poistaisi kustannustaakan veronmaksajilta. Lupaprosessi lisäisi myös metsänomistajan ymmärrystä ojituksen ympäristöhaitoista. Valvonnan tulee olla tehokasta, minkä lisäksi sanktiot lain ja lupaehtojen rikkomisesta tulee olla niin suuria, ettei mikään taho voisi jäädä voitolle pelisääntöjen rikkomisesta.

**Ohjauskeino 4b:** Ojituksen haittavero. Ojituksen haittaperusteinen vero, jota voi alentaa tehokkaaksi tunnistetulla vesiensuojelutoimella kuten vesiensuojelukosteikoilla.

Kansalaispaneeli katsoo, että keino on hyödyllinen ja tehokas, koska raha on iso päätöksentekoa ohjaava tekijä. Lupaprosessi ja valvonta aiheuttaisivat kustannuksia veronmaksajille, kun taas haittaverot tuottaisivat verotuloja. Haittaverot ohjaisivat tekemään ympäristöystävällisempiä ratkaisuja, koska vero määräytyisi ympäristöhaitan mukaan. Toisaalta paneeli kyseenalaisti veron ohjaavan vaikutuksen, koska esimerkiksi isoilla yhtiöillä on edellytykset jatkaa ympäristölle haitallista toimintaa taloudellisista seuraamuksista huolimatta. Haittaveron tulisi siis olla oikeasti tuntuva, jotta sillä olisi tehokas ohjaava vaikutus. Toisaalta kansalaispanelistit näkivät eettisesti vääränä ajatuksen, että ympäristölle haitallista toimintaa saa suorittaa maksua vastaan. Tämän vuoksi osa paneelin jäsenistä katsoi, että ympäristölle haitallista ojitusta ei saisi tehdä lainkaan (16). Osa taas katsoi, että ojitusta saa tehdä haittaveron vastaan (11). Osa ei osannut ottaa kantaa asiaan (4). Paneeli arvioi, että veron asettaminen aiheuttaisi paljon vastustusta, mutta tämä koskee kaikkia ohjauskeinoja. Täytyy myös määritellä selkeät kriteerit haitan laadun ja suuruuden arvioimiseksi. Ympäristövaikutusten todentaminen ja etenkin ravinne- ja kiintoainekuormituksen seuranta on vaikeaa ja kallista. Tämän vuoksi ohjauskeinojen valvonta on monimutkaista eikä satelliittivalvonta välttämättä riitä.

Lopuksi panelisteja pyydettiin valitsemaan kolme ohjauskeinoa, joiden käyttöönotto olisi ensisijaisia. Eniten ääniä saivat ohjauskeinot 1a, 3a sekä ohjauskeinot 2a ja 4a, joita pidettiin yhtä ensisijaisina.

**Mitkä ovat mielestäsi kolme (3) tärkeintä keinoa, jotka pitäisi ottaa käyttöön ensimmäisenä? (31 vastausta)**



**Paneelin järjestäminen:**

**Luonnonvarakeskus**

Katriina Soini  
 Aino Assmuth  
 Elina Vehmasto  
 Mia Pihlajamäki

**Suomen ympäristökeskus**

Maria Ojanen  
 Heli Saarikoski  
 Suvi Huttunen  
 Juuli Närhi  
 Samuli Pitzen  
 Sampo Pihlainen

**Fasilitointi:** Sara Yrjönmäki

**Asiantuntijat:**

Antti Mutanen, Luonnonvarakeskus  
 Esa-Jussi Viitala, Luonnonvarakeskus  
 Matti Koivula, Luonnonvarakeskus  
 Emmi Haltia, Luonnonvarakeskus  
 Markku Ollikainen, Helsingin yliopisto



**Löydät meidät  
verkosta**

**luke.fi**



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki